

T.C.
FIRAT ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

NİTELİKSİZ DETAY TASARIMI, MALZEME VE
UYGULAMALARDAN KAYNAKLANAN YAPI HASARLARININ
İNCELENMESİ

Nilüfer İŞÇİ

Yüksek Lisans Tezi
Yapı Eğitimi Anabilim Dalı

Bu tez, ^{14.07.2005} tarihinde aşağıda belirtilen jüri tarafından oy birliği/oy çokluğu ile başarılı / başarısız olarak değerlendirilmiştir.

Danışman: Yrd.Doç.Dr. Cevdet Emin EKİNCİ

Üye: Y.Doç.Dr. Ömer KELEŞOĞLU

Üye: Y.Doç.Dr. Ragıp İNCE

Üye:

Üye:

Bu tezin kabulü, Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun ^{15.10.2005} tarih ve ^{2005/22-8} sayılı kararı ile onaylanmıştır.

TEŞEKKÜR

Tez çalışmamı sevgi ve sabırla destekleyen aileme ve tez danışmanım Yrd. Doç. Dr. Cevdet Emin EKİNCİ'ye teşekkürlerimi sunarım.

Nilüfer İŞÇİ



	Sayfa No
İÇİNDEKİLER	I
ŞEKİLLER LİSTESİ	VI
TABLolar LİSTESİ	VIII
SİMGELER LİSTESİ	X
KISALTMALAR	XI
ÖZET	XII
ABSTRACT	XIII
1.GİRİŞ	1
1.1. Giriş ve Çalışmanın Amacı	1
1.2. Hasar Nedenlerinin Belirlenmesi	2
1.2.1. Yapının Kendisinden Kaynaklanan Hasarlar	2
1.2.2. Dış Etkilerden Kaynaklanan Hasarlar	3
2. NİTELİKSİZ DETAY TASARIMINDAN KAYNAKLANAN YAPI HASARLARI	4
2.1. Hatalı Detaylandırma	4
2.1.1. Ahşap Doğramanın Detay Özelliği	4
2.1.1.1. Doğrama–Yapı Birleşmesi	4
2.1.1.2. Kasa–Kanat Birleşmesi	5
2.1.1.3. Doğrama–Cam Birleşmesi	5
2.1.1.4. Ahşap–Ahşap Birleşmesi	6
2.1.2. Keskin, Dik ve Dar Açılı Köşeler	6
2.1.3. Ani Kesit Değişimi	7
2.1.4. Prefabrike Döşeme ve Kirişler Arasındaki Rijit Derzler	8
2.1.5. Narin Eğilme Elemanlarının Aşırı Sehim	9
2.1.6. Derzlerdeki Sızıntılar, Yetersiz Açıklık Bırakılması, Derz Boşluklarının Dolması	10
2.1.7. Yetersiz Damlalık ve Tahliye Boruları	12
2.1.8. Yetersiz Dereler	12
2.1.9. Kesit Yetersizliği ve Uyumsuzluğu	12
2.1.10. Kolon, Kiriş ve Payandalarda Öngörülmemiş Kayma Gerilmeleri	14
2.1.11. Sünmenin Hesaba Katılmaması	15

2.1.12. Taşıyıcı Sistemin Rijitliği ve Sürekliliği	15
2.1.12.1. Taşıyıcı Sistemi Düzensiz Yapılarda Oluşan Hasarlar	16
2.1.12.2. Yanlış Donatı Düzenlenmesinden Kaynaklanan Hasarlar	21
2.2. Bina Oluşturulurken Doğrular ve Yanlışlar	22
3. MALZEMEDEN KAYNAKLANAN YAPI HASARLARI	27
3.1. Suni Taş Yapı Malzemeleri ve Genel Özellikleri	27
3.1.1. İç Yapı Özellikleri	27
3.1.2. Mekanik Özellikleri	28
3.1.3. Isı İle İlgili Özellikler	31
3.1.4. Su ve Nem İle İlgili Özellikler	32
3.1.5. Ses İle İlgili Özellikler	34
3.1.6. Elektrik İle İlgili Özellikler	35
3.1.7. Işık İle İlgili Özellikler	35
3.1.8. Fiziko-Kimyasal Özellikleri	35
3.1.9. Genel Olarak Betonun Performansı	37
3.1.10. Betonda Aranılan Temel Özellikler	38
3.1.10.1. Malzeme Kalitesi Olarak Betonarme Betonu	39
3.1.10.2. Beton Oluşturan Maddeler	40
3.2. Ahşap	61
3.2.1. İç Yapı Özellikleri	64
3.2.2. Mekanik Özellikleri	66
3.2.3. Isı İle İlgili Özellikler	71
3.2.4. Su ve Nem İle İlgili Özellikler	72
3.2.5. Ses İle İlgili Özellikler	77
3.2.6. Elektrik İle İlgili Özellikler	77
3.2.7. Işık İle İlgili Özellikler	77
3.2.8. Fiziko-Kimyasal Özellikleri	77
3.2.9. Ahşap Malzemenin Korunması	79
3.3. Bitüm Esaslı Malzemeler	79
3.3.1. İç Yapı Özellikleri	79
3.3.2. Mekanik Özellikleri	80
3.3.3. Isı İle İlgili Özellikler	80
3.3.4. Su ve Nem İle İlgili Özellikler	80
3.3.5. Ses İle İlgili Özellikler	81

3.3.6. Elektrik İle İlgili Özellikler	81
3.3.7. Işık İle İlgili Özellikler	81
3.3.8. Fiziko-Kimyasal Özellikleri	81
3.4. Plastikler	82
3.4.1. İç Yapı Özellikleri	82
3.4.2. Mekanik Özellikleri	83
3.4.3. Isı İle İlgili Özellikler	84
3.4.4. Su ve Nem İle İlgili Özellikler	85
3.4.5. Ses ile İlgili Özellikler	86
3.4.6. Elektrik İle İlgili Özellikler	86
3.4.7. Işık İle İlgili Özellikler	86
3.4.8. Fiziko-Kimyasal Özellikleri	86
3.5. Metaller	87
3.5.1. İç Yapı Özellikleri	87
3.5.2. Mekanik Özellikleri	88
3.5.3. Isı İle İlgili Özellikler	89
3.5.4. Su ve Nem İle İlgili Özellikler	90
3.5.5. Ses İle İlgili Özellikler	90
3.5.6. Elektrik İle İlgili Özellikler	90
3.5.7. Işık İle İlgili Özellikler	91
3.5.8. Fiziko-Kimyasal Özellikler	91
3.6. Pişmiş Toprak Yapı Malzemeleri	93
3.6.1. İç Yapı Özellikleri	93
3.6.2. Mekanik Özellikleri	94
3.6.3. Isı İle İlgili Özellikler	95
3.6.4. Su ve Nem İle İlgili Özellikler	96
3.6.5. Ses İle İlgili Özellikler	97
3.6.6. Elektrik İle İlgili Özellikler	98
3.6.7. Işık İle İlgili Özellikler	98
3.6.8. Fiziko-Kimyasal Özellikler	98
3.7. Camlar	99
3.7.1. İç Yapı Özellikleri	99
3.7.2. Mekanik Özellikleri	100
3.7.3. Isı İle İlgili Özellikler	101
3.7.4. Su ve Nem İle İlgili Özellikler	102

3.7.5. Ses ile İlgili Özellikler	102
3.7.6. Elektrik İle İlgili Özellikler	103
3.7.7. Işık İle İlgili Özellikler	103
3.7.8. Fiziko-Kimyasal Özellikler	104
3.8. Kompozit Malzemeler	105
4. UYGULAMADAN KAYNAKLANAN YAPI HASARLARI	107
4.1. Betonun Yapımı, Dökümü ve Bakımı Sırasında Yapılan Hatalar	107
4.1.1. Malzemenin Hazırlanması	107
4.1.2. Malzeme Miktarlarının Ölçülmesi	108
4.1.3. Betonun Karıştırılması	109
4.1.4. Betonun Taşınması ve Dökülmesi	111
4.1.4.1. Soğuk Havada Beton Dökümü	114
4.1.4.2. Sıcak Havada Beton Dökümü	114
4.1.4.3. Su İçinde Beton Dökülmesi	115
4.1.4.4. Deniz Suyu Etkisinde Olan Betonun Dökülmesi	115
4.1.4.5. Alkali ve Sülfatlı Suların ve Zeminin Etkisinde Kalan Betonların Dökülmesi	116
4.1.5. Betonun Yerleştirilmesi ve Sıkıştırılmasından Kaynaklı Hasarlar	116
4.1.5.1. Betonun Vibratörle Sıkıştırılmasının Önemi	117
4.1.6. Beton Bakım ve Kürü	120
4.2. Betonda Uygulama Kökenli Çatlaklar	123
4.2.1. Taze Beton Çatlakları- Rötire	124
4.2.1.1. Taze Betonun Ayrışması-Plastik Rötire	125
4.2.1.2. Oturma Çatlakları	127
4.2.1.3. Tanelerin Ayrışması-Segregasyon	128
4.3. Betonarme Demir İşleri	128
4.3.1. B.A. Demiri Hazırlama	128
4.3.2. Betonarme Demiri Döşeme	128
4.4. Altyapının ya da Kalıpların Yerel Oturması	129
4.5. Düşey Kalıpların Oynamaları	130
4.6. Kalıp Montajı ve Sökümü	130
4.7. Binaların Yalıtım Uygulamalarında Yapılan Hatalar	132
4.7.1. Döbel Montajında Dikkat Edilmesi Gerekenler	133
4.7.2. Kenar ve Köşelerin Oluşturulması	133

4.8. Boya Uygulama Esasları ve Ortaya Çıkabilecek Hasarlar	134
4.9. Çelik Uygulamalarında Dikkat Edilmesi Gereken Hususlar	136
4.9.1. Çelik Karkas ve Çatılar	136
4.9.2. Merdivenler, Platformlar, Korkuluklar	136
4.9.3. Perçin ve Civata İşleri	137
4.9.4. Birleşim Levhaları	137
4.9.5. Çelik Malzemede Kaynak Yapımı	138
4.10. Hatalı İmalat Kayıplarını Önleme Yolları	139
5. BETON HASARLARINI TEŞHİS YÖNTEMİ	140
5.1. Projede Hatalar Aramak	140
5.2. Belirgin Hasar Nedenlerini Eleme	141
5.2.1. Donatının Paslanması	141
5.2.2. Şok Dalgaları Hasarı	142
5.3. İleri ve Detaylı İncelemelere Girişmek	142
5.4. Eldeki Tüm Verileri Değerlendirmek	143
5.5. Sentez	147
6. SONUÇ VE ÖNERİLER	148
KAYNAK ARAŞTIRMASI	150
ÖZGEÇMİŞ	153

ŞEKİLLER LİSTESİ

	<u>Sayfa No</u>
Şekil 2.1 : Keskin köşelerde hatalı detay ve önlemleri	6
Şekil 2.2 : Ani kesit değişimi	7
Şekil 2.3 : Çelik putrele oturan sürekli betonarme döşemede kesit	7
daralması hasarı ve daralma yapılmayan doğru çözüm	7
Şekil 2.4 : Prefabrike döşeme birimlerinin eğilmesi nedeniyle çatlaklar	8
Şekil 2.5 : Prefabrike döşeme plaklarının birleşimlerinde çatlama olmaması	
için fleksibl derz yapılması	9
Şekil 2.6 : Narin eğilme elemanlarına oturan kargir duvarlarda, elemanın	
sünme yapması sonucu zamanla meydana gelen çatlaklar	10
Şekil 2.7 : Narin eğilme elemanlarının aşırı sehimi	10
Şekil 2.8 : Derzlerin dolmasıyla boyuna itkilerin neden olduğu çatlaklar	11
Şekil 2.9 : Kesit uyumsuzluğu-masif kütleyle birleşik ince kesit	13
Şekil 2.10 : Alt ve üst başlıkları aşırı donatılı ve çok rijit, gövdesi ince ön	
gerilmeli bir kirişte sıcaklık değişimi, rötre sonucu gövde betonun çatlaması	13
Şekil 2.11 : Atalet momenti çok yüksek bir kirişe bağlanan ince bir betonarme	
döşemede ankastrelik ve sıcaklık değişimi sonucu meydana gelen çatlaklar	14
Şekil 2.12 : Kayıcı mafsallı sabitleşen bir köprüde mesnet bloğunun moment	
etkisi ile çatlaması	14
Şekil 2.13 : Yumuşak kat davranışı	20
Şekil 2.14 : Yumuşak/zayıf katlar	22
Şekil 2.15 : Bitişik nizam bina düzenlemesi	23
Şekil 2.16 : Dikdörtgen planlı bina	23
Şekil 2.17 : Planda kolon ve perde düzenlenmesi	24
Şekil 2.18 : Kolonların yerleştirilmesi	24
Şekil 2.19 : Temel düzenlemesi	24
Şekil 2.20 : Binalarda kolon düzenlemesi	25
Şekil 2.21 : Binalarda kısa kolon düzenlemesi	25
Şekil 2.22 : Kolon ve kiriş birleşim bölgelerinde etriye sıklaştırılması	25
Şekil 2.23 : Binalarda düşey doğrultuda düzensizlik	26
Şekil 2.24 : Binalarda dış duvarlar	26
Şekil 3.1 : Ahşapta liflere göre farklı doğrultular	62
Şekil 3.2 : Ahşapta rutubet oranının mukavemete etkisi	67

Şekil 3.3	: Liflere paralel yönde basınç ve çekme mukavemeti	68
Şekil 3.4	: Çekme etkisinde ahşap	68
Şekil 3.5	: Basınç etkisinde ahşap	69
Şekil 3.6	: Ahşapta farklı doğrultularda kayma direnci	69
Şekil 3.7	: Ahşap burulma	70
Şekil 3.8	: Ahşapta kuruma sonrası şekil değişiklikleri	75
Şekil 4.1	: Kür edilerek betonun iyi korunması	121
Şekil 4.2	: Betonda plastik rötre çatlakları	126
Şekil 4.3	: Beton demirinin yanlış bağlama uygulaması	129
Şekil 4.4	: Yapım süresince alt yapının yerel oturması nedeniyle oluşan çatlaklar	129
Şekil 4.5	: Betonun sertleşmesi süresince düşey kalıp oynamaları çatlaklar	130
Şekil 4.6	: Çelik çatıda kaynak hataları	138



TABLÖLAR LİSTESİ

	Sayfa No
Tablo 3.1 : Beton karışım oranları	28
Tablo 3.2 : Suni taşların malzeme özellikleri	28
Tablo 3.3 : Tipik bir betonun çeşitli özellikleri	30
Tablo 3.4 : Suni taşların ısı iletkenliği ile ilgili özellikleri	31
Tablo 3.5 : Suni taşların su ve nem ile ilgili özellikleri	32
Tablo 3.6 : Doğal taşlarda malzeme özellikleri	41
Tablo 3.7 : Taşların birim ağırlık, özgül ağırlık değerleri	41
Tablo 3.8 : Doğal taşların mekanik özellikleri	42
Tablo 3.9 : Doğal taşların ısı ile ilgili özellikleri	43
Tablo 3.10 : Agrega standartları tablosu	50
Tablo 3.11 : Bağlayıcıların malzeme özellikleri	53
Tablo 3.12 : Bağlayıcıların mekanik özellikleri	56
Tablo 3.13 : Bağlayıcıların ısı ile ilgili özellikleri	57
Tablo 3.14 : Ağaç cinslerine göre birim ve özgül ağırlıklar	65
Tablo 3.15 : Ahşabın mekanik özellikleri	67
Tablo 3.16 : E Modülü değerleri	70
Tablo 3.17 : Ahşabın ısı ile ilgili özellikleri	71
Tablo 3.18 : Ahşapların kurutulma nem oranları	74
Tablo 3.19 : Ağaç türleri için nem durumuna göre buhar difüzyonu	74
Tablo 3.20 : Ahşabın çalışma miktarının doğrultuya bağlı değişimi	76
Tablo 3.21 : Nemlilik derecesi bakımından ahşap	77
Tablo 3.22 : Plastiklerin birim hacim ağırlık değerleri	83
Tablo 3.23 : Plastiklerin mekanik özellikleri	83
Tablo 3.24 : Plastiklerin ısı ile ilgili özellikleri	84
Tablo 3.25 : Bazı plastik türlerine ait su emicilik değerleri	85
Tablo 3.26 : Metallerin malzeme özellikleri	87
Tablo 3.27 : Metallerin mekanik özellikleri	88
Tablo 3.28 : Metallerin Isı ile İlgili Özellikleri	89
Tablo 3.29 : Pişmiş toprak malzeme özellikleri	94
Tablo 3.30 : Pişmiş toprak malzemelerin mekanik özellikleri	94
Tablo 3.31 : Pişmiş toprak malzemelerin ısı ile ilgili özellikleri	95
Tablo 3.32 : Pişmiş toprak malzemelerin su ve nem ile ilgili özellikleri	96

Tablo 3.33	: Duvarın ağırlığına göre ses geçiş kaybındaki değişim	97
Tablo 3.34	: Camın mekanik özellikleri	100
Tablo 3.35	: Camın ısı ile ilgili özellikleri	101
Tablo 4.1	: Yapı cinsi-su/çimento oranı ilişkisi	108
Tablo 4.2	: Kalıp ve dikmelerin emniyetle sökülebilmesi için gerekli koruma süreleri ve mukavemet yüzdeleri	123
Tablo 5.1	: Hasar nedeni ve semptomları arasındaki bağlantılar	143
Tablo 5.2	: Önerilen hasar teşhis yönteminin aşamaları ve yapılan analizle bir akış diyagramı	147



SİMGELER LİSTESİ

Δ	: Birim hacim ağırlığı
P	: Kuru ağırlık
G	: Kayma modülü
λ	: Isı iletkenlik katsayısı
α	: Isısal genleşme katsayısı
S_{24}	: Isı biriktirme katsayısı
C	: Özgül ısı
S_a	: Ağırlıkça su emme miktarı
K	: Su geçirimsizlik katsayısı
K	: Kapilarite katsayısı
Δb	: Rötire değeri
δ	: Buhar geçirimsizlik katsayısı
α	: Malzeme yüzeyinin ses emme katsayısı
I	: Bina önem katsayısı
δ	: Özgül ağırlık
P_0	: Kurutulan malzemenin ağırlığı
P_1	: Malzemenin su içindeki ağırlığı
p	: Porozite
$P_1 - P_0$	: Emilen suyun ağırlığı
$\sigma_{\text{BASINÇ}}$	: Basınç gerilmesi
$\sigma_{\text{ÇEKME}}$	: Çekme gerilmesi
σ_{em}	: Emniyet gerilmesi
σ_{max}	: Maksimum gerilme
dB	: Ses ölçüm birimi
μ	: Su buharı difüzyon direnç sayısı
u	: Ahşap doyma nemliliği
$\perp$	: Liflere dik
$\parallel$	: Liflere paralel
E	: Elastisite modülü

KISALTMALAR

EPDM	: Etylen-Propylen-Dien
TS	: Türk Standartları
RPC	: Reaktif Pudra Betonları
ERMCO	: Avrupa Hazır Beton Birliği-European Ready Mixed Concrete Organization
CARES	: İngiltere’de Betonarme Çelikleri Sertifika Kurumu
QSRMC	: Hazır Beton Kalite Sistemi
THBB	: Kalite Güvence Sistemi
UV	: Ultraviyole Işınları
PVC	: Polivinil Klorür

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

NİTELİKSİZ DETAY TASARIMI, MALZEME VE UYGULAMALARDAN KAYNAKLANAN YAPI HASARLARININ İNCELENMESİ

Nilüfer İŞÇİ

Fırat Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Yapı Eğitimi Anabilim Dalı

2005, Sayfa: 167

Hasar, yapının kullanım özelliğini etkileyip görünümünü bozarak, dayanımını düşürür. Hasarları ve sonuçlarını belirlemek için yapıyı bozucu etkilerin nasıl hasar oluşturduğu incelenerek değerlendirilmektedir. Bu çalışmada; niteliksiz detay tasarımı, malzeme ve uygulamalardan kaynaklanan hasarlar ve nedenleri incelenmiştir. Yapıdaki detay tasarımı, malzemenin kullanım amacına göre belirli özellikleri taşıması ve uygulamalarda nitelikli işçilik yapılması gerektiğinden bahsedilmiştir. Bu amaca ulaşabilmek için yapısal hasarların nedenleri incelenerek çözümler sunulmaya çalışılmıştır.

Tezin 1. Bölümünde konuya giriş yapılarak hasar nedenleri belirtildikten sonra, 2. Bölümde niteliksiz detay tasarımından kaynaklanan hasarlar, 3. Bölümde doğru malzeme seçimi için malzeme özelliklerinin bilinmesi gerekliliğinden yola çıkılarak malzemeler bünye özelliklerine göre sınıflandırılarak incelenmiştir. 4. Bölümde kötü uygulamalardan kaynaklanan yapı hasarları açıklanmış, 5. Bölümde ise beton yapı hasarları teşhis yöntemi incelenmiştir.

Malzemeler atmosfer, su gibi etkenlerle karşı karşıyadırlar ve etkenlerin karşılanamaması hasarlara yol açmaktadır. Bu durum malzeme özelliklerine göre uygun seçim yapılmasına bağlıdır. Uygulama ve işçilik hatalarından kaynaklanan hasarlar; uygun detayın yerine yanlış tatbik edilmesinden veya yanlış detaylandırmadan ortaya çıkmaktadır.

Anahtar Kelimeler: Hasar, Tasarım, Malzeme, İşçilik

ABSTRACT

Master Thesis

SURVEY ON UNQUALITY DETAIL DESIGN, DAMAGES CAUSED BY MATERIALS AND APPLICATION MISTAKES

Nilüfer İŞÇİ

Graduate School of Natural and Applied Sciences Department of Construction Education

Firat University

2005, Page: 167

Damage has a role in affecting properties of building, spoiling appearance and decreasing resistance.

To define damages and their results in buildings, it should be examined how the defecting effects constitute damages , then analyses and their valuation are reached. In this thesis, it is studied about the damages caused by unqualified detail design, materials, application, and the reasons. It is mentioned that materials must have certain properties according to using aim and workmanship's quality is needed for application in the subject of detail design And the solution offers are given.

In the 1. section of the thesis; there is introduction to subject and definition the reason of damages. Effects of unquality detail design to damages are in the section 2.In the 3. section, materials are classified according to basic structure, as the properties of materials must be known for choosing the appropriate material. The effects of application mistakes are explained in the section 4 and the identification method related to concrete-building damage is given in the 5.section.

Materials face to effects as atmospher and water. And if the effects can't be prevented , damages occur. This condition depends on choosing fit materials. The damages caused by application and workmanship's mistakes occur because of either applying conformable detail faulty or incorrect detailing.

Keywords: Damage, Design, Material, Workmanship

1. GİRİŞ

1.1. Giriş ve Çalışmanın Amacı

Yapı; karada ve suda, yeraltında ve yerüstünde, sabit ve hareketli, daimi ve geçici her türlü inşaata denir. Bina, yol, köprü, liman, tünel vb. gibi tesislerdir. Hasar, yapının kullanım özelliğini etkileyerek yapının dayanımı düşürüp, görünümünü bozarak faydalı servis ömrünü azaltmaktadır. Yapı dış çevreden ve içten çeşitli faktörlerin etkisiyle hasara maruz kalır. Bu etkenlerin nedenleri arasında ısı, su, nem, rüzgâr, doğal afetler, insan, malzeme, zaman gibi faktörler vardır. Yapılar uzun yıllar doğanın değişik etkileri altında yıpranmaktadır ve sürekli bakım sağlanmazsa ciddi hasarlar gözlenebilir. Kullanılan malzemelerin iyi nitelikte olmamasının yanı sıra işçilik hataları da eklenince yapılarda bozulma ve hasar oluşumu daha da hızlanmaktadır. Yapıyı oluşturan bileşenlerin uygun bağlayıcı malzeme ve teknikleri ile birleştirilmeleri dayanımları açısından önem arz etmektedir.

Yapı üretim sektöründe amaç; en kısa sürede ve en az maliyetle kaliteli binalar gerçekleştirmektir. Binanın kalitesi; kullanılacak malzemenin özelliklerine, uygulama koşullarına ve bir arada kullanılacak malzemenin uygunluğuna bağlıdır. Yapı malzemesi konusundaki gelişmeler hem yapının performansını, hem de yapım sürecini etkilemektedir. Yapı malzemesi üretiminin endüstrileşmesi ile malzeme cinsinde çoğunlukla bir değişiklik olmamakla birlikte, ürün çeşit miktarını arttırmakta ve bu da malzeme seçiminin önemini ortaya çıkarmaktadır. Malzemenin kullanım amacına göre belirli özellikleri taşıyıp dayanımının yüksek olması gerekmektedir.

Malzeme seçiminde sahip oldukları performans özelliklerinin önemli bir yeri vardır. Ancak malzeme özelliklerinin bilinmesi ve kullanılacağı amaca göre iyi bir performans özelliğine sahip olması yeterli değildir. Çünkü malzemelerin sahip olduğu özellikler, soyutlanmış malzeme olarak değil de, yapıda kullanıldığı yere ve bir arada kullanıldığı diğer malzemelerle etkileşimine göre de değerlendirilmelidir. Başka bir ifadeyle doğru yerde doğru malzeme seçimi yapılmalıdır. Bu sayede yapı malzemesi kendisinden beklenen performansı karşılayabilir. Özellikle günümüzde yapı elemanlarının farklı malzeme katmanlarının bir araya getirilerek oluşmasında, bir arada kullanılan malzemelerin uyumu önem kazanmaktadır.

Bu tez çalışmasında amaç; doğru malzeme seçimi için malzeme performans özelliklerinin bilinmesinin önemi, tasarım ve yapımında yapıların yönetmelik ve standartlara göre yapılması zorunlu olduğu halde uygulamada bu kurallara uyulmamasından kaynaklanan hasarlar incelenmiştir.

1.2. Hasar Nedenlerinin Belirlenmesi

1.2.1. Yapının Kendisinden Kaynaklanan Hasarlar

Yapının oturduğu zemin özelliklerinden kaynaklanan hasarlar; yapının üzerine oturduğu zeminin mukavemetinin düşük olması veya zeminin homojen olmaması, zamanla yapıda bazı hareketlerin oluşmasına, dönme, farklı oturma gibi gözle görülebilen bozulmalara neden olur [60]. Yapı zeminin çürük veya karmaşık olması, farklı amaç ve büyüklükte yapıların yan yana, derzsiz yapılarak farklı çökmeler oluşmasına, yapıda önüne geçilmeyecek çatlaklar oluşmasına, yapının yıkılmasına kadar gidebilecek hasarların ortaya çıkmasına neden olur [10].

Yapının strüktür tasarımındaki hatalar; binaların taşıyıcı sistemlerinde tasarımdan gelen boyutlandırma hataları varsa, duvar, ayak, payanda gibi ögeler üzerine gelecek yatay ve düşey yükleri karşılayacak kesitlerden yapılmamışlar ise ciddi hasarlar ortaya çıkar. Yüke göre yetersiz kesitli bir duvar zamanla bel verir, payandaların yetersiz olması durumunda, kemer, tonoz veya kubbede açılmalar olur, hatta bina yıkılabilir [60]. Yapının taşıyıcı sisteminde yanlış düzenleme yapılmışsa, hatalı ve yanlış kabuller ile taşıyıcı sistemin boyutlandırılması ve teçhizatı yeterli düzeyde yapılmamış ise yapının taşıyıcı sistemi; gelen düşey yükleri taşıyamaz, yatay kuvvetleri karşılayamaz ve sonuçta yıkılma olayı kaçınılmaz olur.

Hatalı malzeme kullanımı; kullanılan malzemelerin iyi nitelikte olmaması yapıların bozulmasını hızlandırmaktadır. Kullanılan yapı malzemeleri öngörülen standartların altında olması halinde, beklenen dayanım süresinden önce eskimeye uğrar. Yapı malzemesi hakkında yetersiz bilgidir kaynaklanan yanlış malzeme seçimi ve yanlış uygulama nedeni ile malzemeden beklenen hizmet süresi gerçekleşmez [10]. Örneğin; Taşların içinde kil tabakalarının, başka yabancı maddelerin bulunması; hızlı aşınmaya, taşın içinde bulunan yabancı tabaka damardan kopup ayrılmasına neden olur. Yapıyı oluşturan bileşenlerin uygun bağlayıcı malzeme ve tekniklerle birleştirilmeleri dayanımları açısından önemlidir. Kesme taş yapılarda blokları birleştirmek için kullanılan kenet ve mil gibi korozyona uğrayabilecek demir bağlantı elemanlarının iyi izole edilmemesi sonucunda, derzlerden içeri giren su, demir öğelerin paslanmasına neden olmaktadır. Paslanma sırasında hacmi büyüyen kenet ve miller, yarattıkları iç gerilimle birleştirdikleri duvar bloğunu veya söve, sütun başlığı gibi mimari bileşenleri çatlatmakta, müdahale edilmediğinde parçalanmaktadır [60].

Sorumluluk eksikliğinden ileri gelen hatalı uygulama; malzeme ve iş gücü israfını doğurur. Bu elemanların temini ve malzemelerin tekrar uygulanması zorunluluğunu ortaya çıkarır [10].

1.2.2. Dış Etkilerden Kaynaklanan Hasarlar

Yapılar, uzun yıllar doğanın değişik etkileri altında yıpranır ve sürekli bakım sağlanmazsa ciddi hasarlar gözlenir. Sıcak yaz günlerinde aşırı sıcak karşısında genleşen malzemeler, soğuk kış günlerinde dona maruz kalır; ısı farkları, donma çözünme döngüleriyle malzemeler yorulur ve yıpranır. Suyun kapilarite (kılcal boşluklar) ile bina içindeki hareketi de yapı malzemelerde hasara neden olmaktadır. Zeminden yükselen nem strüktürü ıslatarak taşıyıcı sisteme gelen yükü fazlalaştırdığı gibi ayrıca içinde taşıdığı tuzların duvar yüzeyinde buharlaşması sonucu çiçeklenmelere, duvarın fiziksel ve kimyasal yapısını bozucu etkilere neden olabilmektedir.

Bunların dışındaki etkenler ise; doğal afetler, depremler, insanların neden oldukları bozulmalar, kötü kullanım veya uzman olmayan kişilerce yapılan onarımlar, yangınlar, savaşlar ve yine insanlar tarafından yapılan “vandalizm”dir [60].

Temeli atılıp yükselen bina, inşaatı sırasında başlayarak ömrünü tamamlayıncaya kadar, birçok etken tarafından eskitmeye çalışılır. Zaman bazılarını hızlandırır bazıları ise yapı koruyucuları tarafından karşılanır. Bu etkenlerin karşılanma derecesine göre yapı uzun ömürlü olur. Kötü ve işlev dışı kullanımlar, malzemenin eskimesine ve bozulmasına neden olarak yapının bakımsız kalmasına ve hasarına neden olur. Yapıda oluşan bozulmaların giderilmesi, her zaman masraflıdır ve tam olarak sağlanamaz. Yapının başlangıcında bilinçli olarak alınacak önlemler hem sağlıklı bir yapı kazandırır hem de zamanında yapılacak koruma için harcanacak emek ve malzeme sonradan yapılacak büyük onarım giderleri yanında çok küçük kalacaktır.

Yapının korunması, yapı bünyesinin sağlıklı olarak meydana getirilmesini ve geçerli tüm etkin faktörlerden yapının kullanım süresince zarar görmemesini sağlamakta ve bu amaçla alınacak tüm önlemleri kapsamaktadır. Taşıyıcılık prensipleri doğru olan, doğru seçilmiş malzemelerle yapılmış bir binanın zaman içinde eskimeye uğraması doğaldır. Bu eskimenin önüne geçilemez. Koruyucu malzemenin kendisi bu eskimeye karşı koyar, koruyucu malzeme eskidikçe yenilenir ve böylece bina korunmuş olur [10].

2. NİTELİKSİZ DETAY TASARIMINDAN KAYNAKLANAN YAPI HASARLARI

2.1. Hatalı Detaylandırma

Hatalı detayların oluşturduğu hasarlar çok fazla rastlanılan hasarlardır. Bu hasarlara yapı şartnamelerine tam uyulmaması halinde rastlarız. Hataların yapılacağı yerler bilinirse, sebep aranırken daha bilinçli bir araştırma yapılırsa daha iyi çözümler üretilebilir [2]. Yapısal sistemin oluşturulmasında yapılan yanlışlar depreme dayanıklı yapı tasarımı kuralları ve deprem yönetmeliğimizde son derece detaylı olarak incelenmektedir. Bu kurallara uyularak projelendirilen ve inşa edilen yapılarda deprem kuvvetleri sonucunda önemli bir hasar oluşması veya göçme meydana gelmesi çok az bir olasılıktır [46]. Yapı elemanları hasarları genelde, yatay itki olan deprem kuvveti karşısında, esnek davranış sergileyemeyerek plastik deformasyon yapma yeteneklerinin eksikliklerinden ve yanlış detaylandırılmalarından kaynaklanmaktadır [10].

2.1.1. Ahşap Doğramanın Detay Özelliği

En iyi ahşap malzeme dahi kullanılsa, hatalı detaylandırıldığı takdirde doğrama bozulur. Detaylandırmada dört aşama göz önünde bulundurulmalıdır:

- Doğrama–yapı birleşmesi
- Kasa–kanat birleşmesi
- Doğrama–cam birleşmesi
- Ahşap–ahşap birleşmesi

Birleşme noktalarındaki çözümler doğramanın hasarsız ömrünü uzatmalıdır. Bu amaçla yağmur ve kondansasyon suyu, rüzgâr etkisi kontrol edilmelidir. Ayrıca binanın ihtiyacı olan ses veya ısı yalıtımı konularına çözüm üretilmelidir. Doğramalar ahşap, çelik, plastik veya alüminyumdan yapılabilir. Üretim teknolojileri malzeme özelliklerine göre geliştirilmelidir.

2.1.1.1. Doğrama–Yapı Birleşmesi

Ahşap; ısı ve nem farklılıklarında boyut değiştirmektedir. Doğramada meydana gelen günlük ve mevsimlik hareketler rijit olan pencere boşluğu ile doğrama arasında kılcal çatlaklar oluşturur. Ayrıca sekiz kattan fazla yapılarda, doğramaya gelen rüzgâr yükü de doğramanın yapıdan farklı hareket etmesine neden olmaktadır. Doğramanın pencere boşluğuna bağlanma yeri köşelerden 20 cm mesafede olmalı ve 80 cm’de bir tekrarlanmalıdır. Doğramanın yapıya uygun şekilde yük aktarması halinde derzin su, hava, ısı, ses sızdırmazlığı kolaylıkla çözümlenebilir.

Doğrama–yapı birleşme noktasında, doğrama ve duvar arasında ısı yalıtımı poliüretan veya mineral yün vb. malzemeyle sağlanır. Dış köşeye su ve nem sızdırmazlığı amacıyla elastik macun sıkılır. Elastik macunun yalnızca karşılıklı iki yüzeye yapışmasına, üçüncü olan arka yüzeye yapışmayacak şekilde önlem alınmasına dikkat edilmelidir. Elastik macun ikiden fazla yüzeye yapıştırılırsa yırtılır ve görevini yerine getiremez.

2.1.1.2. Kasa–Kanat Birleşmesi

Kasa–kanat birleşmesinde yük aktaran elemanlar menteşeler ve kilitlenme takımlarıdır. Doğrama duvar birleşmelerinde de, yük aktarılmasının doğru yapılmadığı durumlarda kanat sarkar, peçlenir (düzlemde yön değiştirme). Böylelikle biniler ve sızdırmazlık filtreleri su, ısı, ses rüzgâra bağlı sızdırmazlık görevlerini yerine getiremezler. Kasa ve kanadın bini yüzeyleri düzgün bir şekilde birbirine yaslanmalı, sızdırmazlık için sürekli elastik kalabilen EPDM kauçuk fitili (Ethylen-Profylen-Dien) kullanılmalıdır. Fitilin sertleşmesi kanadın sızdırmazlık görevlerini zayıflatır.

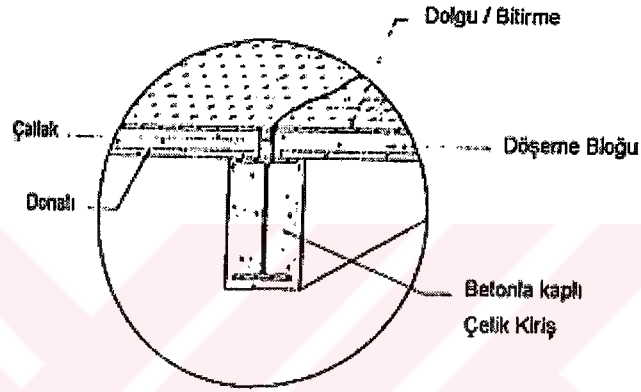
2.1.1.3. Doğrama–Cam Birleşmesi

Cam doğrama birleşimlerinde de hasarın oluşmaması için camın doğru yük aktarmasına dikkat edilmelidir. Camın yükünü doğramaya aktarması amacıyla küçük takozlar kullanılır. Takozların yerleşme şekli kanadın hareket yönüne göre değişir. Cam–doğrama birleşmelerinde suyun cam binisinin içine girmesi önlenmelidir. Su dışta yağmur nedeniyle içte cam yüzeyinde veya cam yuvasında kondansasyon meydana getirir. Bu arada cam yüzeyine gelen rüzgâr yükü ve ısı farkları ile camın sürekli hareket edeceği ve sızdırmazlık işinde kullanılarak malzemeyi yorarak eskiteceği göz önünde bulundurulmalıdır.

İzolasyon değeri olmayan tek tabakalı camların kullanıldığı az işlevli doğramalarda bezir esaslı cam macun kullanılması halinde kısa zamanda hasar meydana gelir. Bezir uçucudur. Geri kalan kuru (üstübeç) macun çatlar ve cam yuvasının su almasına neden olur. Atmosferin macuna yaptığı etkiyi en aza indirmek amacıyla dışa çıta çakılmış, aynı nitelikli macun kullanılması durumunda, macun miktarı daha da aza indirildiği için, daha çabuk çatlayacaktır. Sorunun çözümü iki türdür. Birincisi uzun ömürlü, sürekli elastik macunun altlık üstüne kullanılması; ikincisi ise cam yuvanın kendi kondansasyonunun engellenmesi veya havalandırılmasıdır.

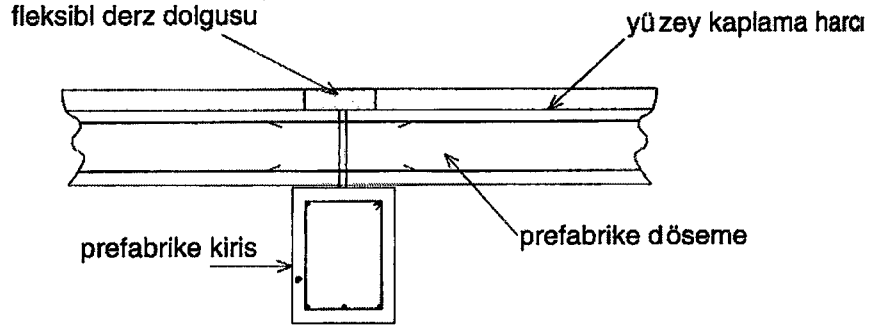
2.1.4. Prefabrike Döşeme ve Kirişler Arasındaki Rijit Derzler

Prefabrike döşeme birimleri üst donatıları uzatılmadan ve özel bağlantı şekilleri düşünülmeden basit mesnet koşulları ile tasarlanırlar. Mesnet üzerine döşemeler yerleştirilip üzerine yerinde dökme dolgu ve/veya bitirme işlemi uygulanır. Döşeme birimlerinin uçlarının dönmesi prefabrik döşemelerin birleşme yeri üzerindeki yerinde dökme dolguda çatlaklar oluşturabilir. Döşemeler, esnek asfalt veya benzer bir malzemeyle kaplanarak bitirme uygulanmazsa döşeme bitirmelerinde (karo kaplama) kötü görünüşlü çatlaklar oluşabilir. Bu nedenle dolgu betonu ve bitirme işlerinde elastik derz oluşturmak ve/veya esnek döşeme kaplamaları veya(kauçuk kaplama) topping yapmak gereklidir [34].



Şekil 2.4. Prefabrike döşeme birimlerinin eğilmesi nedeniyle çatlaklar

Uç uca getirilerek ana kirişlere veya kolonlara oturtulan döşeme veya kirişlerin arasında kalan bağlantı kısmı sürekliliğin sağlanması amacıyla rijit bir tarzda bağlanırsa, bu derz büyük zorlamalara maruz kalır. Genellikle bu döşeme veya kirişler basit kirişler gibi tasarlanmıştır, bu bakımdan aralarının boş bırakılma olasılığı vardır. Eğer prefabrike eğilme elemanlarının uçları muhakkak birleştirilecekse üstteki kaplama harcının fleksibl bir derzle ayrılması gerekir, zira sonradan doldurulan bu ara kesitler süreklilik sonucu doğacak negatif momentlere dayanmamaktadır.



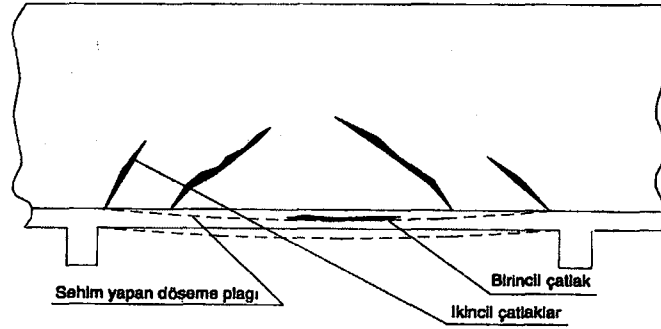
Şekil 2.5. Prefabrike döşeme plaklarının birleşimlerinde çatlama olmaması için fleksibl derz yapılması [2]

2.1.5. Narin Eğilme Elemanlarının Aşırı Şehimi

Günümüzde betonarme eğilme elemanları oldukça narin yapılabilmektedir. Taşıma gücü yöntemine göre projelendirme bu olanağı sağlamaktadır. Bu elemanların deformasyonlarının elastik hesaplara göre denetlenmesi yararlıdır; zira aşırı sünme yapımları olasılığı yüksektir. Sünme değerleri ise ani elastik deformasyonların 2~3 katı olabilir.

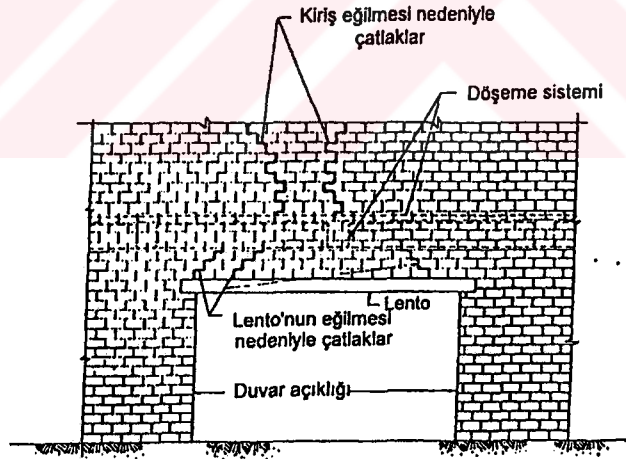
Klasik elastik tasarımda bir kirişin veya döşemenin açıklığının $1/240 \sim 1/350$ 'ı mertebesinde sehim yapmasına müsaade edilir [41]. Büyük açıklıklarda bu şartlara göre kabul edilen sehimin mutlak değeri çok büyüktür. Örneğin; 6 m açıklıklı bir kiriş, $1/240$ şartına göre 2.5 cm çökebilecektir. Sünme de düşürülürse sehim 7.5 cm mertebesine varabilir. Bu çökme sonucu kiriş üstündeki tuğla duvarla kiriş arasında ayrılma oluşacak ve duvar bu bölgede oturacaktır.

Taşıyıcı eğilme elemanlarında meydana gelen sehimler nedeniyle kat duvar yüklerinin alt kat kirişlerine aktarılması ve zemin kat kirişlerinin çatlaması olayı da görülmektedir. İnşaatın hızla bitirilmesi arzusu ile kat betonlarının kalıpları alınır alınmaz duvarların örülmesine geçilebilir. Örülen duvarın üstündeki kiriş sehim yapınca üstündeki yükü alttaki duvara aktarır, böylece tüm katların duvar yüklerinin en alt kattaki kirişe aktarılması, bu kirişi aşırı yükler, çatlatır hatta çökertir. Bu nedenle bir karkas binada, karkas işleri tamamlanmadan duvar örülmesine geçmemek ve duvarları yukarı kattan örmeye başlamak gerekir. Böylece kirişlerin serbestçe deformasyonları ve sadece kendi kat yüklerini taşımaları sağlanmış olur [2].



Şekil 2.6. Narin eğilme elemanlarına oturan kargir duvarlarda, elemanın sünme yapması sonucu zamanla meydana gelen çatlaklar

Rijit yapı yapmak ve duvarlara gelen yükleri ve sehimleri azaltmak, bu kısımları oluşacak yükleri karşılayabilecek kadar güçlü yapmak, döşeme ve duvar arasındaki aderansı ortadan kaldırmak. Yapı etrafında duvarı gevşetmek amacıyla duvar üstünde ince bir derz veya boşluk oluşturmak-önceki şıklardan bazılarını birlikte uygulamak veya çatlakları olduğu gibi kabul etmektir [34].



Şekil 2.7. Narin eğilme elemanlarının aşırı sehim

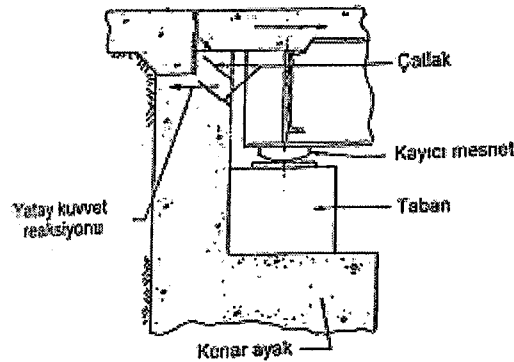
2.1.6. Derzlerdeki Sızıntılar, Yetersiz Açıklık Bırakılması ve Derz Boşluklarının Dolması

Dilatasyon derzlerinin cephelerde ve teras çatılarda açık bırakılması veya derz fitilleri, dolgu malzemeleri kullanılmadan harçla örtülmesi hallerinde yağmur sularının aralıklardan bina içerisine süzülmesi doğaldır. Suların bina içine süzülüp duvarları kirletmesi, sıvaları kabartması yatay çatı derelerinin veya bu dereleri boşaltan düşey boru çaplarının yetersizliğinden de

kaynaklanabilir. Bu sular saçak altlarında ve dış cephelerde hasara neden olurlar. Özellikle atık duvarlı çatılardaki gizli yatay derelerde bu hasara daha çok rastlanır. Bakım işlerinin zamanında yapılmaması, derelerin ve düşey boruların temizlenmemesi bu tür hasarların oluşmasında en büyük etkidir.

Genellikle bina uzunluğu, iklim koşulları dikkate alınarak dilatasyon derz genişlikleri hesaplanmaz ve sadece bir tahta genişliği kadar (2.5 cm) derz bırakılarak problem çözülür. Bina genişmesi bu değerden fazla olunca derzin iki yanındaki betonlar sıkışır, köşeler kırılır, ezilir. Eğer derz yapımında tahta veya yerinden çıkarılması zor bir malzeme kullanılmışsa, derz aralığı boşaltılmadan dıştan sıva ile örtülür, böylece derz görevini yapamaz. Derzde tahtanın bırakılması halinde hasar daha büyür, çürüten ve mantarlaşan tahta çiçeklenmelere ve kimyasal bozulmalara yol açar [2].

Derz gereken yerlerde iyi detaylandırma yapılmalıdır. Detaylandırma iyi olmazsa su uzun ve dolambaçlı yollar izleyerek penatre olacaktır. Önlem olarak derze su gelişi durdurulmalı ve su izolasyonu yapılmalıdır. Dilatasyon derzlerinde yetersiz açıklık bırakılması derze yakın kısımlarda kopmalara neden olur. Deprem, genleşme ve oturma derzlerinin yetersiz olması yapıda hasar oluşturur. Dilatasyon derzlerinin kenar kısımlarında donma-çözülme etkisiyle de çatlamalar ve parça kopmaları oluşur. Dilatasyon derzi oluşturulurken araya konan ahşap çıkartılmazsa ileride hasara neden olacaktır. Genleşen taşıyıcı bileşimler zamanla korozyon etkisiyle kir, toz ve çöplerin birikmesiyle hareket edemezler. Sonuçta yatay kuvvetlere (boyuna itme kuvvetlerine) sadece sabit taşıyıcılarla karşı konulması yerine, kısmen genleşen taşıyıcıların mesnetleriyle karşı konulur ve beton mesnetler üzerine kayma etkisi oluşur. Bu durumda etriye kullanmak uygundur.



Şekil 2.8. Derzlerin dolmasıyla boyuna itkilerin neden olduğu çatlaklar

2.1.7. Yetersiz Damlalık ve Tahliye Boruları

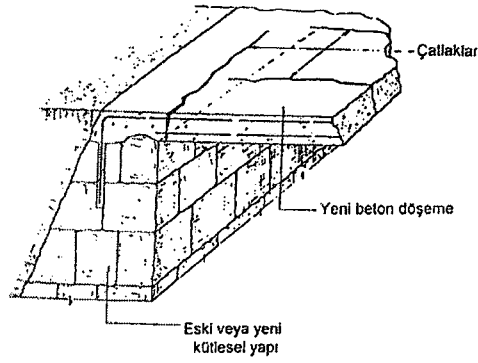
Köprü tabliyelerinde parapet boyunca veya yaya kaldırımı kenarları boyunca, daha alçak yapılara akmayacak şekilde, aşağı doğru dökülecek konumda yerleştirilmiş uygun tahliye boruları düzenlenmelidir. Tahliye boruları mümkün olabilecek tıkanmaları önleyecek kadar geniş olmalıdır (min.5 cm çapında). Kornişler gibi yatay çıkıntı yapan elamanlar ve duvar tepelikleri gibi çıkıntılı yapılarda damlalık yivleri veya damlalık saçakları oluşturulmalı ve koruyucu duvarlara su gelmesi önlenmelidir.

2.1.8. Yetersiz Dereler

Betonarme yapılarda en fazla yanlış yetersiz dere (drenaj) detaylandırmasında yapılmaktadır. Yapı su gölcüğü oluşturmamalıdır. Yatay yüzeylerde, duvar üstleri dahil, yeterli sıklıkta ve genişlikte oluk (dere) ve tahliye boruları oluşturulmalı ve drenler bindirme yerlerinde veya alçak noktalarda ziftlenmelidir. Tahliye boruları beton yüzeyine etki etmeyecek şekilde yerleştirilmelidir. Yüzey suyu yapıdan uzaklaştırılmalıdır. Yüksek zeminlerde drenajın yere veya duvar yüzeyine akmasına izin verilmemelidir.

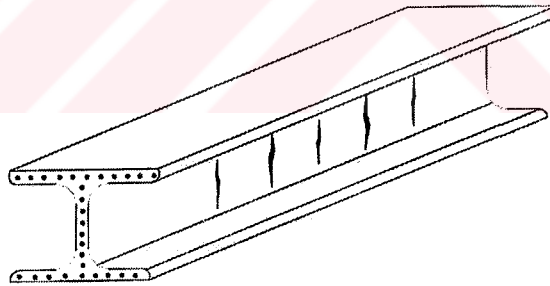
2.1.9. Kesit Yetersizliği ve Uyumsuzluğu

Masif beton kesitler ve bitişik olan ince kesitler birlikte çalışamazlar. Yeterli donatılmadıkça Şekil 2.9.'daki gibi çatlaklar oluşacaktır. Ön germeli I profillerde flanşlar ağır donatılıdır ve rötire deformasyonlarına direnç gösterirler, hafif gövde donatısı ise bu deformasyonlara karşı koyamaz. Bu tip durumlarda gövdeye % 0.5 veya daha fazla boyuna donatı konulması önerilir. Teorik olarak gerekmede de gövde donatısı konulmalıdır. Diğer bir uyumsuz kesit olayı köprü tabliyesinde rijit kaplama tabakası kullanılmasıyla oluşur. Güneş ışınları köprü yüzeyindeki kaplama tabakasını alttaki yapısal tabakadan daha fazla genişletir. İki tabaka arasında bölgesel ayrılmalar oluşacaktır. Kaplama yüzeyi daha ince ve daha hafif donatılı olduğundan, trafik yükü altında bu yükleri taşıyamayacak ve çatlayacaktır [34].



Şekil 2.9. Kesit uyumsuzluğu-masif kütleye birleşik ince kesit

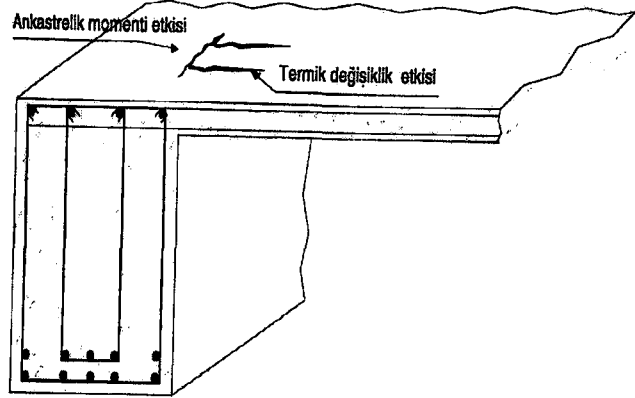
Rijitlik yönünden çok farklılık gösteren kesitler, birbirlerini hesaplanandan farklı biçimde etkilerler ve özellikle birleşim yerleri aşırı sehim zorlamalara maruzdur. Betonarme elemanlarda uygun donatı şekilleri öngörerek oluşabilecek çatlakları bir miktar önlemek mümkündür. Aşağıda bu uyumsuzluğa iki örnek verilmiştir. Şekil 2.10.'daki ön gerilmeli beton kirişin başlıkları çok kuvvetli bir şekilde donatılmıştır. Gövde incedir ve sadece kayma gerilmelerini alacak etriye çirozlar içermektedir. Sıcaklık düşmesi ve rötre sonucu gövdede oluşacak boy kısaltmaları başlık tarafından önlenmekte ve gövde de çatlaklar teşekkül etmektedir. Gövdede boyuna yönde de yeterli donatı muhakkak gereklidir.



Şekil 2.10. Alt ve üst başlıkları aşırı donatılı ve çok rijit, gövdesi ince ön gerilmeli bir kirişte sıcaklık değişimi, rötre sonucu gövde betonun çatlaması

Şekil 2.11 de atalet momenti ve donatısı çok yüksek bir kirişe ankre edilmiş ince bir betonarme plağın hasar durumu gösterilmiştir. Döşeme kiriş yerine masif büyük bir kargir duvara ankre edildiğinde de benzer bir durum meydana gelebilir. Döşemedeki ankastrelik momenti hesaplanandan çok yüksektir ve bu durumda kirişe paralel yönde çatlama olacaktır. Öte yandan sıcaklığın düşmesi sonucu daha fazla daralma eğiliminde olan döşemenin deformasyonu kiriş tarafından önlenerek ve bu durumda kirişe dik yönde çatlaklar meydana gelecektir. Kiriş civarında geniş olan bu çatlaklar döşeme ortasına doğru daralacaktır. Kesit

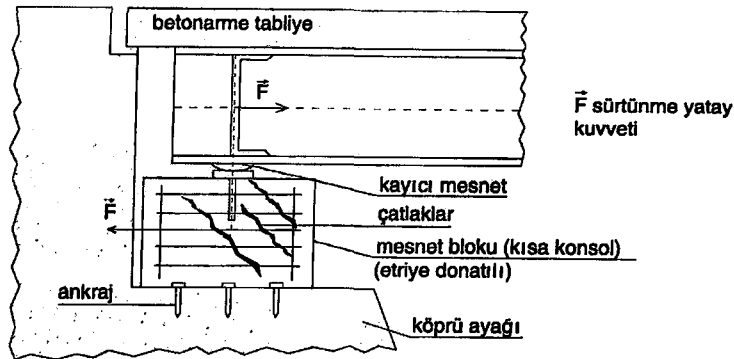
yönünden uyumsuzluk problemi ayrıca yüzen köprü tabliye döşemelerinde görülmektedir. Genellikle betonarme tabliye üzerine oturan ince örtü malzemesi köprü bünyesindeki tabliye ile uyum içinde çalışmaz, sıcaklık etkisi ile daha büyük genleşmeler gösterir, tabliyeden ayrılır ve kabarır, kesit inceler vasıtalar geçtiğinde kırılır.



Şekil 2.11. Atalet momenti çok yüksek bir kirişe bağlanan ince bir betonarme döşemede ankastralik ve sıcaklık değişimi sonucu meydana gelen çatlaklar

2.1.10. Kolon, Kiriş ve Payandalarda Öngörülmemiş Kayma Gerilmeleri

Köprülerde mesnetlerin mafsallı veya kayıcı mafsallı olarak teşkiline sıkça rastlanır. Paslanmalar, ara yere taş, toprak vb. dolgu malzemelerinin girmesi, mafsalların projelerde öngörüldüğü şekilde dönmesini, ötelenmesini engeller, mafsalları taşıyan elemanlarda kayma gerilmeleri doğar. Şekil.2.12 de kayıcı mafsallı bir köprünün mafsal taşıma bloğunda doğan moment ve bunun sonucu blokta oluşan çatlaklar gösterilmiştir. Mesnet bloğunun zorlanması bir kısa konsol zorlamasıdır ve kayma gerilmeleri etriyelerle alınmaya çalışılmıştır [2].



Şekil 2.12. Kayıcı mafsallı sabitleşen bir köprüde mesnet bloğunun moment etkisi ile çatlaması

2.1.11. Sünmenin Hesaba Katılmaması

Sünme veya gerilme etkisi altındaki betonun çok yavaş deformasyonu bilinen bir olaydır, fakat bazen ihmal edilir. Sonuçta yapıda beklenmeyen deformasyonlara neden olur. Bu deformasyonlar derzlerin açılmasına ve mesnet veya kenar ayakların çatlamasına neden olur. Tasarım esnasında sünmenin hesaba katılması ihmal edilmemelidir [34].

2.1.12. Taşıyıcı Sistemin Rijitliği ve Sürekliliği

Yapının iskeletini oluşturan taşıyıcı sistemin düzenlenmesinde yapıya etkiyen (düşey ve yatay) yükleri kendi ağırlığı ile birlikte taşıyacak ve güvenlikle en kısa yoldan zemine aktaracak, yapının dengede kalmasını sağlayacak koşullar ana ilke olarak alınması gerekmektedir.

Taşıyıcı sistemin planda simetrik olarak düzenlenmesi, yapılardaki taşıyıcı sistemleri birbirine dik eksenler üzerinde yer alması, kolon ve perdelerin kuvvetli ve zayıf eksenleri dikkate alınarak rijitliğin yapının her iki doğrultusunda dengeli dağıtılması, perdelerin burulma rijitliği açısından yapının kenarlarına yerleştirilmesi projelendirme ve deprem kuvvetlerinin karşılanması açısından olumludur. Ülkemizdeki depremlerde yukarıdaki ilkelere uyulmadığından dolayı hasarlar oluşmaktadır. Birçok binada yıkılmaların, kolon ve perdelerin rijitliği zayıf olan yönde gerçekleştiği görülmüştür. Ayrıca bitişik nizam türü yapılarda da kolon ve perdelerin yıkılma yönüne dik yönde daha kuvvetli olduğu gözlenmiştir.

Kiriş eksenleri süreklilik göstermeden çerçeveler kesilmiş, yer yer kirişler saplama yapılarak bir başka kirişe taşınmıştır. Açık olmayan çerçeve davranışı ortaya çıkmış ve saplama yapılan kirişe gerekli kenetlemeyi sağlayacak donatılar yerleştirilmemiştir [12]. Geometri ve rijitlik dağılımı bakımından simetrik olan bazı yapılarda, burulma düzensizliği katsayıları, 1.20 sınır değerine yaklaşabilmektedir. Sadece geometrik bakımdan düzensiz olan yapılarda, burulma düzensizliği katsayıları 1.20 sınır değerine yaklaşabilmektedir. Bu tür yapıların “zayıf” akslarındaki taşıyıcı elemanlarda küçük boyut artırımları sonunda burulma düzensizliği geniş ölçüde giderilebilmektedir. Uygulamada karşılaşılan asimetrik yapılarda, rijitlik bakımından büyük bir düzensizlik olmaması halinde, burulma düzensizliği katsayıları makul düzeylerde kalmaktadır [31]. Yüksek yapılarda simetrik taşıyıcı sistem oluşturmak, deprem kaynaklı pek çok belirsizliğin etkisini azaltır. Burulma göz önüne alınmadan boyutlandırılmış bir eleman burulma nedeniyle beklenenden daha çok iç kuvvet çekebilir ve hasar görebilir. Burulma merkezinden uzakta yer alan ve rijit olan elemanlar bu durumdan en çok zarar görebilecek elemanlardır. Burulma etkisini azaltmak ve çok katlı yapılarda artan deprem yüklerini alabilmek için yapıya konacak elemanlar mimariyi önemli ölçüde kontrol eden elemanlardır.

Perdeler gibi yatay yük taşıyıcı düşey elemanların arası çok açılmadıkça ya da döşeme içinde büyük boşluk ve süreksizlik bulunmadıkça döşemeler düzlemleri içinde sonsuz rijit sayılırlar. Perde kesitlerin kattan kata değişken olması ve her kattaki perdeler için bu değişimlerin farklı olması düşey doğrultuda bir çeşit yatay rijitlik düzensizliği yaratır. Bu görelî kat ötelemelerinin gözden geçirilmesi, hesaplarda kullanılacak programın yeterli olması gerekir. Bu özelliklerle birlikte döşemelerde zorunlu boşluklar bulunması ya da planda düzensizliklerin oluşu kuvvet dağılımını etkileyecektir. Perdelerde tersine kesme kuvvetleri oluşmaması için perdeli çerçeveli çok katlı sistemlerde perdelerin tümünün en üst katlara değîn sürdürülmesi gerekmektedir. Perde kesitleri yapı yüksekliğince aynı kaldığı takdirde, burulmalı yatay yük hesabı perde eylemsizlik momentleri esas alınarak basite indirgenip kolay bir doğrulama yöntemine dönüşmektedir.

Deprem gibi iki yönlü etkilere karşı koyacak en uygun perde ve perde grubu kesitleri arasında iki eksene göre de simetrik bulunan planda I, kare kesit vb şekilleri oluşturan perdeler yer almaktadır. Başlıkları oluşturan perdelerin çok büyük olmaması durumunda bu perde grupları düşey eksenleri etrafında bütünüyle birlikte çalışabilir. Yüksek katlı yapıların komşu yapılarla arasındaki boşluk önemle gözden geçirilerek yeterli olup olmadığı saptanmalıdır. Farklı titreşim periyotlarına sahip komşu yapıların deprem sırasında birbiriyle çarpışarak zarar verme olasılığı böylelikle ortadan kaldırılmalıdır. Komşu binaların döşeme düzeyleri birbirinden farklı olup, ara mesafeler yeterli olmazsa çarpışma sırasında kolonların kesilme olasılığı artacaktır. Yüksek yapıların deprem tasarımı bakımından başlıca özellikleri esnek yapılar olmalarıdır. Dolayısıyla bu durumda olabilecek yapılar için Türkiye Deprem Yönetmeliğinde verilen tasarım spektrumları ile yetinilmemesi ve yakındaki aktif fayların üretebileceği deprem magnitüdleri hesaplanarak buna göre deprem tasarım kuvvetlerinin belirlenmesi en gerçekçi yaklaşımdır [36]. Depreme dayanıklı yapı tasarımı açısından uyulması gereken önemli bir kural da, deprem perdelerinin binada dönme yaratmayacak düzende olabildiğince simetrik yerleştirilmesidir. Plan simetrisi göz ardı edilerek yerleştirilen perdelerin bulunduğu yapıların, kenar kolonları depremden daha fazla etkilenmektedir [46].

2.1.12.1. Taşıyıcı Sistemi Düzensiz Yapılarda Oluşan Hasarlar

Depreme dayanıklı bina tasarımının ana ilkelerinden biri, taşıyıcı sistemi düzenli, hafif binalar inşa etmektir; 17 Ağustos 1999 İzmit Depremi bu gerçeği bir kez daha ortaya koymuştur. Hangi yapıım tekniği ve malzeme ile yapılsa yapılsın, taşıyıcı sistemi düzenli olmayan yapıların deprem davranışı oldukça olumsuz olmuştur. Taşıyıcı sistemi düzenli yapılar inşa etmek özendirilmelidir; “Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik” ve yapılarla ilgili diğer standartlar bu doğrultudadır. Taşıyıcı sistemi çok iyi hesaplanmış, ancak

düzensiz taşıyıcı sisteme sahip bir yapının deprem davranışı, taşıyıcı sistemi kabaca hesaplanmış, ancak taşıyıcı sistemi oldukça düzenli olan bir yapının davranışından daha olumsuzdur. Taşıyıcı sistemi iyi düzenlenmemiş bir yapının depremde davranışını hesapla arttırmak olanaklı değildir [7,26]. Planda ve düşey kesitte yeterince simetrik olmayan, kat döşemelerinde aşırı boşluklar bulunan, düşey taşıyıcı elamanları süreksiz, kat rijitlikleri yapının yüksekliği boyunca ani değişiklikler gösteren, konsol/çıkma miktarları önemli değerlere ulaşan ve önemli büyüklüklerde burulma etkileri doğurabilecek şekilde taşıyıcı sistem düzensizliği gösteren yapılar göçmüş ya da ağır hasar görmüştür.

Bitişik düzende inşa edilen yapılar arasında derz bırakılmamıştır. Derz bırakılanlarda ise çoğu zaman uygun bir derz detayı uygulanmamıştır. Arazi eğimi nedeniyle bitişik iki binadaki kat hizalarının kayması, durumu daha da olumsuzlaştırmış, bu tür binaların çekiçleme etkisiyle ağır hasar görmesine neden olmuştur. Bitişik düzendeki birçok yapının, çevre akslarda duvar oluşturmada birbirlerinin duvarlarını kullandıkları örneklerine sıkça rastlanmaktadır. 1998 tarihli “Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik” bu tür yapıların yapımına izin vermektedir. İmar yönetmeliklerinde yapımına izin verilen 1.5 m’lik çıkmanın, binalarda kullanım alanına sokulma çabası, zemin kat üzerinde kolonların konsol ucuna oturtulması ile sonuçlanmaktadır. Bu tür yapılara yalnızca az katlı binalarda değil, zaman zaman 10-12 kata kadar varan yapılarda da rastlanması düşündürücüdür. Konsollar taşıyıcı sistemlerin izostatik elamanlarıdır; iç kuvvetlerin olası yeniden dağılımına katkıları bulunmamaktadır; üzerlerine etkiyen ağır kolon yükleri nedeniyle en kesit boyutları, altındaki kolondan çoğu zaman büyük olmakta ve ona göre donatılmaktadırlar [1,6,28]. Bu durum konsolun altındaki kolondan daha güçlü olması durumunu da doğurmaktadır.

Yığma/kagir ya da daha az kata göre projelendirilen binalara sonradan proje dışı kat/katlar eklenmektedir, kat sayısı projelendirmede öngörülen kat sayısına uygun binalar üretilmelidir. Büyük şehirlerdeki rant, kullanıcıların bitmeyen ek istemleri sonucunda şehirde birçok binanın çatı katında taşıyıcı sistemi ”gecekondu” niteliğinde, mühendislik hizmeti görmemiş ek katlar oluşturulmaktadır. Bu tür artı katlar hemen hemen üst kata oturan yığma/kagir düzende yapılmaktadır. Büyük yerleşim merkezlerinde çatı katlarında oluşturulan ağır su depolarının da ek katlara benzer etki yaptığı görülmüştür.

Çok katlı betonarme binaların taşıyıcı sistemlerinde yapılan incelemede en çok A1 burulma düzensizliği, A2 döşeme süreksizliği ve A4 taşıyıcı elaman eksenlerinin paralel olmaması gibi düzensizlikler bulunmaktadır. Uygun kullanıldığı takdirde, betonarme elemanlar oldukça sünek davranış gösteren elemanlardır; 1998 tarihli “Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik”te süneklik düzeyi yüksek çelik ve betonarme yapılar için öngörülen taşıyıcı sistem davranış katsayısı $R=8$ ’dir. Mimari tasarım aşamasında düzgün bir

taşıyıcı sistem şeması üzerine kurulan bir binanın deprem davranışı, doğal olarak olumlu olacaktır [36].

Kısa kolon davranışı; aynı katta öteki taşıyıcı sistem elamanlarına göre yükseklikleri değişik nedenlerle azaltılmış, başka bir deyişle rijitlikleri arttırılmış olan kolonlar aşırı değerlere varan kesme kuvvetleri nedeniyle ağır hasar ya da göçmenin başlıca nedenlerini oluşturur. Zemine kısmen gömülmüş bodrum katları ve ıslak hacimlerde oluşturulan yatay bant pencereler, bina cephelerinde kolondan kolona yapılan rijit parapetli pencere düzenlemeleri ile merdiven sahanlıklarını taşımak için bina taşıyıcı sistemine eklenen ara giriş ya da perdecikler kısa kolon oluşumuna yol açmaktadır [7,26,27]. Binalarda kısa kolon oluşumundan kaçınılması önerilir. Zorunlu olduğu durumlarda duvar ile kolon arasında ezilebilen türden bir malzeme yerleştirilmesi ya da bant pencere durumunda kolona yakın bölümlerin duvarla kapatılması uygun olacaktır. Kısa kolon olan bölgede sık etriyelerin uygulandığı binalarda bile ağır hasarın gözlemlendiği durumlarla karşılaşmıştır; bu durumlarda etriye sıklaştırmasıyla beraber betonun kalitesinin de iyi olması gerekmektedir. Çelik çerçeve türü yapılarda kısa kolon olan bölgede kolon gövdesine enine takviye elemanları ya da ek gövde levhaları uygulanabilir. Kısa kolonlara yukarıda açıklanan ve yaygın olarak gözlenen durumların dışında, yeni binalarda da rastlanmaktadır. Özellikle çok katlı binaların çekirdek/perde dışında kalan düşey elemanları büyük boyutlarda kare en kesitli, yüksekliği oldukça sınırlı elamanlardır. Bu tür elamanlarda da kesme kuvveti taşıma gücünün her zaman eğilme momenti taşıma gücünden büyük olması sağlanmalıdır [36].

Ayrıca taşıyıcı sistem hatası olarak görülen, bodrum katlarda kolon aralarında sürekli olarak bulunan bant pencere ve ara kat merdiven sahanlıklarında konulan girişlerden dolayı normal kat yüksekliğindeki kolon, kısa kolon davranışı göstermektedir. Projelendirme, normal kat yüksekliğindeki kolona göre yapıldığından, kısa kolon davranışı yapan kolon daha büyük kesme kuvvetine maruz kalarak beklenmeyen bir kırılma gösterecektir [12].

Rijit yetersizliği; kuvvetli yer hareketlerinde mertebe etkilerinin en aza indirilmesi ve taşıyıcı olmayan bölme duvarlardaki hasarın artmaması için yapı taşıyıcı sisteminin yanal rijitliğinin yeterli düzeyde olması gerekir. Deprem bölgesinde ağır hasar gören ya da göçen binalar üzerinde yapılan incelemede yapıların çoğunda yeterli yatay rijitlik sağlayacak düzenlemelere rastlanamamıştır. Yanal rijitliği yetersiz, düzensiz bir taşıyıcı sisteme sahip, planda ve düşeyde uygun olmayan bölme duvarı düzeni olan, beton kalitesi yetersiz ve donatı düzenleme ilkelerine uyulmadan inşa edilmiş pek çok betonarme iskelet/karkas türü binada göçme ya da ağır hasar görülmüştür. Büyük şehirlerimizde sıkça karşılaşılan “taşıyıcı olmayan duvarların kaldırılması” düşeyde sürekliliğin bozulmasına neden olmaktadır.

Yapı taşıyıcı sisteminde; düşey taşıyıcı sistem elemanları yeterli en kesit ölçülerinde olsalar bile beton kalitesindeki düşüklük betonun elastisite modülünde azalmalara neden olduğu için sistemin yatay yer değiştirmelerinin sınırlandırılmasını güçleştirmektedir. Projelendirmede; yapıya etkimesi beklenen deprem yüklerinin yeterli düzeyde alınmaması, düşey taşıyıcı elemanlar olarak yeterince büyük en kesitli kolon ya da perde/düşey çelik kafes kiriş kullanılmaması, yüksekliği az, genişliği fazla ağır yassı kirişli sistemlerin önlem alınmadan kullanılması, yumuşak kat oluşumları ve taşıyıcı sistem malzemesinin kalitesinin düşüklüğü yapıların depremde aşırı yatay yer değiştirme yapmalarına neden olmaktadır. Zemine kısmen ya da birkaç katı tümüyle gömülü bodrum katları bulunan ve bodrum katları çevresinde betonarme perdeleri olan yapıların deprem davranışının daha olumlu olduğu gözlenmektedir. Döşeme sistemlerinde, yüksekliği az olması nedeniyle sıkça tercih edilen dişli ve kirişsiz döşemeli yapılarda yeterli yanal rijitliği sağlayacak düşey elemanların olmaması deprem hasarını arttırmaktadır. Değişik katlarda farklı döşeme sistemlerinin uygulanmasından kaçınılması gerekir.

Yüksek yapıların deprem tasarımı bakımından başlıca özellikleri esnek yapılar olmalarıdır. Deprem bölgeleri haritasında birinci derece deprem bölgeleri Türkiye alanının %42'ne ulaşmaktadır. Birinci derece deprem bölgelerinde yapılacak yüksek yapıların bu bölgelerdeki aktif fayların yakın alanında olması deprem tasarım kuvvetlerini önemli ölçüde etkilemektedir. Dolayısıyla bu durumda olabilecek yapılar için Türkiye Deprem Yönetmeliğinde verilen tasarım spektrumları ile yetinilmemesi ve yakındaki aktif fayların üretebileceği deprem magnitüdleri hesaplanarak buna göre deprem tasarım kuvvetlerinin belirlenmesi en gerçekçi yaklaşımdır [36].

Kısa kiriş; kısa kolona benzer biçimde, dolgu duvarlarının açıklığının tamamında yapılmaması, düşeyde bant pencere oluşturulması ve birbirine çok yakın kolonların arasında bulunan kirişler kısa kiriş durumundadır. Aşırı büyüklükte kesme kuvveti etkisinde kalan bu tür elemanlarda donatı düzenlenmesine özen gösterilmelidir. Betonarme perde+çerçeve sistemlerde, boşluklu perdelerde bağ kirişlerin durumu konuya örnek olarak verilebilir. Tünel kalıp yöntemi ile inşa edilmiş çok katlı binaların çoğunda, bağ kirişi olarak hesaplanıp detaylandırılmamış pek çok kısa kirişte eğilme+kayma çatlakları görülür [6].

Kuvvetli kiriş-zayıf kolonlar; göz önüne alınan deprem doğrultusunda her bir kolon-kiriş düğüm noktasında kolon taşıma gücü, o düğüm noktasına saplanan kirişlerin taşıma gücünden büyük olması kiriş kırılma mekanizması oluşması için önemlidir. Çünkü yatay ve düşey yükler altında çalışan kolonların geçerek devre dışı kalması yapının bütününe göçmesiyle sonuçlanır. Kolonda değil de kirişlerde meydana gelecek hasar, yapının bütününe tehlikeye sokmaz, o bölgede kalır. Deprem bölgelerindeki çoğu binada göz önüne alınan

doğrultudaki kiriş boyutları dolayısıyla rijitlikleri, birleştiği kolonun boyutlarına ve rijitliğine göre çok yüksek olduğu gözlenmiştir. Kuvvetli kiriş-zayıf kolon birleşiminde kolon kırılarak göçmüş veya ucunda mafsallar oluşarak binanın bütünüyle şekil değiştirmesine neden olmuştur.

Yumuşak/zayıf kat; zemin katı işyeri olarak kullanılan, vitrin cephesi, duvarları ile ara bölme duvarları bulunmayan ve kolonları narin olan zayıf bölgeler “yumuşak kat” olarak isimlendirilir. Betonarme yapılarda, bölme duvarlar esas taşıyıcı elamanlar sayılmasa da, hesaplarda duvarların taşıyıcı sistemce yatay deprem kuvvetlerinin taşınmasında az da olsa dayanımı artırarak yardımcı olurlar. Alt katları ticari amaç için kullanılan, üst katları çerçeveler arası dolgu duvarlarla kapatılan binaların, alt kat rijitliği üst kata oranla daha az olduğu, dolayısıyla kat yanal ötelemesi fazla oluşu deprem etkisinin en etkili olduğu zemin katların kolonlarının göçmesine ve sonucunda bir katın yok olmasına neden olur [12].

Birden fazla işlevli binaların zemin katlarında ticari amaçlarla bölme duvarların yapılması, üst katlarda var olan dolgu duvarların zemin katlarda yapılmamasına yol açmaktadır. Ayrıca bu katların normal katlara oranla daha yüksek olması deprem sırasında oluşan enerjinin büyük bir bölümünün bu katlar düzeyinde yutulması durumunu ortaya çıkarmaktadır. Bu tür yumuşak/zayıf zemin katların bulunduğu binalar deprem esnasında ağır hasar görmektedir [6].

Yapım ve hesap kolaylığı nedeniyle ek bir önlem alınmadan gerçekleştirilen bu uygulama, depremde bütün enerjinin bu katta tüketilmesi sonucunu doğurmakta ve böylece yumuşak/zayıf kat oluşumu ile pek çok binanın göçmesine ya da ağır hasarlı duruma gelmesine neden olmaktadır [36]. Şekil 2.13. deki 17.08.1999 Adapazarı Depreminde çekilen yapının zemin katında hemen hemen hiç duvar bulunmadığı için taşıyıcı sistemi rahatlıkla görülebilmektedir. Yüksekliği beş metrenin üzerinde olduğu görülen bu kat, bir galeri olarak tasarlandığı için dış yüzeyleri geniş camekânlarla çevrelenmiştir. Bu yapıyı tasarlayanlar ise mimari kaygılar nedeniyle binanın ön cephesinde hiç deprem perdesi yerleştirmeyerek hem bir “yumuşak kat”, hem de yüksek oranda “burulma” düzensizliği oluşturmuşlardır [46].



Şekil 2.13. Yumuşak kat davranışı

2.1.12.2. Yanlış Donatı Düzenlenmesinden Kaynaklanan Hasarlar

Donatı detayı yetersizliği; depremler sonrasında hasara veya göçmeye neden olan donatı detayı ile ilgili kusurlar aşağıda sıralanmıştır.

- Donatı kenetlenme boyunun yetersiz olması,
- Gerekli yerlere etriye yapılmaması,
- Kiriş ve kolon uçlarında etriye sıklaştırılması yapılmaması,
- 135° kanca yapılmaması,
- Kolon-kiriş birleşim bölgelerindeki donatıların, üstlerine gelen yükleri iyi iletmemeleri,
- Sargı donatısına önem verilmemesi.

Kolonun depremde sağlıklı davranması; uçlarının sarılması yanında, kesit boyutlarının büyük seçilmesine de bağlıdır. Eksenel yük yönetmelik sınırlarında tutulduğunda, yapı davranışı sağlıklı olmaktadır.

Kolon boyuna donatısındaki bindirmeli ekler olabildiğince kat yüksekliği ortasında yapılmalıdır. Kat düzeyinde oluşturulan bindirme ekleri, momentin en büyük olduğu yere rastlamaktadır. Ülkemizde genelde bindirme boyu da yönetmeliğin öngördüğünden kısa olmaktadır. Bu, son derece yanlış ve tehlikelidir [62].

Donatı düzenlemesi; betonarme  er eve türü binalarda deprem kaynaklı hasar; en çok zorlanan kiriş-kolon birleşim bölgelerinde oluşmaktadır [7,26]. Bu bölgedeki hasar kolon uçlarında, kiriş uçlarında ya da düğüm noktasında kalıcı şekil değiştirmeler sonucu oluşmaktadır [36]. Betonarme döşemeler; kolon-kiriş birleşim yerine yanal destek vererek yanal burkulmayı ve ek yerinin zayıflamasını önlemektedir. Daha yüksek dayanımda kaynak malzemesinin kullanılması, kaynak alanını artırmak, kiriş alt ve üst ucuna g sseler eklemek gibi önlemler alınabilmektedir.

Plastik mafsallaşmanın kiriş-kolon ara yüzeyinden daha uzakta oluşmasını sağlayacak moment bağlantıları geliştirilmelidir. Kolon-kiriş ek yerine atölyede yapılmış dişler kaynaklanabilir, kiriş flanş ve gövdeleri bu dişlere k t kaynaklı olarak birleştirilebilir. Kirişlerin kolonlarla birleştiği yerlerde kiriş örtü levhaları kullanılarak daha iyi davranış sağlanabilir [4]. Kiriş ve kolon uçlarında oluşabilecek eğilme çatlaklarının onarılabilmesine karşın, düğüm noktası bölgesinin üzülmesi/dağılması durumunda etkin bir onarım yöntemi bulunmamaktadır.

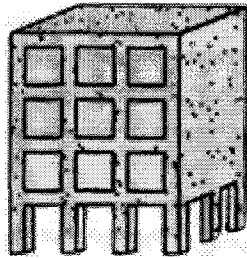
Diğer taraftan kolon ve kiriş uçlarında oluşan eğik kesme/kayma çatlakları onarımı olanaklı olmakla birlikte yapı güvenliğini tehlikeye sokabilecek bir durumdur. Kiriş-kolon birleşim bölgesi hasarları ile kolonlarda basınç kırılması, çoğu zaman yapının onarılmasını/güçlendirilmesini olanaksız kılan, onarım ya da güçlendirme yapılabilse bile etkinliği tartışılan türden hasarlardır. Bu gibi nedenlerle, düğüm noktalarında ve kolon uçlarında herhangi bir çatlak oluşumu, dağılma/ z lme, plastik mafsallaşma istenmez; kolonların

kirişlerden daha güçlü yapılması, düğüm noktasının gereği gibi donatılması, elemanların kayma dağılımının eğilme dayanımından daha büyük olmasının sağlanması ve gerekli detaylandırma ile olanaklıdır. Deprem bölgesinde değişik düzeylerdeki hasarlı ya da göçmüş binalarda yapılan incelemede sözü edilen bu kurallara uyulmadığı, betonarme binaların kolon ve kiriş uçlarındaki sarılma bölgesinde enine donatı sıklaştırılmasının genellikle yapılmadığı, kolon-kiriş bölgelerinde kolon etriyelerinin devam ettirilmediği görülmüştür. Çok büyük kesitli kolonlarda Ø6 gibi ince denilebilecek etriyelerin yaygın olarak kullanıldığı, çift ya da çok kollu etriyenin genelde kullanılmaması sonucu hasarlar oluşmaktadır.

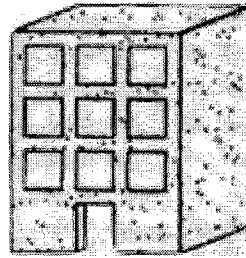
Enine donatı ile yeterince kuşatılmamış betonarme bir elemanda maksimum birim kılma, betonun dağılmadan istenen süneklik düzeyine ulaşması için yeterli olmamaktadır. Yeterli/gerekli miktar ve düzenlemedeki enine donatı, kesitin kesme kuvveti taşıma gücünü artırması, betonarme elemanın çekirdek/orta bölgesinde basınç etkisinde kalan betonun dıştan kuşatılmasının sağlaması ve boyuna donatının burkulmasının önlemesi gibi görevleri vardır. Bu değerlendirme kapsamında, betonarme yapılarda deprem hasarlarının en aza indirilmesinde enine donatı miktarı ve düzenlemesinin önemi açıktır. Araya beton girmesine olanak sağlamayan boyuna donatı düzenlemelerine, kiriş ve kolonların mesnet bölgelerinde ve donatıların filizlerle eklendiği bölgelerde rastlanmaktadır. Bu sorun uygun detaylandırma ve donatı seçimi ile giderilebilir [36].

2.2. Bina Oluşturulurken Doğrular ve Yanlışlar

YANLIŞ



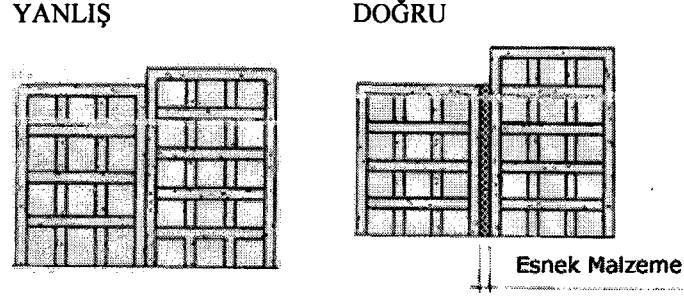
DOĞRU



Şekil 2.14. Yumuşak/zayıf katlar

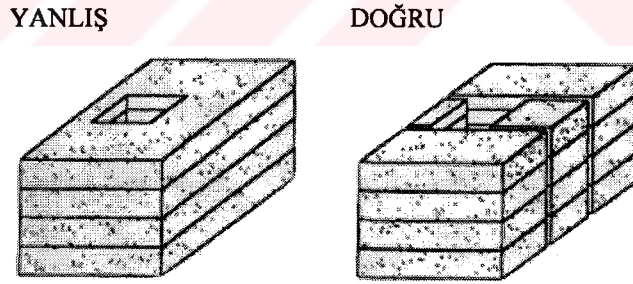
Binaların giriş katlarına mağaza, restoran gibi ortamların oluşturulması amacıyla kolonlar arasındaki dolgu duvarlar veya perdeler kaldırılarak yapılan yumuşak (zayıflatılmış) katlar binalarda yıkımlara neden olabilir. Bu durumlarda binayı sağlamlaştırmak için bazı

boşluklarda betonarme perde duvarı oluşturulmalı, tüm kolonlar yıkılmayı önleyecek yeterlilikte boyutlandırılmalı ve tüm kat yüksekliği boyunca enine donatılarla (etriye) kuralına uygun sarılmalıdır.



Şekil 2.15. Bitişik nizam bina düzenlemesi

Yan yana yapılan, bitişik nizam yapılar olarak adlandırılan binalar deprem sırasında eş zamanlı olmayan salınımlar yaptığından dolayı çarpışmalar oluşmaması için araya deprem derzi konulur. Deprem derzi konulmayan, kat yükseklikleri ve kat hizaları birbirinden farklı düzeyde bulunan bitişik nizam yapılar, birinin döşemesi diğerinin kolonuna çarparak yıkılması ve ağır hasar görmesine neden olur [12]. Ayrıca iki ayrı binanın her bir kat seviyesi aynı olmalıdır.



Şekil 2.16. Dikdörtgen planlı bina

Yatay düzlemde L, T, U ve kare tipi tasarımlar deprem esnasında burulma hasarı oluşturacağından bina dikdörtgen planlı parçalara ayrılmalıdır.

YANLIŞ

DOĞRU



Şekil 2.17. Planda kolon ve perde düzenlenmesi

Planda kolon ve perdeler dengeyi ve burulmayı oluşturmayacak biçimde düzenlenmelidir.

YANLIŞ

DOĞRU



Şekil 2.18. Kolonların yerleştirilmesi

Kolonların güçlü boyutları her iki doğrultuda da dengeli bir biçimde dağıtılmalıdır.

YANLIŞ

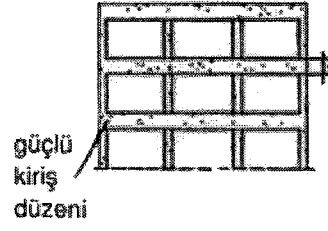
DOĞRU



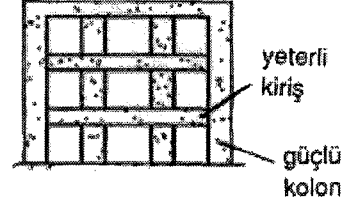
Şekil 2.19. Temel düzenlemesi

Binalar eğimli arazide inşa edilmiş olsalar dahi temeller aynı seviyede olmalıdır.

YANLIŞ



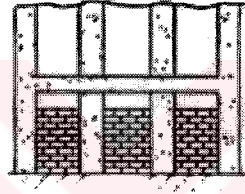
DOĞRU



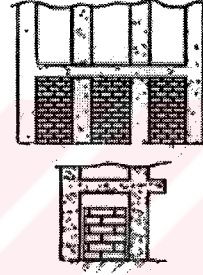
Şekil 2.20. Binalarda kolon düzenlemesi

Binalarda kolonlar kirişlerden daha güçlü olmalıdır.

YANLIŞ



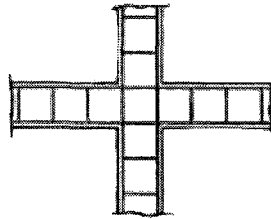
DOĞRU



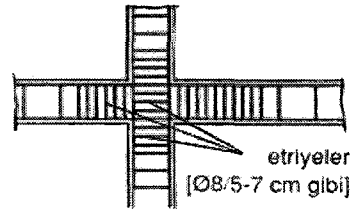
Şekil 2.21. Binalarda kısa kolon düzenlemesi

Binaların özellikle bodrum katlarında sıkça görülen ve taşıyıcı sistemde kısa kolon etkisi oluşturan tasarımlardan kaçınılmalı veya kısa kolonlar enine donatı (etriye) ile kuralına göre sarılmalı ya da duvar ile kolon arasında uygun aralıkta boşluk bırakılmalıdır.

YANLIŞ

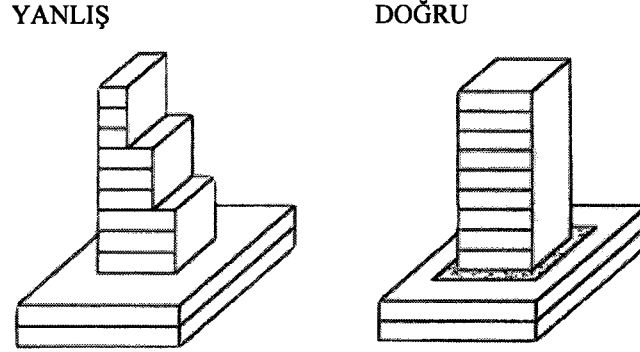


DOĞRU



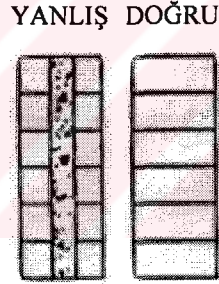
Şekil 2.22. Kolon ve kiriş birleşim bölgelerinde etriye sıklaştırılması

Kolon ve kiriş birleşim bölgelerinde enine donatılar (etriye) Türkiye Deprem Yönetmeliği'nde belirtilen sıklıkta yerleştirilmelidir.



Şekil 2.23. Binalarda düşey doğrultuda düzensizlik

Binalarda düşey doğrultuda düzensizlik oluşturacak tasarımlardan kaçınılmalı ve binalar derzlerle birbirinden ayrılmalıdır.



Şekil 2.24. Binalarda dış duvarlar

Binalarda ısı yalıtımı sağlamak amacıyla çift sıra inşa edilen, taşıyıcı özelliği olmayan dış duvarlar, deprem esnasında kolayca yıkıldıkları için can kayıplarına sebebiyet vermektedir. Bundan dolayı, dış duvarlar bütün olarak inşa edilmelidir [57].

Statik ve betonarme hesaplar yapılırken, yapının gerçek davranışına yakın varsayımlar yönetmeliklerin çerçevesinde yapılmalıdır. Bir yapının davranışı hesaplara göre değil, inşa ediliş şekline göre belirlenir. Bundan dolayı hesapların inşa ediliş şeklinde gösterecek davranışla uyum içinde olması gerekir. Yapının fonksiyonu bir başka amaçla kullanılacağı zaman bu durumda kesitlerin boyutları ve donatıları kontrol edilmelidir. Deprem bölgesinde yapılacak yapıların betonarme hesabı “TS 500” ve “Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik” esaslarına göre yapılmalı ve kontrolleri sağlanmalıdır [12].

3. MALZEMEDEN KAYNAKLANAN YAPI HASARLARI

Malzeme standardizasyonunda; ön görülen standartlarda malzeme kullanılması, malzeme seçimi, malzeme kalitesi önemlidir. Kullanılan malzemelerin iyi nitelikte olmaması, yapıların bozulmasını hızlandırmaktadır [60]. Yapının toplam performansı, yapıyı oluşturan malzemelerin göstereceği performansa bağlıdır. Buda, malzemelerin yapının faydalı ömrü boyunca tasarlanan fonksiyonları yerine getirebilme yeteneğini ifade eder. Malzeme performansı farklı malzemelerin aynı koşullarda ya da malzemelerin farklı koşullarda farklı davranış göstermesine bağlıdır. Başka bir ifadeyle malzeme performansı malzeme özelliklerinin farklı olması ya da koşullarının farklı olmasına göre değişmektedir [39]. Malzemenin seçiminde, uygulanacak olan yüklere karşı malzemenin gösterdiği direnç göz önünde bulundurulması gereken en önemli hususlardan birisidir [38]. Malzeme üretiminde ne kullanıldığı belli olmayan, üstünde TSE belgeli olmadığı halde TSE işareti olan malzemeler yer almaktadır [19].

3.1. Suni Taş Yapı Malzemeleri ve Genel Özellikleri

Beton; iri agregası (çakıl, kırma taş vs.) ile bunların aralıklarını dolduran ince agregası (kum) ve bu topluluğu birbirine bağlayan çimento ve su karışımının donması ve sağlamlaşmasından meydana gelir. Yeterli mekanik dayanıma sahip olmayan, su karşısında kararlı olmayan, sülfat etkisine yol açan, çimento ile alkali reaktivite olayına sebep olan agregalar betonda dayanımı ve mukavemeti düşürdüğü için kullanılamaz. Harç; bileşimine göre ince agregası (kum), bağlayıcı madde ve sudan yapılan bir yapı malzemesidir. Bağlayıcı türüne göre; çimento harçları, kireç harçları, melez harç (kireç+çimento), alçı harçları adını alırlar.

Beton çağdaş toplumların temelini oluşturan malzemelerin en önemlilerinden biridir. Çevremize baktığımızda, binalar, yollar, köprüler, barajlar, santraller, istinat duvarları, su depoları, limanlar, hava alanları, kent mobilyaları vb. betondan yapıldığını görürüz. Günümüzde, dünyada her yıl yaklaşık 5,5 milyar ton beton üretilmektedir. Pek çok yapı malzemesine göre daha kolay şekil verilebilir olması, ekonomik olması, dayanıklı olması, üretiminde daha az enerji tüketilmesi, her yerde üretilebilir olması, estetik özellikleri nedeniyle beton en çok kullanılan yapı malzemesidir.

3.1.1. İç Yapı Özellikleri

Hazır beton; çimento, agregası (kum, çakıl, kırma taş), su ve gerektiğinde bazı katkı maddelerinin belli bir üretim teknolojisine uygun olarak karıştırılmasıyla elde edilen,

başlangıçta plastik ya da akıcı kıvamda olup, şekil verilebilen ve zamanla katılaşarak sertleşerek, mukavemet kazanan önemli bir yapı malzemesidir [56,58,59].

Tablo 3.1. Beton karışım oranları

Çimento	Su	Hava	İnce Agregası	Kaba agregası
% 7–15	% 14–18	% 0,5–8	% 24–28	% 30–50

Tablo 3.2. Suni taşların malzeme özellikleri

	Beton		Harç		
	Yoğun agregalı	Hafif agregalı	Kireç harcı	Çimento harcı	Alçı harcı
Birim hacim ağırlığı Δ (gr/cm ³)	2.2–2.4	0.3–2	1.9	2.1	2.2
Yoğunluk P (kg/m ³)	2600		1900		

Birim hacim ağırlık; iyi şartlarda üretilmiş yoğun agregalı betonun birim hacim ağırlığı 2.2–2.4 gr/cm³, hafif agregalı betonunki ise 0.3–2 gr/cm³'dir. Betonun ağırlığının küçük olması malzeme içinde fazla boşluk bulunduğunu ve düşük mukavemete sahip olabileceğini gösterir. Harçların bağlayıcı türlerine göre yoğunluğu 1900 kg/m³, betonun yoğunluğu ise 2600 kg/m³ dir. Hafif betonların yoğunluğu daha düşüktür.

Gözenek yapısı; betonun porozitesi; geçirgenlik, ısısal iletkenlik, ses emiciliği gibi diğer özelliklerini de etkiler. İdeal beton boşluksuz ve sıkı bir yapıda olmalıdır. Dolu bir beton mekanik yönden yüksek mukavemetli olması yanında aynı zamanda geçirimsizdir. İnce ve iri agregası oranları yani granülometri önem kazanmaktadır. Beton üretiminde agregası tanelerinin çimentoya yapışabilmesi için tane yüzeylerinin ince bir su ile ıslanması gerekir. Tane boyutu küçüldükçe tanelerin toplam yüzeyi artar. Toplam yüzey arttıkça da bu yüzeyleri ıslatmak için gereken su artacaktır. Bu su hidrasyon için gerekenden fazladır ve çimentoya bağlanmaz. Bu fazla su nedeni ile oluşan boşluk beton niteliklerini zedeler, mukavemeti düşürür, geçirimsizliği artırır. Kompasitesi (doluluk oranı) yüksek, iyi işlenebilir bir harç yapımında kullanılan kumun granülometrisi büyük önem taşır.

Asit-baz özellikleri; beton karışımında kullanılan suyun asit özellikte olması, pH'nın 7 veya 7'nin üzerinde olması gerekmektedir.

3.1.2. Mekanik Özellikleri

Betonun mukavemeti onu meydana getiren agregası, bağlayıcı ve su miktarına bağlıdır, bu etkenlerden en önemlisi ise ç/s oranıdır; yani 1m³ betona konulan çimento ağırlığının, su

ağırlığına oranıdır. Betonun mekanik mukavemeti ve elastikiyet modülü zamanla artış göstermektedir. Harç türleri arasında çimento harcı yüksek mukavemete, alçı ve kireç harcı ise düşük mukavemete sahiptir.

Basınç ve çekme dayanımı; betonun mekanik mukavemetleri arasında en önemli olanı basınç mukavemetidir. Beton basınç mukavemeti zamanın bir fonksiyonudur ve mukavemet yıllar sonra elde edilir. Ancak 28 günlük mukavemet esas alınır. Betonun basınç mukavemeti 16-50 N/mm²'dir, hafif betonların basınç mukavemeti düşüktür. Basınç dayanımı betonun tüm pozitif nitelikleriyle paralellik gösterir. Yüksek basınç dayanımlı beton doludur, serttir, su geçirmez, dış etkilere dayanır, aşınmaz. Betonun basınç dayanımını etkileyen faktörler;

Çimento ile ilgili faktörler: Çimento cinsi ve miktarı basınç dayanımını etkiler. Çimento dozajının yüksek olması mukavemeti artırır, çimento miktarının artması rötreyi artırır. Rötrenin artması çekme mukavemetinin yüksek değerler almasını engeller. Dayanıma etkileyen faktör sadece dozaj olmayıp çimento/su oranı da etkilidir. Agregada karışımında ince tane miktarı fazla ise çimento dozajı büyük olmalıdır.

Su miktarı ile ilgili faktörler: Az veya fazla miktarda su kullanıldığı zaman mukavemette azalma olur. Suyun az olması, çimentonun hidrasyon olayını tam olarak yerine getirememesinden dolayı, betonda boşluklar kalmasına neden olur. Fazla olması ise, çimentonun mukavemetini azaltarak boşlukları arttıracaktır.

Beton kompozitesi: 1m³ betondaki katı elemanların (agrega ve çimento)kapladığı mutlak hacimlerin toplamıdır. Kompozitesi yüksek olan betonun basınç dayanımı doğal olarak yüksektir.

Dış etkiler; rutubeti yüksek tutarak ve sıcaklığı 60°C'nin üzerine çıkararak mukavemet artışı hızlandırılır. Bağıl nemin %50'nin altına düşmesi betondaki suyun buharlaşması ve hidrasyon için gerekli suyun kalmamasına yol açar.

Gevrek bir malzeme olan betonun çekme dayanımı, basınç dayanımının 1/8 ile 1/14'ü arasındadır. Beton 1.5-3.5 N/mm² arasında çekme dayanımına sahiptir. Pratik olarak betonun hiç çekme almadığı, hemen çatladığı varsayılır ve beton sadece basınca çalıştırılır. Çekme ve basınç dayanımlarının zaman içindeki artışı da farklıdır. Çekme dayanımı ilk günlerde artar, sonra artış hızı azalır. Betonda meydana gelen çatlamaların önemli bir sebebi çekme mukavemetinin yetersizliğidir. Bağlayıcı madde ile agrega taneleri arasındaki aderans çekme mukavemeti üzerinde önemli bir rol oynar. Aderansın zayıf olmasına sebep olan faktörler ve agrega tanelerinin kil ve silt ile kaplı bulunması çekme mukavemetinin çok düşük bir değer almasına sebep olur [16,32].

Harçta basınç mukavemeti; karışımdaki çimento oranı arttıkça artar, su miktarıyla ters orantılıdır. Betona hiç yük uygulanmadan da ortam rutubeti ve sıcaklığına bağlı olarak

deformasyonlar görülebilir. Taze halde iken içerdiği suyun ortam rutubetine bırakıldığında buharlaşma yolu ile kaybolması betonun “rötre” denilen büzülmesine neden olur. Büyük kütleler halinde dökülen betonlarda (örneğin; beton barajlarındaki kütle betonları) yüzeyinin soğuması, iç kısımlarının sıcak kalması nedeni ile “ısıl rötre” meydana gelebilir. Rötre beton açısından kritik bir olgudur. Engellendiğinde, çekme gerilmeleri yaratır. Betonun çekme dayanımının düşük olduğu göz önünde bulundurulursa çekme gerilmeleri çatlakların oluşumuna neden olur. Ayrıca malzeme seçiminde dikkate alınması gereken ve zaman zaman en az diğerleri kadar önemli olan bir husus da “dayanıklılık”tır. Dayanıklılık; bir malzemenin çevre koşullarına karşı direnci olarak tanımlanabilir. Genel olarak, geçirimsizliği az olan, yoğun betonlar diğerlerine oranla daha dayanıklıdır.

Tablo 3.3. Tipik bir betonun çeşitli özellikleri

TİPİK BİR BETONUN ÇEŞİTLİ ÖZELİKLERİ	
Basınç dayanımı	30 N/ mm ²
Eğilme dayanımı	5 N/ mm ²
Çekme dayanımı	3 N/ mm ²
Elastisite modülü	25000 N/ mm ²
Poisson oranı	0,17
Isıl genleşme katsayısı	10 x 10 ⁻⁶ C
Yoğunluk	2300 kg/ m ³

Kayma dayanımı; betonun kayma mukavemeti yaklaşık olarak çekme mukavemetinin 2,5 katıdır. Betonun kayma mukavemeti 3 N/mm², kayma modülü (G) ise 10500 N/mm²’dir.

Sertlik ve aşınma dayanımı; betonun aşınma dayanımı, karışımdaki çimentonun basınç mukavemeti ve inceliği ile doğru orantılıdır. Betonda çimento miktarı agrega miktarına göre daha azdır. Bu sebeple aşınma, agregaların aşınması sonucunda meydana gelmektedir. Bu bakımdan beton imalinde aşınmaya dayanıklı sert agregaların kullanılması ve harcın agregalara tutunabilme yeteneği betonun aşınmaya mukavemetini artırır. Hafif beton, yoğun betondan daha yumuşaktır ve aşınmaya karşı korunması gerekir. Betonda aşınmayı kolaylaştırıcı faktörler; beton harcının çok ıslak olması, yüzeyde aşırı ve erken çalışma, agrega içindeki organik malzemeler, soğuk havalarda ısıtıcıların kullanılmasıyla yüzeyin karbonlaşmasıdır.

Deformasyon-elastisite modülü; yoğun agregalı betonların elastisite modülü 21000 N/mm², hafif agregalı betonların ise 8000 N/mm²’dir. Harcın deformasyon sonucu çatlamasından yapı mukavemet ve dayanıklılık bakımından önemli bir şekilde zarar görür. Çimento harçları yapı hareketlerinde elastikiyet göstermez ve çatlar. Kireç ve melez harçların (çimento+kireç) ise deformasyon yapma kabiliyeti vardır. Harçların poisson oranı servis yükleri

altında 0.20 değerini alır, kırılmaya yakın poisson oranı 1'e yaklaşır. Beton basınç yükleri altında daha iyi davranış gösterdiğinden, betonun dayanımından söz edildiğinde, diğer dayanımlar belirtilememişse, basınç dayanımı anlaşılır. Betonun dayanımı çimento hidratasyonunun bir fonksiyonu olduğundan ve bu işlem de zamana bağlı olduğundan, dayanım belirtilirken çoğunlukla betonun yaşıyla birlikte söylenir. Mühendisler hesaplarında daha çok betonun 28 günlük basınç dayanımını esas alırlar. Dayanım, standart ortam koşullarında (sıcaklık ve nem) tutulan standart boyutlardaki numunelerin ve standart deney yöntemleri kullanılarak belirlenir. Daha önce belirtildiği gibi, birçok yapıda normal dayanımlı (28 günlük basınç dayanımı 20– 40 N/mm²) betonlar kullanılır. Son yıllarda, beton teknolojisindeki gelişmelere paralel olarak, 120 N/mm² basınç dayanımına sahip olan betonları ticari olarak üretmek mümkün olmuştur. Betonun çekme dayanımı ve eğilme dayanımı basınç dayanımının sırasıyla, yaklaşık %10'u ve %15'i kadardır. Basınç dayanımıyla bunlar arasındaki bu önemli fark betonun heterojen ve oldukça karmaşık bir yapıya sahip olmasından kaynaklanır [38,39].

3.1.3. Isı İle İlgili Özellikler

Isı geçirgenliği ve iletkenliği; betonun ısı iletkenliği dozajla ve agreganın cinsiyetiyle ilgilidir. Betonun ısı iletkenlik katsayısı 1.28-1.63 W/Mk'dır. Hafif betonun ısı iletkenliği daha düşüktür (0.35-0.80) W/mK'dır. Harçların bağlayıcı türüne aldığı ısısal iletkenlik değerleri Tablo 3.4 de verildiği gibidir.

Tablo 3.4. Suni taşların ısı iletkenliği ile ilgili özellikleri

	BETON		HARÇLAR		
	Yoğun Agregalı	Hafif Agregalı	Kireç Harcı	Çimento Harcı	Alçı Harcı
Isı iletkenlik katsayısı ($\lambda=W/m\ K$)	1.28–1.63	0.35–0.80	0.87	1.4	0.35
Isısal Genleşme katsayısı $\alpha(x10^{-5})(cm/cm\ ^\circ C)$	10–14	6.5–89	11–13		
Isı biriktirme katsayısı S_{24} (W/m ² K)	18		12		
Özgül ısı($c=Wh/kg\ ^\circ K$)	0.29		0.267	0.29	0.256

Isısal genleşme; sıcaklık değişiklikleri betonun genişlemesine neden olur fakat bunlar geri dönüşümlü hareketlerdir. Betonların ısısal genleşme katsayısı, beton hacminin %80'ini oluşturan agrega türüne ve karışım oranlarına göre 6–14*10⁻⁶ cm/cm°C arasında değişir (Tablo

3.4) ortalama değer $10 \cdot 10^{-6} \text{ cm/cm}^\circ\text{C}$ 'dir [39]. Islak betonda $8\text{--}10^{-6} \text{ cm/cm}^\circ\text{C}$ değerine dūşebilir. Harçların genleşme katsayıları $11\text{--}13 \cdot 10^{-6} \text{ cm/cm}^\circ\text{C}$ arasında değerler almaktadır.

Isı biriktirme kapasitesi; harcın ısı biriktirme katsayısı (S_{24}) $12 \text{ W/m}^2 \text{ }^\circ\text{K}$, betonun ısı biriktirme katsayısı (S_{24}) $18 \text{ W/m}^2 \text{ }^\circ\text{K}$ 'dır.

Özgöl ısı; betonun ve harçların Tablo 3.4.de görüldüğü gibi özgül ısıları birbirine yakın değerler almaktadır. Ancak bu değerler malzemelerin nem miktarına göre değişebilmektedir.

3.1.4. Su ve Nem İle İlgili Özellikler

Su emme, geçirimlilik ve kılcallık; beton üretimi sırasında meydana gelen rötre nedeniyle oluşan çatlaklar sonucu kılcal boşluklar su geçirimliliğe neden olur. Geçirimlilik boşluk miktarından başka boşluk boyutlarına, bunların dağılıma şekline ve birbirleriyle bağlantılı olup olmamalarına bağlıdır. Boşluk boyutu arttıkça suyun malzeme içinden geçişi kolaylaşmakta ve geçirimlilik artmaktadır. Kılcal boşlukların çap ve büyüklüğüne bağlı olarak, yüksek veya düşük basınçlı su geçirimliliği veya su buharı difüzyon kurallarına göre kılcal geçirimlilik meydana gelir.

Tablo 3.5. Suni taşların su ve nem ile ilgili özellikleri

	Beton	Çimento Harcı
Ağırlıkça Su Emme Miktarı (S_a) (%)	1-8	1.30–1.50
Su Geçirimlilik Katsayısı (k) (cm/sn)	10^{-7}	10^{-9}
Kapilarite Katsayısı (K) (cm/ $\sqrt{\text{sn}}$)	10^{-5}	10^{-8}
Rötre Değeri (Δb) (%)	0.2-0.8	0.08-0.12

Betonun su geçirimlilik katsayısı (k) ile belirlenir. Bu ortalama olarak $10^{-6}\text{--}10^{-9} \text{ cm/sn}$ arasında değerler almaktadır. Bu katsayı ne kadar küçükse betonun geçirimsizliği o kadar büyüktür. Betonda geçirimliliği etkileyen faktörlerden biri çimento dozajıdır. Çimento dozajının artması (300 kg/m^3)betonda geçirimliliği azaltmaktadır. Hidratasyon hızı yüksek olan çimentonun geçirimsizliği iyidir. Yani, çimentonun mukavemeti ne kadar büyükse geçirimlilik katsayısı o kadar küçük değer almaktadır.

Diğer bir faktör çimento/su oranıdır. Bu oran düşükse iyi yerleşemeyen betonda büyük ve birbiri ile bağlantılı boşluklar oluşacağından geçirimlilik artar. Oranın yüksek olması, çimento hamurunun buharlaşan fazla karma suyu nedeniyle kılcal boşluklar içereceğinden yine geçirimliliğe yol açar. Optimum oran mukavemet için gereken orandan bir miktar yüksektir.

Kılcallık; basınçlı su geçirimliliğinden farklı bir süreçle meydana gelir. Burada su, yerçekimine rağmen ince kılcal boşlukların içinde yükselir. Zemin suyunun sıva içinde

yükselmesi ve bina cephelerinde çiçeklenme denilen tuz birikmesi olayına yol açması buna dayanır.

Betonun ses emiciliğinde agregaların su emiciliği önemli bir payı vardır. Yüksek ses emiciliği istenilen bir özellik değildir, fakat hafiflik ve ısı yalıtımı yüksek emiciliğin bir sonucudur. Beton büyük gözeneklere sahipse; ilk su emiciliği yüksek olur. Agregaların ve çimento hamurunun içindeki birbiriyle bağlantısız hava dolu gözenekler, ses ve su geçirgenliğini azaltır. Islanıp kuruduğu zaman betonda nem hareketleri (kuruma rötresi) meydana gelir. Beton kuruyunca büzülür, ıslanınca genişler, ilk zamanlardaki nem değişiklikleri geri dönüşümlü değildir, daha sonrakiler ise geri dönüşümlüdür. Rötre hareketleri karışımın zenginliği ve su/çimento oranı ile rijit agrega kullanılmadığı ve hafif agrega kullanıldığı yerde artar. Rötre gerilmeleri betonun çekme mukavemetini aşarsa, kırılmalar gerçekleşebilir. Hafif betonlarda nem hareketleri (kuruma rötresi) yüksektir. $497-825 \text{ kg/m}^3$ yoğunluktaki hafif betonların su emiciliği yoğun betondakinden 4-8 kat daha fazladır.

Harca su girmesi zararlıdır, doğal hava şartları altında bu suyun donup erime aşamaları duvarın patlamasına neden olabilir. Harca giren su, harcın içindeki tuzları da çözer. Bu tuzlar daha sonra duvarın yüzeyine çıkar, kuruma sonrası da kristalleşir. Harcın su tutuculuğu, yüksek emicilik oranında hızlı su kaybını ve plastiklik özelliğinin kaybolmasını önler.

Harcın rötresi; bağlayıcı türü, miktarı ve su ile doğru orantılıdır. Yağlı kireç harçları bünyesine CO_2 aldığından hacim artmasına, çimento harçları hidrasyon olayı sonucu hacim eksilmesine (rötre) uğrar. Rötre dolayısıyla meydana gelen çatlaklar geçirimsizliği arttırıcı ve mukavemeti düşürücü niteliktedir [13]. Harçta geçirimsizliği sağlamak için doluluğu arttırmak gerekir. Bunun içinde granülometri çok önemlidir. Harcın granülometrisini düzeltmek amacıyla pasif ya da aktif tozlar katılır. Çimento harçlarının geçirimsizliği ve mukavemeti yüksektir (Tablo 3.5). Kireç harçları ise, suda çözüldüğünden suya maruz kalan yerlerde kullanılmamalıdır.

Buhar geçirgenliği; betonun buhar geçirimsizlik katsayısı (δ) $0.03 \text{ gr/m.h.mmHg'dir}$. Beton su buharına karşı tamamen geçirimsiz değildir. Harçların bağlayıcı türüne göre buhar difüzyon direnç faktörleri şöyledir;

Çimento harcı $\mu = 30$

Çimento-kireç harcı $\mu = 25$

Kireç harcı $\mu = 15$

Kireç-alçı harcı $\mu = 9$

Alçı kireci $\mu = 4$

Donma mukavemeti; donma çözülme tekrarlarında betonun zarar görmesi, boşluklarına girecek suyun donması ve donmadaki hacim genişlemesinden dolayıdır. Betonun boşluklarının tamamen su ile dolmaması halinde donma olayının zararlı bir etkisi bulunmamaktadır. En az 25 donma-çözülme tekrarı sonucunda basınç mukavemetinin %20'den veya dinamik elastisite modülünün %30'dan fazla azalması malzemenin donmaya dayanıklı olmadığını gösterir.

Betonun boşluklarında suyun donması sonucu %9'u bulan hacim artışının meydana getirdiği çekme gerilmeleri, betonun çekme mukavemetini aştığı takdirde betonda çatlaklar ve parçalanmalar görülür. Betonun donma sonunda parçalanmasına neden olan en önemli faktör malzemenin içerdiği su miktarının fazla olmasıdır. Buna karşılık kuru betonlar yani boşluklarında su bulunmayan betonlarda donma olayı tamamen etkisizdir.

Betonun içindeki suyun bir kısmı yoğurma suyuna ait, bir kısmı da beton tarafından emilen sudur. Su, beton içine geçirimsizlik ve kılcallık olmak üzere iki şekilde girmektedir. Betonun donmaya karşı dayanıklılığı için yoğurma suyu miktarının az olması ve betonun geçirimsizlik özelliğine sahip olması gerekmektedir. Geçirimsizlik çimentonun hidrasyonu ile birlikte artmakta olduğundan betonların donmaya dayanıklılıkları da zamanla birlikte artan bir özelliktir. Aynı şekilde kapilarite yolu ile betonun az su emmesini sağlamak da donmaya dayanıklılığı artırır [39]. Düşük su/çimento oranı ile yapılan betonda bu kapiler boşluk sistemi minimum seviyededir, bu yüzden donma etkileri sebebi ile daha az hasar görür. Donma-çözülme etkilerine karşı alınabilecek diğer bir önlemden hava sürükleyici katkıları kullanmaktır. Bu tip katkıları birbirlerine kılcal bağlı olmayan bir boşluk sistemi oluştururlar ve donmaya karşı dayanımları yükselir [3].

İçerdiği nem miktarı; beton donup sertleşirken içindeki su miktarında, dolayısıyla da hacminde değişiklikler meydana gelir. Bu olay sadece hava ile temas ederek gerçekleşirse hacmi küçülür, büzülür, rötre yapar. Priz, suyun içinde meydana gelirse hacim büyür. Böylece boyutlarındaki değişiklik zamanla birlikte artmakta ve beton ancak 1 yıl geçtikten sonra boyut bakımından kararlı bir durum almaktadır. Büzülme daha önemli olup, hacim genişlemesinin 4 katıdır. Rötre, beton içindeki suyun buharlaşmasıdır. Havanın rutubet derecesinin düşük olması, buharlaşmayı kolaylaştırdığından rötreyi artırır. Betonun rötresi, çimentonun su tutma kabiliyeti azaldıkça, çimentonun inceliği büyüdükçe, çimento miktarı fazlaştıkça, agregada ince tanelerin miktarı arttıkça, agregada çakıl veya kırma taşın boyutları küçüldükçe artar [13].

3.1.5. Ses İle İlgili Özellikler

Ses geçirimsizliği; beton yapı elemanları ses yalıtımında yetersiz kalır. Sert bir malzeme olduğu için darbe sesini büyük bir oranda iletir. Bu yüzden yapı ve planlama olarak, ses yalıtımı ile ilgili problemlerde önlemler alınması gerekir. Diğer yapı malzemeleri gibi betonda ağırlığı

oranında ses yalıtımı sağlar. Betonun birim hacim ağırlığı dolayısıyla yoğunluğu arttıkça ses geçirimsizliği azalır. Ancak betona sıva gibi bir bitiş malzemesi eklenmesi, ağırlığının bir miktar artırılmasından daha iyi yalıtım sağlar [17]. Betonda sesin yayılma hızı 4000 m/sn' dir.

Ses yansıtma ve yutuculuğu; betonda birim hacim ağırlığı arttıkça, ses geçirimsizliğinden farklı olarak ses yansıtıcılığı da artmaktadır. Betonda ses yutuculuk değeri (α) 0.02 m/sn (500Hz için), çimento ve kireç harcında 0.02 m/sn, alçı harcında ise 0.03 m/sn [13].

3.1.6. Elektrik İle İlgili Özellikler

Betonun elektrik iletkenliği dozajla, agreganın cinsiyle ve rutubet ile yani içinde bulunan oldukça iyi bir iletken olan suyun miktarı ile yakından ilgilidir. Bu bakımdan havada kurumaya terk edilen betonun elektriksel direnci zamanla hızlı bir şekilde artar. Tamamen sertleşmiş kuru bir betonun iletkenliği $5-10 \times 10^{-7}$ ohm iken, pratikte ihmal edilebilecek kadar azdır [32].

3.1.7. Işık İle İlgili Özellikler

Malzemenin yüzey özelliklerine ve rengine göre; yansıtma, emme veya ışığı geçirme şeklinde olmaktadır. Beton suni taş bir malzeme olarak opak özelliktedir ve ışığı geçirmez. Açık renk beton yüksek yansıtıcılığa, koyu renk ise yutuculuğa sahiptir.

3.1.8. Fiziko-Kimyasal Özellikler

Çeşitli kimyasallar ve dış atmosfer koşullarının etkisi; dış ortam sertleşmiş betonu fiziksel ve kimyasal yönden hasara uğratar. Fiziksel etkenler; donma-çözülme, ardarda oluşan ıslanma-kuruma, trafik araçları, kum fırtınaları, deniz, göl dalgalarının yaptığı aşınmalardır. Kimyasal etkenler arasında asitli, sülfatlı, klorlu suların ve atmosferin varlığı bulunur. Betonların kimyasal dayanıklılığını artırmak için beton geçirimsiz olmalıdır [39]. Atmosferik etkiler yağmurun, donma-çözülmenin, güneş ışığının ve atmosferik kirliliğin doğurduğu, betonun dışında bulunan ince koruyucu tabakayı yıpratın, bozulmasına sebep olan etkidir. Atmosferde bulunan ince tozlar beton yüzeyindeki gözeneklere girerek burada sıkışır. Yağın yağmurlar bunların bir kısmını yıkmasına rağmen bir miktar tortu bırakabilir. Bu partiküllerden bazıları organik menşeli olup yüzeyde alg veya liken oluşuma sebep olabilir, buda beton yüzeyinde renk değişikliklerine yol açar [3].

Betonda atmosferik gazların etkisi; atmosferdeki CO_2 ve SO_3 gibi gazlar yağmur suyu ile karışarak beton üzerinde karbonik (H_2CO_3) ve sülfürik (H_2SO_4) asit etkisinde bulunurlar.

H_2CO_3 serbest kireci $Ca(OH)_2$ haline getirerek suda erimesine, H_2SO_4 ise bünyesinde $CaSO_4$ oluşturarak hacimce genişmeye ve dağılmaya neden olur.

Betonda suların etkisi; yağmur, deniz suyu ve sülfatlı, sodyum sülfatlı, magnezyum sülfatlı zemin suları beton üzerinde etkilidir. Yağmur suyu, saf durumda bulunduğu çözme ve hidroliz kabiliyeti fazladır. Deniz suyu betonun gözenekli bir hal almasına neden olur. Betona tüm asitli sular zararlıdır, alkali suların ise zararı yoktur. Atık sular betona kuvvetli sülfat etkisi yapar. Bu suların içindeki SO_3 miktarı %0.1'i aştığı zaman betonda şişme ve parçalanma meydana getirir [13].

Yağ, laktik asit ve inorganik asitler beton yüzeyinde lekelenmelere neden olabilir. Organik asitlerden molekül ağırlığı düşük olanlar betonu kemirir fakat hacmini değiştirmezler. İnorganik asitlerden H_2SO_4 , HCl ve HNO_3 betonu tahrip ederek, mukavemeti azaltır. Nitratlardan $NH_4 NO_3$, sülfatlardan $(NH_4)_2 SO_4$ beton için zararlı etkiye sahiptir. Demir ve alüminyum da beton içinde veya yanında kullanılıncaya lekeler oluşabilir.

Betonu hasara uğratan nedenlerden bazıları da biyolojik kökenlidir; betona zarar veren aerobik, anaerobik bakteriler, yosunlar da mevcuttur. Beton içindeki bileşenlerin karşılıklı etkileşimi sonucu oluşan zararlı etkiler de vardır. Bunlar, çimento içinde hacim sabitliğini bozan serbest kireç, manyezi, MgO ve serbest SO_3 , betonun karma suyunun oluşturduğu etkiler, alkali-agrega reaktivitesidir.

Harcın dış etkenlere dayanıklılığı; sıcaklığın yükselmesi harçların katılaşmasını hızlandırmakta, düşmesi ise geciktirmektedir. Güneş ve rüzgâr etkisi kısa zamanda harcın suyunu alarak hidrasyonun tamamlanmasını engellemektedir. Alüminli çimento ile yapılan harçlar hariç don etkisi diğer harç türlerine zararlı etki yapar [13].

Güneş radyasyonu etkisi; güneş ışınlarının malzeme üzerinde genişleme, renk kaybı, atomik yapıda bozulmalar gibi çeşitli zararlı etkileri vardır. Özellikle taze betonun güneş etkilerinden korunması gerekir; çünkü güneşin ısıtıcı etkisi beton bünyesindeki yoğunlaşma suyunu uzaklaştırıp, erken rötre çatlaklarına ve betonda mukavemet düşmesine neden olur.

Yangın direnci; normal portland çimentosu ile yapılmış bir beton 100-150°C den itibaren değişime uğramaya başlar. Önce kılcal, sonra jel boşluklarındaki su buharlaşır ve büzülme olur. Çatlakların belirmesi ile çekme dayanımı düşer, 300°C den itibaren basınç dayanımı da azalmaya başlar. 400°C'de $Ca(OH)_2$ CaO 'ya dönüşür; hacmi %30 mertebesinde büzülür. Söndürme sırasında püskürtülen su CaO 'yu tekrar $Ca(OH)_2$ çevirir, bu kez de hacim genişleyerek hasar meydana gelir. 400°C aşılmaya başlar, 600-700 °C aşıldığında tüm öğeler harap olmuştur.

Korozyon; betonda korozyon, betonun veya beton içine gömülü çelik donatının, fiziko-kimyasal çevresel dış etkenler sonucu niteliklerini kaybetmeleri anlamına gelir. Bu iki süreç

birbirini etkilemektedir. Örneğin, betonun deniz suyu etkisiyle çatlaması, donatıya klor iyonlarının daha hızlı erişmesine ve donatının daha çabuk korozyona uğramasına sebep olur, ayrıca donatının paslanması sonucu meydana gelen hacim artması betonun parçalanmasının nedenidir. Tatlı su, karbonik asitli, magnezyum tuzları ile yüklü ve sülfatlı su, asit etkisi, tuz etkisi ve karbonatlaşma betonda korozyona neden olan dış etkilere aittir. Betonun yüzeyi altındaki suda çözünen tuzların kristalleşmesi sonucu tuzlara bağlı korozyon, atmosferde bulunan CO₂'nin hidrate çimento mineralleri ile nemli ortamda korozyona girmesiyle de karbonatlaşma görülmektedir. Bunlardan başka, beton içindeki reaksiyonlara bağlı oluşan korozyon türleri de vardır. Bunlar; alkali-agrega etkisi, alkali-silis reaksiyonu, alkali-karbonat reaksiyonu, uygun olmayan çimento kullanımı ve biyolojik korozyondur. Betonarmenin korozyona karşı korunmasında agreganın türünden çok betonun kalitesi önemlidir. Betonarmede betonun su emmesi, çeliğin korozyonuna neden olabilir [39].

Beton boşluğunda bulunan sıvı, çimento hidratasyonunun neticesi olarak yüksek alkaliniteye sahiptir. Portland çimentolarında pH13 civarındadır. Boşlukta bulunan alkali nitelikteki bu su, donatıyı korozyona karşı kimyasal olarak korur. Yeterli kalınlıkta, iyi kalitedeki paspayı betonu zararlı etkilere karşı koruyan fiziksel bir bariyerdir. Atmosferik gazların beton içindeki ilerleyişleri parabolik olarak devam ettiğinden iyi kalitede ve uygun kalınlıktaki paspayı bu süreyi oldukça uzatır [3].

Fiziksel ve kimyasal tutunma; betonda agrega ile çimento arasındaki aderans önemlidir ve çekme mukavemetini de etkilemektedir. Agrega taneleri arasındaki yabancı maddeler aderansın zayıflamasına neden olur. Harcın aderansı bağlayıcının gücüne, harcın kıvamına, yapışacak yüzeyin pürüzlülüğüne, gözenekliliğine, büyüklüğüne, su miktarına, harcın su tutuculuk özelliklerine harcın hava boşluğu ve basınç mukavemetine bağlıdır. Kireç ve alçı harcı taş, tuğla ile iyi aderans sağlar, ancak alçı harcının ahşapla aderansı zayıftır. Harcın yapışma mukavemeti mekanik bir olay olmaktan çok kimyasaldır. Harcın akışkanlığı artarken yapışma mukavemeti de artar. Çimentoya kireç eklemek harcın işlenebilirliğini ve dolayısıyla da yapışmasını kolaylaştırır. Harçta %12' yi aşan bir hava boşluğu varsa, yapışma özelliğinde azalma görülür. Hava boşluklarındaki artış harcın durabilitesini artırır ancak yapışma özelliğini düşürür [39].

3.1.9. Genel Olarak Betonun Performansı

Maksimum su/çimento oranı ile minimum çimento içeriğindeki sınırlamalar betonun dayanım ve dayanıklılığını önemli ölçüde etkiler. Bu iki sınırlamanın gerçekleşmesinde agreganın kaliteli ve boyut dağılımının uygun olması zorunludur. Genel olarak betonun çevresel etkilere yani durabiliteye göre tasarımı bu iki parametreye göre yapılır. Betondaki maksimum

su/çimento oranı ve minimum çimento dozajı gibi kısıtlamaların ne ölçüde gerçekleşebileceği; doğrudan beton agregasının türüne, granülometrisine ve standartlarına uygun olmasına bağlıdır. Beton teknolojisindeki gelişmenin anahtarı çimento hamuru ile agrega arasındaki ara yüzeylerin güçlendirilmesidir [37].

Betonarme sadece dayanıma göre tasarlanmamalıdır, yapı önce durabilite göz önüne alınarak tasarlanmalıdır. Betonarme yapı tasarlanırken çevresel etki sınıfı belirlenecek karbonatlaşma veya klor etkisinden kaynaklanan korozyon, sülfat ve donma çözülme etkileri gibi bütün bunların önceden belirlenmesi gerekmektedir.

Depremlerde hasar gören yapılar incelendiğinde beton sınıfı 20 (C20) durabilite bakımından kesinlikle yeterli olmadığı görülmektedir. Durabiliteye göre tasarım için C30'un üzerindeki betonları kullanmamız gerekmektedir. Beton geçirimli ise karbonatlaşma olur, demir korozyona uğrar. Beton geçirimli ise durabilitesinden söz edilemez, yani önce durabiliteye göre tasarım sonra dayanım söz konusu olmalıdır.

Betonun durabilitesi de betonun kalitesine bağlı olup, performansta bileşen malzemeler, karışım oranları, üretim yöntemi, betonun bakım ve kürü gibi süreçler ile çevre koşulları etkilidir. Beton uygun şekilde kür edilmemişse mukavemet yaklaşık %30 düşebilir, kür edilmemiş betonun geçirimliliği yaklaşık 10 kat artabilir. Bu da korozyonu olumsuz biçimde etkiler. Kısaca, amaca uygun malzeme seçilmeli, bütün bileşenler standartlara uygun olmalı, karışım iyi tasarlanmalı ve taze betonun yeterli biçimde yerine yerleştirilmesi sağlanmalı, özellikle ilk sertleşme sürecinde yüksek sıcaklık farklarından kaçınılmalı, beton iyi korunmalı ve gerekli kür aksatılmadan yapılmalıdır [30,59].

3.1.10. Betonda Aranılan Temel Özellikler

Beton çimento, ince agrega, su ve gerektiğinde çeşitli kimyasal ve/veya mineral katkıları içeren bir kompozit malzemedir. Taze haldeyken plastik bir kıvama sahip olması betona istenilen herhangi bir şeklin verilmesini sağlar. Diğer bir deyişle, taze beton sertleştiğinde içine konulduğu kalıbın şeklini almış olur. Böylece kirişler, kolonlar, karmaşık şekilli hiperbolik kabuklar, döşemeler, kazıklar, kütle betonları vb. yapmak mümkün olur. Beton üretiminde büyük ölçüde yerel malzemeler kullanılır. Bu husus maliyetinin diğer yapı malzemelerine oranla düşük olmasındaki en önemli noktalardan biridir. İyi bir beton dayanıklı bir yapı malzemesidir. Uygun bir şekilde tasarlanmış, üretilmiş, yerleştirilmiş, sıkıştırılmış ve bakımı yapılmışsa uzun yıllar her hangi bir bakım, onarım gerektirmeden hizmetini sürdürür. Betonun bir hazır beton santralinde olduğu kadar ülkenin en ücra köşesinde de kalite kontrolüne özen gösterilmek şartı ile üretmek mümkündür. 1m³ alüminyum, çelik ve cam üretmek için, sırasıyla, yaklaşık 360 GJ, 300 GJ ve 50 GJ enerji harcanırken, aynı miktarda bir beton için yaklaşık

3,5 GJ enerjiye gereksinim vardır. Enerji maliyetindeki hızlı artış göz önünde bulundurulduğunda, betonun bu özelliğinin önemi de anlaşılır.

Betonun birçok olumlu özelliğinin yanı sıra bazı olumsuz özellikleri de bulunmaktadır. Ancak, bunların üstesinden gelebilmek için beton üreticiye ve kullanıcıya birçok olanak sağlar. Çelik donatı kullanılarak düşük çekme dayanımı dezavantajının azaltılması, çeşitli özelliklerin daha da iyileştirilmesi bu olanaklara örnek olarak verilebilir. İyi bir betonda tüm ince agrega tanelerinin çimento hamuruyla; tüm kaba agrega tanelerinin de harçla bütünüyle kaplanmış olması gerekir. Bu sistem içindeki bağlayıcı malzeme olan çimentonun suyla reaksiyonu (hidratasyon) sonucunda beton dayanım kazanır [58].

3.1.10.1. Malzeme Kalitesi Olarak Betonarme Betonu

Türkiye’de 1990’lı yılların başından itibaren hazır betonun yapılaşmada gündeme girmesi hiç olmazsa düşük dayanımlı betondan kaynaklanan deprem hasarlarının giderilmesi için bir çıkış olmuştur. Geleneksel yöntemlerle gerçekleştirilen üretimde, çoğu zaman kötü şantiye koşullarında betonun bileşimine giren malzemelerin uygunsuzluğu da dikkate alındığında, projede öngörülen beton dayanımına ulaşılması her zaman olmamaktadır. Deprem bölgelerinde yapılan incelemelerde betonun dayanımındaki düşüklükten kaynaklanan hasarlara sıkça rastlanmaktadır. Türkiye’nin 01.01.1998 tarihinde yürürlüğe giren “Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik” [20], uyarınca “deprem bölgelerinde yapılacak bütün betonarme binalarda C16 (BS16)’dan daha düşük dayanımlı beton kullanılamaz, ancak birinci ve ikinci derece deprem bölgelerinde, taşıyıcı sistemi yalnızca süneklik düzeyi, yüksek çerçevelerden oluşan binalar ile taşıyıcı sisteminden bağımsız olarak bina önem katsayısı $I=1.5$ ve $I=1.4$ olan bütün binalarda C20 (BS20)’ya da daha yüksek dayanımlı beton kullanılması zorunludur” kuralı öngörülmüştür. TS 500 “Betonarme Yapıların Hesap ve Yapım Kuralları” standardında ve “Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik”te beton kalitesinin denetimine yönelik birçok kural öngörülmüştür. Taşıyıcı sistem elamanlarında gerçekleştirilen beton kalitesindeki bu düşüklük, hesaplarda amaçlanan taşıma gücüne ulaşamamasına ek olarak yapı rijitliğinin azalmasına, depremde betonun kolayca bozulmasına, özellikle düşük kayma ve aderans dayanımı nedeniyle gevrek kırılmalara neden olmuştur [6,41].

1970’li yıllara kadar 28 günlük silindir basınç dayanımı 40 MPa’ı aşan betonlar yüksek dayanımlı beton kabul edilirken günümüzde bu kavram önemini yitirmiştir. Dayanım ve dayanıklılık için en önemli gereksinim olabildiğince az boşluklu ve geçirimsiz beton üretmektir. Özellikle 1980’li yıllarda süper ve daha sonra da hiper akışkanlaştırıcıların ve ultra incelikli mineral katkıların kullanılması 2000’li yıllara gelindiğinde böyle bir beton, küp basınç dayanımları 200-800 MPa arasında, çekme dayanımları 25-15 MPa arasında ve kırılma enerjileri

ise yaklaşık 30000 J/m² olan yüksek performanslı modern betonlarla kıyaslandığında, şu anda gerçekten oldukça düşük dayanımlı malzeme olarak kabul edilebilir [20,37,41]. Beton teknolojisinde söz konusu yüksek dayanımlı bu malzemeler Reaktif Pudra Betonları (RPC) olarak adlandırılırlar ve dikkate değer eğilme dayanımına ve oldukça yüksek sünekliğe sahiptirler. Süneklikleri normal betona kıyasla yaklaşık 300 kat daha fazladır. Düşük porozite değerleri bu betonlara önemli durabilite ve düşük geçirimsizlik özellikleri kazandırılır. Bunlar, çeşitli iklim koşullarının olası şok yüklemeler etkisindeki bazı stratejik yapılar için uygun malzeme niteliği taşırlar [1,27]. Ayrıca, çok yüksek dayanımlara erişmek için karışımdaki su miktarını azaltmak gerekmekte, sünekliği attırmak içinse kısa kesilmiş çelik teller eklenmekte ve sıcaklık yükseltilerek basınç altında sertleştirme süreci uygulanmaktadır [38].

Betonun bilimsel formüllerle, istenilen direnç ve performansta üretilmesi standardizasyon ile yakından ilgilidir. Her ülke kendi standartlarını oluşturma konusunda çalışmalar yapmış olmakla birlikte özellikle Avrupa Birliği'ne yönelik ortak normların oluşturulması gündemdedir. Avrupa Hazır Beton Birliği-European Ready Mixed Concrete Organization (ERMCO) Türkiye dahil 25 üyesi ile bu konuda çalışan en büyük kuruluştur. Beton endüstrisinde günümüzde, beton özelliklerinden yalnız dayanım değil, işlenebilme, geçirimsizlik ve zararlı çevre koşullarına dayanıklılık gibi performans özellikleri de önem kazanmıştır. Bu nedenle betonda kalite kontrol sistemlerinin kurulması için önemli yatırımlar yapılmaktadır. Kalite gereksinimi takip etmek ve sertifika kurallarını tanımlamak için sektörel sertifika kurumları kurulmuştur. Örneğin İngiltere'de Betonarme Çelikleri Sertifika Kurumu (CARES), Hazır Beton Kalite Sistemi (QSRMC) ve Türkiye'de THBB Kalite Güvence Sistemi [50].

3.1.10.2. Betonun Oluşturan Maddeler

Doğal taşların içyapı özellikleri; karma içyapılı (kristalli ve moleküllü sistemler bir aradadır) ve inorganik esaslı yapı malzemelerdir. Yapıda kullanılan taşlar kimyasal yapılarına göre 3'e ayrılırlar:

Kuvarslı taşlar: Temeli silis mineralidir. Bu kumun temel maddesi olduğu için bunlara kumtaşları da denir.

Silikat taşları(püskürük taşlar): Silikat mineralleri feldispat, hornblent, serpantin ve mika içerir. Bu taşlar; sert, çoğu cila kabul edebilen yapıda kullanmaya elverişli taşlardır.

Kalkerli taşlar: Temelinde kireç karbonatı olan kalsit bulunduğu için kireç taşı diye bilinirler. İşlenebilmesi ve harca tutunması elverişli yapı taşlarıdır [11,35]. Tablo 3.6 'da bazı doğal taş örneklerinin kimyasal bileşimi verilmiştir.

Bir bağlayıcıyla bağlandıkları zaman beton, harç vb. malzeme türlerini oluşturan kum, çakıl, kırma taş gibi agregalar da ufalanmış taş taneleridir (bu doğal agregalardan başka genişletilmiş şist, kil, arduv yüksek fırın cürufu gibi agregalarda vardır).

Kumlar ve çakıllar; atmosferik koşullar ve zaman etkisiyle kayaların, taşların parçalanıp sürüklenerek ufalanmasından meydana geldiğine göre en mukavemetli ve sağlam minerallerden oluşurlar. Tek başlarına kum taneleri birer mineral olup çoğu defa kuvarstan ibarettir. Çakıllar ise pek çok mineralden oluşurlar yani heterojendirler. Sileks kuvars, granit vb. çakılları oluşturabileceği gibi kumtaşı ve kireçtaşı parçalarına da rastlanabilir.

Tablo 3.6. Doğal taşlarda malzeme özellikleri

	Granit	Bazalt	Mermer	Traverten
Kimyasal Bileşimi	Feldispat, kuvars, mika	Feldispat, piroksen, manyetit	CaCO ₃	CaCO ₃
İçyapısı	iri taneli	ince ve camsı	kristalli	amorfor ve kristalli
Birim Hacim Ağırlığı (gr/cm ³)	2.6	2.8-3.3	2.7-2.8	2.4
Özgül Ağırlık (gr/cm ³)	2.59-2.73	2.8-2.9	2.6-2.9	2.5-2.6
Porozite (%)	1-4	1-3	0.2-0.3	

Birim hacim ağırlık; taşların yapıda kullanılabilmesi için birim hacim ağırlığı 2.55 gr/cm³'ten küçük olmamalıdır. Doğal taşların özgül ağırlıkları ortalama olarak 2.7 gr/cm³'dür. Gözenekli taşların ağırlığı daha azdır.

Tablo 3.7. Taşların birim ağırlık, özgül ağırlık değerleri

	Birim ağırlık Δ. gr/ cm ³	Özgül ağırlık δ gr/ cm ³
Sert taşlar	2.5-2.7	2.5-3.0
Yumuşak taşlar	2.0-2.5	2.5-2.7

Birim hacim ağırlığı, ağır agregalarda 1.5-2.25 gr/cm³, hafif agregalarda ise 0.5-1.5 gr/cm³ arasında değerler almaktadır. Birim hacim ağırlık değerlerini, taşların kökenlerinden çok şekilleri etkilemektedir. Yuvarlak, küresel agregalarda yerleşme daha iyi olduğundan birim ağırlık değerleri yüksek olabilir (1.6-1.8 gr/cm³). Kırma taş agregalarda ise bu değerler 1.3-1.5 gr/cm³'dür. Birim ağırlık kumlarda daha düşük, çakıllarda daha yüksektir. Bu da taneler arası boşluğun bir sonucudur. Boşluk miktarı azaldıkça birim ağırlık artacaktır. Agregaların özgül ağırlıkları 2.2-2.7 gr/cm³ arasında değerler almaktadır. Özgül ağırlık

değerlerine agregaların jeolojik kökenleri de etkir; silisli özellikle kuvarslı agregaların özgül ağırlıkları 2.65 gr/cm³, kalkerli agregaların özgül ağırlıkları ise 2.70 gr/cm³tür.

Gözenek yapısı, doğal taşlar boşluklu malzemelerdir. Boşluk oranı arttıkça malzemenin mukavemetinde düşme, ısı yutuculuk değerinde artma görülür. Malzeme boşluğunun devamlılığı halinde su ve buhar geçirimsizlik değeri de artar. Dolayısıyla da donmaya dayanıksızdırlar. Bir taşın porozitesi ve gözenek boyutu dağılımı hasarlar karşısındaki davranışlarını belirleyen çok önemli bir faktördür. Mikro gözenekler (0.1µm'den küçük gözenekler) tuz kristalleşmesi ve donma-çözünme mekanizmalarına karşı taşların direncinin belirlenmesinde önemli bir rol oynar. Boşlukların boyutu ve dağılımı, buharlaşmadan önce malzeme içine alınan ve tutulan su miktarına bağlıdır. Çünkü su tarafından işgal edilen boşluklar, su buharlaştıktan sonra malzeme içinde kalmaktadır. Gözenekler ve bunların dağılımı taşın doğal minerallerine de bağlıdır. Gözenek boyutu dağılımındaki değişiklikler bozulmaları hızlandırabilir. Doğal taşlarda ve agregalarda mevcut boşluk miktarı su emme deneyi ile bulunur ve 3.1 no'lu denklemdeki gibi ifade edilir [32].

$$p = [(P_1 - P_0) / P_0] * \delta \quad (3.1)$$

- p : Porozite
P₁ : Malzemenin su içindeki ağırlığı
P₀ : Kurutulan malzemenin ağırlığı
δ : Kuru agreganın özgül ağırlığı (gr/cm³)

Agrega tanelerini ıslatmak için kullanılan su, agreganın gözenek yapısına bağlıdır. Genelde kum ve çakılın doluluk oranı %60, boşluk oranı %40'dır. Agregaların boşluk miktarı betondaki çimento miktarını belirlediğinden bu miktarı mümkün olduğunca düşük tutmak gerekir.

Mekanik özellikleri; taşın ıslak ya da kuru olmasının mukavemet üzerinde etkisi vardır. Özellikle kil içeren ıslak taşlarda mukavemet, kuru olduğu zamandaki mukavemetin 1/3'üne düşer.

Tablo 3.8. Doğal taşların mekanik özellikleri

	Granit	Bazalt	Mermer	Traverten
σ BASINÇ (N/m ²)	80-300	250-400	80-180	25-70
σ ÇEKME (N/m ²)	9.4-31.3		6-15	4-10
Sertlik (Mohs)	3-7	6	3	3
Elastisite Modülü (x1000 N/mm ²)	62		31-81	

Basınç ve çekme dayanımı; Tablo 3.8. deki doğal taş örneklerinde görüldüğü gibi karma iç yapıdaki boşluklar nedeniyle çekme mukavemetleri, basınç mukavemetinden daha küçük değerdedir; çekme mukavemeti, basınç mukavemetinin 1/18-1/60'ı arasına bulunup ortalama 1/30'u kadardır. Basınç dayanımı püskürtük taşlarda 120-140 N/mm²'den, tortul ve başkalaşmış taşlarda 35-50 N/mm²'den küçük, çekme dayanımı püskürtük taşlarda 7.5-8 N/mm²'den, tortul ve başkalaşmış taşlarda 3-5 N/mm²'den küçük olmamalıdır [13]. Ağır taşlar basınca daha dayanıklı olurlar.

Doğal taşlarda	σ_{max} N/mm ²
Basınç:	300-100
Çekme:	30-10

Kayma dayanımı; doğal taşlarda emniyetli kayma gerilmesi (σ_{em}) 0.1N/mm²'dir. Taş duvarda maksimum kayma gerilmesi (σ_{max}) ise 0.3 N/mm²'dir [39].

Sertlik ve aşınma dayanımı; taşlarda sertliğin ölçülmesi amacıyla uygulanan yöntemde, hangi taş diğeri çiziyorsa o serttir. Taşların sertliği mohs sertlik derecesine göre belirlenir [21]. Sertlik; zemin, basamaklar, yürüyüş yolları gibi yerlerde kullanılan taşlar için önemli bir özelliktir; fakat sertlik işlenebilirliği azaltmaktadır. Kalker ve mermerler (mohs 3) hornblend ve feldispattan (mohs 5.5-6) daha kolay işlenirler. Mohs değeri 6'dan yüksek olanların işlenmesi güçtür. Tırnakla çizilenlerin sertliği 2'den biraz yüksek, çinko ile çizilenlerin 3, adi cam tarafından çizilenlerin 4.5-5, çelik(çakı veya bıçak) ile çizilenlerin sertliği 5-6'dır. Taşların aşınmaya karşı mukavemeti sertliğine olduğu kadar kohezyonuna da bağlıdır. Aşınmaya karşı mukavemeti yüksek olanların basınç mukavemeti de yüksektir.

Deformasyon-elastisite modülü; doğal taşlarda elastisite modülü ortalama olarak 10000 N/mm²'dir [21]. Tablo 3.8'de verildiği gibi mermerde bu değer (31-81)x1000 N/mm²'arasında, granitte ise 62x1000 N/mm²'dir [16].

Isı ile ilgili özellikleri;

Tablo 3.9. Doğal taşların ısı ile ilgili özellikleri

	Granit	Bazalt	Mermer
Isı iletkenlik katsayısı ($\lambda=W/m^{\circ}K$)	3.5	3.5	2.3
Isısal Genleşme katsayısı ($\alpha=cm/cm^{\circ}C$)	$(5.5-8.5) \times 10^{-6}$	9×10^{-6}	8×10^{-6}
Özgül ısı ($c=Wh/kgK$)			0.245

Isı geçirgenliği ve iletkenliği; taşların ısı geçirgenliği taşın cinsine ve çıkarıldığı yere göre değişmekle beraber 0.55–3.5W/m^oK aralığında değerler almaktadır (Tablo 3.9). Kum ve çakıl için ısı iletkenlik katsayısı ise 1.40 W/m °K'dır. Isı geçirgenliği taşların yapısı ile ilgilidir ve gözenekli olup olmamasına da bağlıdır. Gözenekler hava ile dolu olursa geçirgenlik azalır, ancak gözenekler su ile dolu olursa, ısı geçirgenliği artar.

Isısal genleşme; doğal taşlarda ısısal genleşme katsayısı (α) (7 -12) x 10⁻⁶ cm/cm^oC arasında değerler almaktadır [13]. Isısal genleşme mermer ve kireçtaşıda düşük, granit, kumtaşı ve arduvazda ise yüksektir (Tablo 3.9). Taşların genleşmesine olanak sağlamak için 3m'yi geçmeyecek aralıklarla hem yatay hem de düşey derz bağlantıları sağlanmalıdır.

Isı biriktirme kapasitesi; doğal taşlar, yüksek ısı depolama kapasitesine sahiptir, bu yüzden yavaş ısınır ve yavaş soğurlar.

Erime sıcaklığı; volkanikler, bazalt ve killi taşlar yüksek sıcaklıklara karşı dayanıklıdır. Kalsiyum esaslı taşlar ise CO₂ kaybederek gözenekleşirler. Yüksek sıcaklıkta granit çatlaklar, kırılabilir ve parçalanır, kumtaşları ise yumuşar ve ufalanırlar. Kuvarlı taşlarda 573°C'de ani hacim değişiklikleri görülür.

Özgül ısı; taşların özgül ısıları hayli yüksek olup 0.20–0.25 Wh/kg^oK arasındadır (suyun=1ise). Taşın nem derecesine göre özgül ısı da değişir; çünkü suyun özgül ısıları yani ısı tutuculuğu yüksektir. Nemli olup geçirgen olmayan taşlar serin ve soğuk olurlar, ısıtılmaları güçtür. Geçirgen olup suyu tutmayanlar ise çabuk ısınır ve çabuk soğurlar.

Su emme, geçirimsizlik ve kılcallık; doğal taşların ağırlıkça su emme yüzdesinin S_a %1.8'den büyük olması yapılar için tehlikelidir.

Ağırlıkça su emme	Kapilarite katsayısı	Basınçlı su geçirimsizlik katsayısı
S _a %	Kcm/ $\sqrt{sn}$	k cm/sn
0-1 (sert taşlar)	10 ⁻⁶ -10 ⁻⁷	10 ⁻⁹ -10 ⁻¹²
1-3 (yumuşak taşlar)		

[21].

Malzemenin gözenek yapısı su transferinin oranını (küçük gözeneklerde hızlı, büyük gözeneklerde daha yavaş) etkiler. Küçük gözeneklerin yoğun olduğu bir poroziteye sahip olan taşlarda, nem tutuculuk ve kılcallık daha fazladır. Kalkerlerin çoğu gibi yarıklı ve çatlaklı taşlar ile kaba kum ve çakıl gibi ayrık olanlar suyu kolayca geçirirler. Granit gibi oyumsuz ve az gözenekli olanlar (çatlak olmadıkları takdirde) ve killi taşlar suyun geçişine engel olurlar. Kireçtaşı ise suda kolaylıkla çözünür. Isıanma-kuruma olayları gözenekli taşların bozulmasında önemli bir yere sahiptir. Gözenekli taşlar ısıandığı zaman genişler ve kuruyunca büzülür. Tekrar eden ısıanma-kuruma dönüşümü, gözeneklerin duvarlarına önemli bir kuvvet uygular. Bu

basınç taşın iç mukavemetini aşınca, taşlarda ufalanma ve kırılma şeklinde hasarlar görülür. Islanma-kuruma işlemine karşı direnç taşların gözenek yapısına, kimyasal özelliklerinden çok mekanik mukavemetine bağlıdır. Düşük porozite ve iyi çekme mukavemeti gösteren malzemeler bu tür bozulmalara daha dayanıklıdır.

Su geçirimsizlik sonucu taşlarda tuz kristalleşmesi görülür. Çözünebilen tuzlar, su ile gözeneklere taşınırlar. Tuzlar kristalleşince genişerek taşın iç yapısına zarar verir, taşın yüzeyinde ise çiçeklenirler. Makro gözenekli bir taş kristalleşmeye mikro gözeneklilerden daha dirençlidir. Agregaların emdiği su miktarı, taşın kaynağına, bünye ve gözenek yapısına bağlıdır. Kumların su emmesi genel olarak %2'nin üzerine çıkmamaktadır. Kuru kuma su ilave edilince kapilerlik dolayısıyla başlangıçta hacmi artar, bir maksimumdan geçer ve kum tamamen doyunca yani suya gömülünce eski hacmine yaklaşır. İri agregalarda su emme miktarı, tanelerin daha büyük boyutta olması sebebi ile %10'u geçebilmektedir [32].

Buhar geçirgenliği; doğal taşlarda buhar geçirimsizlik katsayısı (δ) ortalama olarak 0.005 gr/m.h.mmHg' dır. Buhar difüzyon direnç faktörü mermer için $\mu = 100'$ dür. Doğal taşlarda higroskopik emicilik; havanın bağıl nemi, malzemenin doğası ve gözeneklerin çapına bağlı olan bir sınır değerin üzerinde olduğu zaman gerçekleşir. Küçük gözenekler higroskopik emiciliği destekler ve %100 bağıl nemin altında su ile dolabilirler.

Donma mukavemeti; taşlarda donma olayı ıslandıkları zaman yatay yüzeylerde ya da çatlaklarda su biriken yerlerde çok sık görülen bir olaydır. Donma olayında su emen taşlar kırılarak parçalanmak, çatlamak ve hatta toz haline gelebilmektedir. Donmaya karşı mukavemet testleri için taşlar uzun bir dönem suya maruz bırakılırlar; 3 yıl dayanan taşlar kısmen dayanıklıdır, 7 yıl sonrasında etkilenmeyenler kesinlikle donmaya karşı dirençlidir. Donma olayı kireçtaşı ve kumtaşı, mermer, granit gibi su ve hava geçirmeyen taşları daha çok etkiler. Taşa giren su donma esnasında hacim genişlemesi dolayısıyla mekanik zorlamalara neden olur. Bu etkinin şiddeti, taşın emdiği su miktarının boşluklara olan oranına yani suyun genişlemek için yeterli derecede boşluk bulup bulamaması ve taşın bu kuvvete karşı göstereceği yapısal mukavemete bağlıdır. Oldukça sert olan taşlar bile geçirgenlikleri oranında donmaya dayanabilirler.

Büyük gözenekli malzemeler küçük gözenekli malzemelere göre donmaya karşı daha fazla direnç gösterirler. Bunun nedeni büyük gözeneklerde buz kristallerinin yapıya zarar vermeden genişleyecekleri yeterli alanın mevcut olmasıdır. Donma olayının tekrar etmesi, taşa kamalama etkisi yapar ve taşı tamamen tahrip edebilir. İnce bir çatlağın arasına giren su donarak çatlağı genişletir, sıcaklık yükselip don çözülünce su genişleyen kısma etki eder, tekrar donunca çatlağı bir miktar daha genişletir ve ilerleyen bir kama rolü oynamış olur. Agregaların donmadan zarar görmeleri tane çaplarının 2 cm'den büyük, taneler içindeki kılcal boşluk

çaplarının hidrostatik basınçlarının kolay boşalmasına imkân vermeyecek kadar küçük olmasına (0.005 mm'den küçük), porozite ve su emmenin fazla olmasına bağlıdır.

İçerdiği nem miktarı; agregaların içerdiği nem, ıslak tanelerin kuru yüzeyle doygun durumdaki tanelere nazaran yüzde cinsinden ağırlığındaki artıştır. P_2 ağırlığında ıslak taneler kuru yüzey doygun hale getirildiği zaman ağırlıklar P_1 oluyorsa agregadaki nem, 3.2 no'lu denklemdeki gibi hesaplanır:

$$M = (P_2 - P_1) / P_1 \quad (3.2)$$

Agregaların içerdiği nem miktarı, beton karışımına katılacak su miktarını etkilemektedir. Taneleri kaplayan su film tabakası, tanelerin birbirine yaklaşmasına engel olarak hacim kabarmasına neden olur [32].

Ses geçirimsizliği; taşlar ağırlığı yüksek olan bir malzeme türü olarak iyi ses yalıtımı özelliklerine sahiptirler. Boşluksuz, birim ağırlığı ve elastiklik modülü yüksek olan taşlarda ses geçirimsizliği daha düşüktür.

Ses yansıtma ve yutuculuğu; taş, sert yapısından dolayı düşük ses yutuculuk değerine sahiptir. Doğal taşlardan mermerde ses yutuculuk değeri (α) 0.01 m/sn'dir (500 Hz için).

Elektrik ile ilgili özellikleri; malzemelerin elektrik iletkenliği elektron yapılarıyla ilgilidir ve iletkenlik serbest elektron hareketiyle sağlanır. Doğal taşlar karma iç yapıya sahiptir; kristalli ve moleküllü sistemler bir arada görülür. Atomlar birbirlerine iyon bağlarıyla bağlandığı ve serbest elektronlarının olmaması nedeniyle elektriği iletmezler.

Işık ile ilgili özellikleri; doğal taşlar opak malzemeler olduğundan ışığı geçirmezler, kısmen yansıtır ve kısmen emerler. Koyu renkli olanlarda yutuculuk, açık ve parlak renkli olanlarda ise yansıtıcılık görülür. Ancak serbest elektronları bulunmadığından yansıtıcılık metallerdeki gibi fazla değildir [39].

Çeşitli kimyasallar ve dış atmosferik koşulların etkisi; taşların yağmur, kar, don, sıcaklık farkları, rüzgâr vs. gibi atmosferik koşullarla bazı kimyasal etkilere karşı gösterdikleri dayanıklılık, malzemelerin kimyasal, mineralojik yapılarına ve kullanıldıkları yere göre değişir. Yağışlar yapıya doğrudan etkiyerek ve zararlı kimyasalları taşıyarak taşlarda bozulmalara yol açar. Yağmur damlaları, atmosferdeki karbondioksitin emilmesiyle oluşan karbonik asitten ibarettirler ve bu zayıf asit doğal taşlardaki karbonatları, daha kolay çözünen bikarbonatlara dönüştürmek üzere etkiler. CO_2 içeren yağmur suları etkisiyle mermerin cilası bozulur, bazı kalkerler ve magnezyumlu taşlar girintili çıkıntılı bir hal alırlar. Killi maddeler içeren taşlar ise su ile temas edince, yumuşarlar. Alçıtaşı gibi suda kısmen eriyen taşlar yapıların dışında

kullanılmamalıdır. Çok gözenekli olan kumtaşlarında, yağmur etkisi çok derin olabilir ve su çok daha uzun süre minerallerle temas halinde olabilir.

Hava kirliliği taşlarda önemli bir bozulma nedenidir. Asit hava kirleticileri yüksek oranlarda bulunursa bozulmalar daha hızlı gerçekleşir. Asit yağmurlarından gelen çözücü tuzların etkisi taşın doğal yapısına bağlıdır. Asit etkisi, taşların yüzeyinde pürüzlenme ve kabarmalara, ek yerlerinde ayrılmalara ve detay kaybına yol açmaktadır. Hava kirliliğinin yoğun olduğu endüstriyel alanlarda sülfür bileşikleri yağmurda çözüldüğü zaman sülfürik asit oluşur. Bu sülfürik asit kireçtaşı, dolomit, kalkerli kumtaşları ve harçlardaki karbonatlarla reaksiyona girer ve yağmurla kolayca sökülmeyen sert, bazen de kabarcık şeklinde bir tabaka oluşturur. Sülfatlar buharlaşma sonucunda, kristaller halinde, taşın yüzeyinde birikir ve beyaz lekeler meydana getirirler. Hava kirliliğinden dolayı olan kalsiyum sülfat formülasyonu kireçtaşı yüzeylerinde çözücü bir etkiye sahiptir. Yağmur alan yatay yüzeylerde kalsiyum sülfat yüzeyde bir tabaka oluşturmaz, çünkü bu tabaka yağmurla atılır; fakat düşey alanlarda yoğun ve kararmış bir kalsiyum sülfat tabakası oluşur ve bu tabaka yağmurun emilmesini önler.

Magnezyum karbonattan oluşan kireçtaşları, hava kirliliğine karşı kalsiyum karbonat yapılı olanlardan daha hassastır, çünkü magnezyum tuzları daha kolay çözünürler ve kristalleşme olayında genleşmeleri fazladır. FeS_2 içeren kalker taşları atmosferik etkiler altında $2Fe_2O_3 \cdot 3H_2O$ haline geçer ve aynı zamanda demir sülfat ve H_2SO_4 içerir. Bu maddeler taşın karbonat halindeki kısımlarına etki ederek alçıyı oluşturlar ve böylece taş toz haline geçerek düşer.

Gözenekli taşların toprak ile doğrudan temasından kaçınılmalıdır. Çünkü bu taşlar kılcallık yoluyla topraktan bazı tuzları emerler. Topraktan gelen bu tuzlar, kristalleşince genişleyen bir kuvvet uygularlar ve taşlarda hasara yol açarlar. Doğal taşlar, yüksek poroziteleri ve dolayısıyla da yüksek su emiciliklerinden dolayı bitkilerin gelişimini desteklerler. Mantar, yosun, liken, çalılık, yüzeyleri pürüzlü veya çatlak taşların üzerine tutunurlar ve taştaki nemle beslenirler. Özellikle bakteri ve yosunlar uygun nemlilik koşullarında çok hızlı gelişirler. Bazı bitkiler, özellikle kireçtaşı ve mermeri etkileyen, çözücü etkiye sahip asitleri salgırlar. Fakat en büyük zarar, genişledikçe harçları yerinden çıkaran ve derz bağlantılarını açan köklerden gelir.

Güneş radyasyonu etkisi; güneş ışınları, malzeme özelliklerinde birtakım değişikliklere neden olur; atomlara yüksek enerji vererek, onların serbest hareket etmelerine, ayrışma, çözülmelere ve eskimesine yol açarlar. UV ışınları taşlarda ayrışabilir pigmentlerin renk değiştirmesine neden olur [16].

Yangın direnci; inorganik grupta yer alan taşın bünyesinde bulunan $CaCO_3$, $CaSO_4$ ve $Ca(OH)_2$ yangın anında kimyasal değişmeye uğrayarak, malzemenin molekül yapısının

bozulmasına yol açar. Kuvarslı taşlar 600°C'de, kalker 900°C'de hacim değişikliğine uğrar ve içyapısında oluşan CO₂ ve H₂O'nun ısınmasıyla taşı patlatır. Bazalt ve dolomit gibi taşlar bu etkilere daha dayanıklıdır. Kireçtaşları da yangında granit ve kumtaşlarından daha iyi davranır. Yangın etkisinde taş malzemede fiziksel değişim dışında ayrıca kimyasal etkiler sonucu molekül yapıları değişerek, başkalaşıma uğrarlar. Yangın sırasında mermer ve kireçtaşları kirece dönüşür.

Korozyon; demirli metallerin paslanması ve genleşmesi, galvanizli çelikten gelen çinko tuzları da taşlarda ciddi hasarlara yol açar. Demir paslanırken hacmi genişler ve temasta bulunduğu taşa basınç uygulayarak çatlamasına sebep olur.

Fiziksel ve kimyasal tutunma; taşların yüzey pürüzlülüğü aderanslarına iyi yönden etki yapmaktadır. Agregalardan kırmataşın aderans mukavemeti çakıllarinkinden daha yüksektir. Agregaların aderansındaki düşüklük betonun mekanik mukavemetinin de düşük bir değer almasına sebep olur [24].

Kireçtaşı yüzeylerinde oluşan sert siyah tuz kabuğun altındaki başkalaşım (alteration) ve iç gerilmeler devam ettiğinden, bir süre sonra kapaklanma şeklindeki yüzey kabuk düşmekte ve taşlarda yüzey erozyonu hızlanmaktadır.

Kirli taş yüzeylerinin uygun temizleme tekniği ile temizlenmesi estetik nedenlerle olduğu kadar konservasyon amacıyla da gerekli olabilir. Yüzey koruyucu uygulama yapılmalıdır.

Doğal taşların yapıda kullanılması; beton üretiminde kullanılan ve betonun yaklaşık olarak %60-80'ini oluşturan kırma taş, kum-çakıl gibi malzemelere agregas denir. Beton agregası, beton veya harç yapımında çimento ve su karışımından oluşan bağlayıcı malzeme ile birlikte bir araya getirilen, organik olmayan, doğal veya yapay malzemenin genellikle 100 mm'yi aşmayan (hatta yapı betonlarında çoğu zaman 63 mm'yi geçmeyen büyüklüklerdeki kırılmamış veya kırılmış tanelerin oluşturduğu bir yığındır. Beton yapımında kullanılan çeşitli agregalardan bazı örnekler şunlardır; kum, çakıl, kırmataş, yüksek fırın cürufu, pişmiş kil, bims, genleştirilmiş perlit ve uçucu külden elde edilen uçucu kül agregası. Agregalar doğal (kum-çakıl, kırma taş) ve yapay (yüksek fırın cürufu, genleştirilmiş kil, perlit) olmak üzere iki farklı kökene sahiptir. Ancak her mineral kökenli malzeme veya endüstriyel atık, beton agregası olarak kullanılamaz. Beton içinde hacimsel olarak %60-75 civarında yer işgal eden agregas önemli bir bileşendir. Agregalar tane boyutlarına göre ince (kum, kırma kum vb) ve kaba (çakıl, kırmataş vb) agregalar olarak ikiye ayrılır [51,52,58].

Betonda agregas kullanılması sağladığı teknik özelliklerin başında, sertleşen betonun 'hacim değişikliğini' önlemesi veya azaltması sertleşmiş betonun 'aşınmaya karşı dayanımını' arttırması, çevre etkilerine karşı 'dayanıklılığını' arttırması ve kendi dayanım gücünün

yüksekliği nedeniyle betonun taşımakta olduğu yüklere karşı ‘dayanımı’ sağlayabilmesi gelir. Betonda kullanılan agreganın dayanıklılığı, gözenekliliği, su geçirgenliği, mineral yapısı, tane şekli, gradasyonu, tanelerin yüzey pürüzlülüğü, en büyük tane boyutu, elastiklik modülü, termik genleşme katsayısı, agregada kil olup olmadığı ve agreganın temizliği gibi birçok özellik beton dayanıklılık türlerini etkilemektedir [58]. Agregada betonun iskeletini oluşturduğundan özelliklerinin kullanılmasından önce deneylerle belirlenmesi gerekir. Fakat günümüzde çoğu beton tüketicisinin zihinlerinde beton üretiminde kullanılan agreganın kalitesinin, sadece agreganın rengine bağlı olduğuna dair oluşmuş yanlış bir yargı vardır. Oysaki agreganın kalitesini etkileyen birçok fiziksel ve kimyasal özellikler vardır ki, bu özellikler TS706 EN12620 standardında belirlenmiştir [51,58]. Taze betonun işlenebilirliğinde agreganın biçiminin ve en büyük boyutunun önemli işlevi vardır. Özellikle agreganın en büyük boyutu betonarme kalıbındaki donatı durumuna uygun olmalıdır [59].

Agregalarda aranan en önemli özellikler şunlardır:

- Sert, dayanıklı ve boşluksuz olmaları,
- Zayıf taneler içermemeleri (deniz kabuğu, odun, kömür gibi)
- Basınca ve aşınmaya mukavemetli olmaları,
- Toz, toprak ve betona zarar verebilecek maddeler içermemeleri,
- Yassı ve uzun taneler içermemeleri,
- Çimentoyla zararlı reaksiyona girmemeleridir.
- Agreganın kirli (kil, silt, mil, toz, vb.) olması aderansı olumsuz etkilemekte ayrıca bu küçük taneler su ihtiyacını da arttırmaktadır.

Beton agregalarında elek analizi, yassılık, özgül ağırlık ve su emme gibi deneyler uygun aralıklarla yapılarak kalite sürekliliği takip edilmelidir. Betonda kullanılacak agregalar TS706 EN 12620’ye uygun olmalıdır. Sadece beton ve çimento değil, agregada da standartlara uygun üretilmelidir.

Tablo 3.10. Agrega standartları tablosu

EN 933-1	Tests for geometrical properties of aggregates - Part 1 : Determination of particle size distribution - Sieving method	TS 3530 EN 933-1	Agregaların Geometrik Özellikleri için deneyler: Bölüm 1- Tane Büyüklüğü Dağılımı- Eleme Metodu
EN 934 -2	Admixtures for concrete, mortar and grout - Part 2 : Concrete admixtures - Definitions and requirements	TS 3452 TS 4834	Beton-Kimyasal katkı maddeleri (Priz süresini ayarlayan ve karışım suyunu azaltan) Beton ile ilgili terimler
EN 1097-3	Tests for mechanical and physical properties of aggregates - Part 3 : Determination of loose bulk density and voids	TS EN 1097-3	Agregaların fiziksel ve mekanik özellikleri için deneyler Bölüm 3: Gevşek yığın yoğunluğunun ve boşluk hacminin tayini
EN 1097-6	Tests for mechanical and physical properties of aggregates - Part 6 : Determination of particle density and water absorption	TS 3526	Beton agregalarında özgül ağırlık ve su emme oranı tayini
Pr EN 12620 : 2000	Aggregates for concrete	TS 706 EN 12620	Beton agregaları

Betonu oluşturan malzemeler içerisinde en büyük orana sahip olan agregaya, doğal kaynakları giderek tükenen ve standartlara uygun, temiz, kaliteli örneklerinin bulunması güç bir malzeme olarak, inşaat sektöründeki stratejik önemini her geçen gün artırmaktadır. Bugün pek çok beton üreticisi kuruluş piyasadan standartlara uygun, kaliteli agregayı uygun koşullarda temin edemedikleri için yan birimler ya da şirketler kurup, taş ocakları işleterek, agregayı doğrudan üretme yoluna gitmektedir [58].

Agregaların beton içerisindeki rolü çok önemlidir. Granülometrisi, şekil yapısı, sertliği, betonun davranışını direkt olarak etkiler. Betonda kullanılmadan önce agregaya özelliklerinin deneylerle belirlenmiş olması gerekir. Agregaya en büyük tane büyüklüğü (D_{max}), donatının beton örtü tabakası ve beton eleman kesitinin en küçük boyutu dikkate alınarak belirlenmelidir. Yıkama suyundan veya taze betondan elde edilerek yeniden kazanılmış agregada beton agregası olarak kullanılabilir [37]. Agregaya kontrolü; temizliği, durumu (yüzey özellikleri, şekil, filler içeriği, incelik modülü), yapısı (nem, porozite, dayanım, alkali agregaya reaksiyonu, aşınma direnci, donma çözülme direnci) olarak yapılabilir [53].

Yapıda kullanılacak kum; belirli bir granülometriye sahip olan beton agregasının ince bölümünü kum oluşturur. İri agregalarda olduğu gibi kumların da temiz, kimyasal etkilere karşı dayanıklı ve dayanımının yeterli olması istenir. Ayrıca, kumun inert olması diğer bir deyişle çimento ile kimyasal reaksiyona girmemesi gerekir. Ülkemizde beton agregalarında aranan özellikler TS 706’da belirtilmiştir. Kum için söz konusu özellikler; elek analizi, dayanım, kil ve

silt içeriği, organik madde içeriği, alkali agrega reaktivitesi deneysel olarak belirlenir. Ancak bu deneylerden olumlu sonuç alınması halinde, söz konusu agreganın betonda kullanılmasına izin verilir. Kumda çok ince kil ve silt tanelerinin varlığı betonun dayanımını düşürmektedir. Çoğunlukla zirai toprak kökenli organik maddeler, kil topakları, kömür taneleri, yumuşak taneler, standardın üzerinde suda çözünen klorür miktarı ve sülfatın varlığı da betonun davranışını olumsuz etkilemektedir [37]. Daha sıhhatli neticeler alınması isteniyorsa usulüne göre laboratuarda üç elekten yıkama deneyi yapılabilir. Bu deneylere göre;

1 mm'lik delikli elekten geçen kuma ince kum

3 mm'lik delikli elekten geçen, 1 mm'den geçmeyen kuma orta kum

7 mm'lik delikli elekten geçen 3 mm'den geçmeyen kuma iri kum, denir.

0,2 mm'lik elekten geçen kum oranı zararlı madde dahil %15'den az olacaktır.

Temiz su ile yıkandıktan sonra yukarıdaki niteliği kazanan deniz kumu dahi inşaatta kullanılabilir. Deniz kumu; beton üretiminde kontrolsüzce kullanıldığında karbonatlaşma ile betonun korozyona karşı koruyuculuğu kaybolur ve beton önemli hasara uğrar [18,57].

Yapıda kullanılacak çakıl ve kırmataş; sert ve dayanıklı olmalı, içinde toprak, kil ve organik maddeler bulunmamalıdır. Çakıl ve kırmataş dona dayanıklı ve basınç direnci en az beton direncine eşit olmalıdır. Her türlü betonda dere, ocak çakılı ya da kırmataş kullanılacaktır. Denizden elde edilen çakıl yıkanmadan dolgu, tahkim ve filtre işlerinde kullanılabilir. Çakıl ve kırmataş içerisindeki zararlı maddeler toplamı (hacim olarak) %2'yi geçmeyecektir. Çakıl ve kırmataş taneleri genellikle yuvarlak veya kübik olacak, yassı ve uzun olmayacaktır. Çeşitli dere ve ocaklardan alınan çakıllar ve kırmataşlar karıştırılmamalıdır. Temiz su ile yıkandıktan sonra yukarıdaki nitelikleri kazanan çakıl ve kırmataşlar (deniz çakılı dahil) yapıda kullanılabilir.

15 mm den geçen ve 7 mm den geçmeyen çakıla ince çakıl

30 mm den geçen ve 15 mm den geçmeyen çakıla orta çakıl

70 mm den geçen ve 30 mm den geçmeyen çakıla iri çakıl denir [51].

Çimento ve Diğer Bağlayıcılar; bağlayıcı maddeler (alçı, kireç, çimento, puzolanlar), agrega adı verilen kum, çakıl, kırma taş gibi mineral içerikli malzemeyi birbirine bağlayarak yapay taş oluşumuna imkân sağlayan malzemelerdir. Bağlayıcı maddelerin plastikliğini kaybederek katı hale geçmesine priz denir. Priz olayını sadece havada yapabilen bağlayıcılara hava bağlayıcıları, hem havada hem su içinde katılaşabilen bağlayıcılara ise hidrolik bağlayıcılar denir. Yağlı kireç bir hava bağlayıcısı çimento, su kireci ve alçı ise hidrolik bağlayıcıdır.

Puzolanlar kendi başlarına bağlayıcı olmadıkları halde, kireç veya çimento gibi bağlayıcılarla karıştırılınca bağlayıcılık özelliği kazanan maddelerdir. Bu olay, adi sıcaklıkta çimento veya kirece su eklenmesi sonucu puzolanların, bu bağlayıcıların içindeki serbest kireç

(Ca(OH)₂) ile birleşmesiyle gerçekleşir [32]. Puzolanlar, kireç harçlarında kullanıldıklarında onları suya dirençli hale getirir. Çimento-kireç harçlarında kullanıldığı zaman, çimentoda su etkisiyle eriyen kireç, erimez duruma geçer ve çimento kimyasal etkilere daha dayanıklı olur. Çimento harçlarında ise çimentonun korozyona karşı mukavemetini yükseltmek, priz esnasında oluşacak ısı miktarını azaltmak, deformasyon yapma kabiliyetini artırmak, betonun işlenebilme özelliğini artırmak, su geçirimsizliği daha az olan harç ve beton üretmek için kullanılırlar [24]. Ana hammaddeleri kalker, kil olan ve mineral parçalarını (kum, çakıl, tuğla, briket vb.) yapıştırma kullanılan bir malzemedir.

Beton içerisindeki işlevi; agrega tanelerinin yüzeyini kaplayarak ve taneler arasındaki boşlukları doldurarak bağlayıcılık görevi yapmaktır. Çimentonun bu yapıştırma özelliğini yerine getirebilmesi için mutlaka suya ihtiyaç vardır. Çimento, su ile reaksiyona girerek sertleşen bir bağlayıcıdır. Kırılmış kalker, kil ve gerekiyorsa demir cevheri ve/veya kum katılarak öğütülüp toz haline getirilir. Bu malzeme 1400–1500°C’de döner fırınlarda pişirilir. Meydana gelen ürüne “klinker” denir. Klinkerin, alçı taşı ve diğer katkılarla karıştırılıp öğütülmesiyle elde edilen toz halindeki bağlayıcıya çimento denir. Daha sonra klinkere bir miktar alçı taşı eklenip (% 4–5) oranında, çok ince toz halinde öğütülerek Portland Çimentosu elde edilir.

Katkılı çimento üretiminde; klinker ve alçı taşı dışında, çimento tipine göre tek veya birkaçı bir arada olmak üzere tras, yüksek fırın cürufu, uçucu kül, silis dumanı vb. katılır. Çimento birçok beton karışımında hacimce en küçük yeri işgal eden bileşendir [51,54,56,58]. Çimentonun cinsi ve dozajı (1m³ betondaki çimento ağırlığı) beton basınç dayanımını etkiler. Yüksek dayanımlı çimentoların kullanıldığı ve çimento dozajının fazla olduğu durumda, beton kalitesinin arttığı bir yere kadar doğru olmakla beraber, beton basınç dayanımını belirleyen en önemli unsur su-çimento oranıdır [57].

Çimentonun bağlayıcı özelliği ve betonun sağlamlığı, kireç ve kil oranına olduğu kadar, pişirme sıcaklığına da bağlıdır. Çimento; %76 ile %78’i kalsiyum karbonat CaCO₃ ve geri kalanı kilden oluşur. Çimentonun ilkel maddesi olan kalker taşı çimentonun %65’ini teşkil eden CaO’i, kil ise çimentonun diğer bileşikleri olan SiO₂, Al₂O₃ ve Fe₂O₃’in meydana gelmesini sağlar. Çimentoları bağlama sürelerine veya cinslerine göre sınıflandırmak mümkündür. Bağlama süresi soğuk ortamda uzar, sıcakta kısalır. Ayrıca bazı kimyasal katkılarla da, bağlama süresine tesir edilebilir. Örneğin alkaliler ve soda kısaltıcı olarak sodyum klorür (NaCl), magnezyum klorür (MgCl₂), baryum klorür (BaCl₂) ve baryum sülfat (BaSO₄) bileşikleri ise uzatıcı olarak tesir ederler. Az pişirilmiş klinkerden imal edilen kaba öğütülmüş ve fazla silis SiO₂ içeren çimentolar yavaş bağlarlar [52].

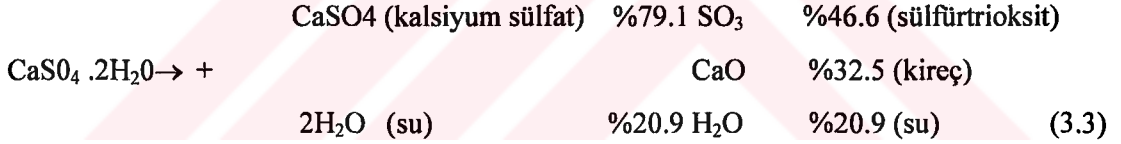
İnşaatta kullanılacak çimento Türk Standartlarına (TS 19) uygun olmalıdır. Çimentolar, net ağırlığı 50 kg olmak üzere, üzerinde fabrika markası bulunan ağızları orijinal olarak kapalı, yırtıksız, deliksiz kâğıt torbalar içinde bulunmalıdır. Muhtelif fabrikaların çimentoları ayrı inşaat ünitesinde karıştırılarak kullanılamaz, çimento düzenliliği olmalıdır; kullanım parametrelerinin değişkenliği dar bir aralıkta dalgalanmalıdır. Ürün küçük modifikasyonlara kararlı olmalıdır, değişkenlik arz etmemelidir (sıcaklık, katkılar vb.). Çimento cinsi/tipi seçiminde; çimentonun karakteristikleri şu kriterleri etkiler; reoloji (yerleştirme kolaylığı), sertleşme karakteristik (kalıp alma zamanı), basınç dayanımı, eğilme, çekme dayanımı, yüzey bitirme işlemleri, dayanıklılık [52,53].

İçyapı özellikleri;

Tablo 3.11. Bağlayıcıların malzeme özellikleri

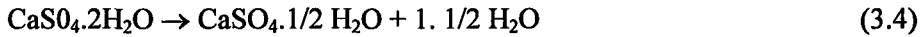
	Alçı	Kireç	Çimento
Birim Hacim Ağırlığı gr/cm ³	0.7–1	0.6–0.8	0.9–1.2
Özgül Ağırlık gr/cm ³	2.55–2.65	2.20–2.45	2.9–3.15
Asit-baz özellikleri	nötr	baz	baz

Kimyasal bileşimi ve üretim yöntemi; alçı, inorganik esaslı ve kristal yapılı bir bağlayıcıdır. Alçının hammaddesi alçıtaşıdır(CaSO₄.2H₂O).



Alçı, alçıtaşının uygun sıcaklıkta dehidrasyona uğramasıyla elde edilir. 190°C civarında pişirilen alçıtaşı, alçı dediğimiz toz haldeki malzemeye dönüşür. Bazen bünyesinde CaCO₃, kil, demiroksit, kum ve kolloidal silisyumoksit gibi yabancı maddeler de bulundurulur. Bunların miktarlarının uygun oranlarda olması sertlik ve mukavemeti artırır.

190°C .



Kireç; hammaddesi kireçtaşı (kalker), tebeşir gibi kalsiyum karbonat (CaCO₃) kökenli kütleler ve dolomit gibi CaCO₃, MgCO₃ 'tan oluşan kütlelerdir. Kireç saf kalkerin 900°C' nin üzerinde pişirilmesiyle elde edilir.



Bu reaksiyon sonunda meydana gelen kalsiyumoksit (CaO) sönmemiş kireçtir. Kireç ağırlığının 1/3'ü kadar su ilave edilerek kirecin söndürülmesi işlemi gerçekleştirilir.



Bu reaksiyon sonunda meydana gelen Ca(OH)_2 'ye sönmüş kireç denir. Reaksiyon önemli bir miktarda ısı meydana gelmesi ve hacim artmasıyla son bulur [32].

- % 95 ve daha fazla CaO içeren; yağlı kireç
- % 85–95 arası CaO içeren; zayıf kireç
- % 65–85 arası CaO içeren; su kireçleri (hidrolik kireçler)

Su kireci %10–25 oranında kil içeren kalkerlerin pişirilmesiyle elde edilir ve hidrolik bağlayıcı sınıfına girer (su içinde katılaşabilir).

Çimento; hammaddeleri kalker ve kildir. Ayrıca prizi geciktirmesi için %3 oranında alçıtaşı ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) ve erimeyi kolaylaştırmak için demir katılır. Çimento bunların belli oranlarda karıştırılması ve yüksek sıcaklıkta pişirilmesiyle elde edilir. Kalker sıcaklık etkisiyle ayrışarak kirece (CaO), kil ayrışarak silis ve alümine (SiO_2 ve Al_2O_3) dönüşür, demir de demiroksit (Fe_2O_3) şeklinde ortaya çıkar.

Puzolanlar; puzolanlar, kimyasal olarak SiO_2 ve az miktarda Al_2O_3 'den oluşan maddelerdir. Suyla karıştırıldıklarında çamur haline gelir, kuruduktan sonra tekrar eski hallerine dönerler. Ancak bunlar kireçle karıştırılınca suda erimeyen kalsiyum silikat tuzuna dönüşürler [24].

Birim hacim ağırlık (yoğunluk); alçının birim hacim ağırlığı $0.7\text{--}1\text{ gr/cm}^3$, özgül ağırlığı $2.55\text{--}2.65\text{ gr/cm}^3$ arasındadır. Kirecin birim hacim ağırlığı $0.60\text{--}0.75\text{ gr/cm}^3$, özgül ağırlığı $2.20\text{--}2.45\text{ gr/cm}^3$, su kirecinin birim hacim ağırlığı $0.7\text{--}0.8\text{ gr/cm}^3$, özgül ağırlığı ise $2.70\text{--}2.80\text{ gr/cm}^3$ 'dür. Sıcaklık etkisiyle kirecin yoğunluğu artar ve hidratasyon kabiliyeti azalır [32].

Çimentonun birim hacim ağırlığı $0.9\text{--}1.2\text{ gr/cm}^3$, özgül ağırlığı ise $2.9\text{--}3.1\text{--}5\text{ gr/cm}^3$ arasında değerler almaktadır (Tablo 3.11). Özgül ağırlık çimentonun kalitesini belirleyen bir etken değildir, karışım oranlarının belirlenmesinde kullanılır [35]. Bağlayıcılar hiçbir zaman yapıda tek başlarına kullanılmadıklarından dolayı, içinde bulundukları kompozit malzemenin (harç, sıva, beton) özelliklerine etki etmektedirler.

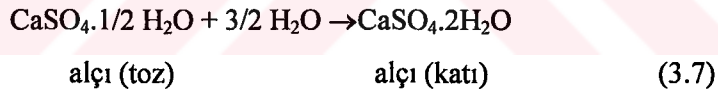
Gözenek yapısı; alçı, boşluklu bir yapıya sahip olup porozitesi %25–60 arasında değerler almaktadır. Gözenekli yapısından dolayı mukavemeti düşük, birim hacim ağırlığı küçük ve dış etkenlere karşı dayanıklılığı zayıftır. Çimentonun tanelerinin inceliği önemlidir.

Çimentolarda boyutları 90µ'dan büyük olan tane miktarının %14'ü geçmemesi istenir. İnceliği fazla olan çimento, agrega tanelerini daha iyi örter ve hidrasyon olayı daha hızlı gelişir. Çimentonun inceliği mekanik mukavemeti de artırmaktadır [32].

Asit-baz özellikleri; alçı nötr; kireç ise baz karakterdedir (Tablo 3.11). Çimento da açığa çıkardığı Ca(OH)_2 nedeniyle kuvvetli bir bazdır ve tüm asitlerden zarar görür.

Mekanik özellikleri; bağlayıcı maddelerin mukavemet kazanması; hidrasyon olayı, katılaşma olayı (priz), sertleşme olayının gerçekleşmesiyle olur. Hidrasyon, bağlayıcıların su ile yaptıkları kimyasal bir reaksiyondur. Hidrasyon zamana bağlı bir olay olduğu için mukavemet de zamanla artar. Hidrasyon hızının artması mukavemet artışının hızlanmasına yol açar.

Priz; bağlayıcı maddelerin katılaşma veya plastik deformasyon yapma kabiliyetini kaybetmesi demektir. Çok yavaş priz yapan bağlayıcı maddelerin çatlamadan, fazla deformasyon yapma kabiliyeti vardır. Yoğurma suyu miktarının fazla olması priz süresinin artmasına neden olur. Priz olayı bittikten sonra sertleşme olayı başlar. Sertleşme, bağlayıcı maddelerin mekanik mukavemet kazanma olayıdır. Ortam şartları da mukavemet üzerinde etkilidir. Sıcaklığın artması hidrasyonu hızlandırır, priz süresini kısaltır ve bağlayıcı maddenin mukavemeti hızla artar. Havanın rutubetinin düşük olması buharlaşmayı kolaylaştırdığından mukavemet artışını belirli bir derecede azaltmaktadır [32]. Alçının katılaşması ve sertleşmesi, üretim reaksiyonunun tersi reaksiyonla (hidrasyonla) gerçekleşir.



Bu reaksiyonla toz halindeki alçı ($\text{CaSO}_4 \cdot 1/2\text{H}_2\text{O}$) katı hale ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) dönüşür. Alçının hidrasyonu çok hızlıdır. Hidrasyon ne kadar hızlı ise kristaller o kadar büyük ve mukavemet o kadar düşük olur. Alçıyı yoğurmada kullanılan su miktarının da mukavemet üzerinde etkisi vardır. Alçının katılaşması sırasında hidrasyon için gerekli su miktarı toz alçı ağırlığının %20'si kadar olmalıdır.

Kireç düşük mukavemetli bir bağlayıcıdır. Kirecin sertleşmesi üç aşamada olur; Ca(OH)_2 formülünde kristalleşme ve havanın CO_2 'i ile birleşerek karbonatlaşmadır. Kuruma ve kristalleşme geçicidir, suyla karıştırılınca kireç tekrar yumuşar. Asıl sertleşme karbonatlaşma sonucudur [21].



Kirecin bu sertleşme reaksiyonu yavaş olur. Bu nedenle kireç havada sertleşen bir bağlayıcıdır. Su kireci ise su içinde katılaşabilir ve sertleşebilir.

Tablo 3.12. Bağlayıcıların mekanik özellikleri [13]

	Alçı				Kireç		Çimento
	Kalıp a.	İnce yapı a.	Kaba yapı a.	Şaplı a.	Hava k	Su k.	
$\sigma_{\text{basınc}} (\text{N/mm}^2)$	2	1.5	1.2	4	0.7–0.9	6	32.5
$\sigma_{\text{çekme}} (\text{N/mm}^2)$	20	7.5	6	20	0.3–0.9		5.5

Toz halindeki kuru çimento, pratik bakımından hiçbir mekanik mukavemete sahip değilken, su ile yoğrulduktan sonra donup sertleşerek sağlam ve mukavemetli hale gelir. Çimentonun inceliği hidratasyon olayını hızlandırır. Hidratasyon olayının hızlı bir şekilde gelişmesi de çimentonun mukavemetinin kısa zamanda büyük değerler almasını sağlar [32].

Sıcaklık prizi hızlandırır, yoğurma suyu miktarının fazla olması prizi olumsuz yönde etkiler. Hidratasyon esnası ve sonrasında sıcaklığın yüksek olması yararlıdır. Ancak 35°C'nin üstü sıcaklık ve +5°C'nin altındaki soğuk hava mukavemet için sakıncalıdır. Havanın nemli olması da suyun buharlaşmaması için gereklidir. Bağlayıcıların mekanik özellikleri içerisinde basınç-çekme dayanımları ve deformasyon yapabilme kabiliyetleri önemlidir (Tablo 3.12).

Basınç ve çekme dayanımı; alçının basınç mukavemeti 1.2–1.5 N/mm², çekme mukavemeti ise 6–7.5 N/mm² arasında değerler almaktadır. Yağlı kirecin mekanik mukavemeti zayıftır 28 günlük basınç mukavemeti 0.7 N/mm²'dir. Su kirecinin basınç mukavemeti yağlı kirecinkinden daha yüksektir; 6 N/mm².

Çimentonun beton içindeki basınç mukavemeti en önemli özelliklerinden biridir. Çimentonun 28 günlük basınç mukavemeti 32.5 N/mm², çekme mukavemeti ise 5.5 N/mm²'dir.

Deformasyon-elastisite modülü; kireç yüksek miktarda deformasyon yapma kabiliyetine sahiptir. Çimentonun elastikiyet kabiliyeti ise düşüktür; elastisite modülü 45-59x1000 N/mm²'dir.

Çimentonun önemli bir özelliği rötre yapmasıdır. Rötre, çimento su ile karıştırıldıktan sonra hidratasyonun başlaması ile çimento hamurunun hacmindeki azalmadır. Bu olayın sebeplerinden biri cisim içinde kapilarite ve jel suyunun çeşitli etkiler altında hareket etmesi ve miktarının değişmesidir. Serbest su miktarının kaybolmasının rötre üzerinde etkisi yoktur. Su miktarındaki değişimler zamana bağlı olduğundan rötre zamanla birlikte artmaktadır. Çimento inceliğinin artması çimento hamurunun fazla rötre yapmasına neden olur. Havanın rutubetinin düşük olması, sıcaklığın artması da rötreyi artırır.

Çimentonun rötre yapması beton açısından sakıncalı bir olaydır. Rötre; betonun mekanik mukavemetinin özellikle çekme mukavemetinin azalmasına sebep olur, geçirimsizliği artırır, geçirimsizliğin artmasından dolayı betonun kimyasal mukavemetinde azalma olur, donma etkisinden daha fazla zarar görür, korozyonu kolaylaştırır [32].

Isı ile ilgili özellikleri; çimento ve kireç su ile karıştırıldığı zaman kimyasal reaksiyon sonunda ortaya çıkan ısı hidrasyon ısıdır. Açığa çıkan ısı miktarı çimentonun tane inceliği, kimyasal bileşimi ve hidrasyon sırasındaki sıcaklığa bağlıdır. Eğer ısı hızlı bir şekilde ortaya çıkmazsa, ısısal genleşmeye yol açan, sıcaklıkta istenmeyen bir artış meydana gelebilir [35]. Bu ısı miktarının belli bir değeri geçmesi halinde, iç gerilmeler meydana gelebilir.

Isı geçirgenliği ve iletkenliği; bağlayıcılar arasında alçı, boşluklu yapısı ve boşluklarında hareketsiz hava bulundurması nedeniyle en düşük ısı iletkenlik katsayısına sahiptir. Alçı, içindeki suyu verdikten sonra ısı transferini geciktirir, su ayrıldıktan sonra iyi bir yalıtkan olur. Alçının ısı iletkenlik katsayısı 0.26–0.55 W/m²K, kirecin 0.76 W/m²K, çimentonun ısı iletkenlik katsayısı ise 0.87 W/m²K'dır (Tablo 3.13).

Tablo 3.13. Bağlayıcıların ısı ile ilgili özellikleri

	Alçı	Kireç	Çimento
Isı iletkenlik katsayısı (W/mK)	0.26–0.55	0.76	0.87
Isısal Genleşme katsayısı (cm/cm°C)	25 x 10 ⁻⁶		14 x 10 ⁻⁶
Isı biriktirme kapasitesi W/ m ² °K	6.5		
Erime ısı°C		2570	
Özgül ısı Wh/kg °K	0.23	0.27	0.29

Isısal genleşme; alçının ısısal genleşme katsayısı 25x10⁻⁶ cm/cm°C'dir [13]. Çimentonun ise ısısal genleşme katsayısı 14x10⁻⁶ cm/cm°C'dir [16]. Kirecin genleşmesi çimentonun genleşmesinin yaklaşık yarısı kadardır. Kireç harçların elastik yapısından dolayı ısısal genleşmelere karşı dayanımı vardır. Çimento harçlarında ise düşük elastikiyet özelliğinden dolayı ısısal genleşmeler sonucu çatlamalar olabilir.

Su emme, geçirimsizlik ve kılcalılık; alçının boşluklu yapısı ısı iletkenliğinde olduğu gibi su ile ilişkisinde de etkilidir. Alçının su emiciliği yüksektir ve suya dayanıklılığı iyi değildir. Alçının yüzey gerilimi, suyun yüzey gerilimine karşı koyacak güçte olmadığından, boşluklar kılcal yolla su ve nemi bünyesine alır. Suyun buharlaşarak boşluk meydana getirmesi ise mukavemeti düşürür. Bu bakımdan hava etkilerine açık yerlerde kullanılması tavsiye edilmez. Kireç suya dayanmaz, çözülür. Yağlı kireç 1 litre suda 1.3 gr erir. Bu yüzden su ile temas eden yapılarda yağlı kireç kullanılmamalıdır [32]. Sıvalarda ise bağlayıcı olarak çimento ile birlikte kullanılır.

<u>kapilarite katsayısı ($K \text{ cm}/\sqrt{sn}$)</u>	<u>basıncılı geçirimsizlik kats. ($k \text{ cm/sn}$)</u>
çimento hamuru	10^{-6} 10^{-9} [21]

Çimentonun su emiciliği düşüktür (%1.3–1.5) ve su etkisine karşı mukavemetlidir. Ancak çimento kurudukça sertleşmekte ve büzülme (rötre), ıslandıkça şişmektedir. Rötre nedeniyle meydana gelen çatlaklar, mukavemet düşmesine ve geçirimsizliğe neden olur. Suyula temas eden toplam yüzeyin artması, hidratasyonu hızlandırır ve mukavemeti yükseltir.

Buhar geçirgenliği; bağlayıcılar arasında buhar difüzyonuna en fazla imkân veren alçıdır. Alçının su buharı difüzyon direnç sayısı $\mu = 6.2$, kirecin ise $\mu = 12$ 'dir [15]. Alçı, yalnızca yoğunlaşmayı geciktirmekle kalmayıp, aynı zamanda boşluklarında önemli oranda nem ve yoğunlaşma suyunu absorbe eder. Ortamdan aldığı nemi, nem oranı düşüncüce tekrar geri vererek nemin dengelenmesini sağlar. Çimento ise yüksek bir buhar difüzyon direncine sahiptir ($\mu = 30$).

Çimentonun donmaya mukavemeti; çimentonun jel boşluklarında bulunan su molekülleri komşu katı yüzlelere çekim kuvvetleri ile sıkıca bağlıdırlar ve bu durumda 0°'nin çok altındaki sıcaklıklarda dahi kristalleşip donmazlar ve betona zarar vermezler. Çimento hamurundaki kılcal boşluk sistemi ise, su-çimento oranına, hidratasyon derecesine, çimento cinsine ve katkı maddelerine göre çok değişen ve suyun donması sırasında asıl zararı meydana getiren boşluk sistemidir. Bu boşluklara girebilen su, donmaya başlayınca, jel boşluklarındaki suyu da çekerek hacmini genişletir, çevredeki boşluğa buz basınçları yapar, buzun arkasındaki henüz donmamış suya bu basınçlar hidrostatik basınç olarak iletilir. Kılcal boyuttaki boşluklar içindeki suyun akış hızı çok yavaş olduğu için iç basınçlar yüksek değerlerini uzun süre korurlar. Bu olay arka arkaya tekrarlandıkça, çimento hamurunda çatlaklara, hacim genişlemelerine, yüzey dökülmelerine yol açar. Çimento hamurunda donmaya dayanıklılık, su-çimento oranına ve katkı maddelerine bağlıdır.

Ses ile ilgili özellikleri; ses emicilik malzemelerin gözenek yapılarıyla ilişkilidir, gözenekli malzemeler sesi yansıtmadan emebilirler. Alçı da gözenekli bir yapıya sahip olduğu için ses emici özelliğe sahiptir. Ses emici malzemeler, yüzeyden yansıyan sesi azaltarak, ses enerjisinin ısı enerjisine dönüşümünü sağlarlar.

Elektrik ile ilgili özellikleri; elektrik iletkenliği elektron hareketiyle ilgili olup, serbest elektronlarla sağlanmaktadır. Bağlayıcı maddelerde serbest elektron varlığından söz edilemeyeceğinden elektrik iletkenliği aranmaz.

Işık ile ilgili özellikleri; ışık geçirimsizlik, malzemenin opak ya da şeffaf olmasıyla, emme ve yansıtıcılık ise yüzey ve renk özelliklerine bağlıdır. Alçı ve kireç beyaz renkli olduğu için ışığı yansıtma özelliğine sahiptir.

Çeşitli kimyasallar ve dış atmosferik koşulların etkisi; alçı, asitlerden etkilenmez. Rutubetli hava ile temas halinde olan alçı kısa zamanda bozulur (sertleşir). Özellikle deniz aşırı nakliyat tehlikelidir.

Kireç, suyun asit etkisinden etkilenir. Atmosferik gazlar kireç bazlı ürünleri etkiler. Çimento ve kireç bazlı ürünlerde (sıva, beton) asit sülfürik tuzu hareketi nedeniyle çatlamlar görülür.

Çimento, atmosferik gazlardan ve asitlerden etkilenir. Bünyesinde asit etkisi meydana getiren CO₂ ve SO₃ gazı bulunan sular, florhidrit, nitrik, sülfürik ve klorhidrik asitler serbest kireci eriterek bağlayıcıların ayrışmasına neden olur, bünyesinde genleşme yaparak dağılmasına neden olan amonyum, potasyum ve kalsiyum sülfat (alçı) gibi maddeler kimyasal reaksiyon sonucu çimentoya zarar verir. Deniz suyundaki MgCl₂ de çimentoya zarar verir [13].

Yangın direnci; malzemelerin yangın anındaki davranışları, yer aldıkları yanıcılık sınıflarına göre değişir. Alçı, kireç ve çimento, yapı malzemelerinin hiç yanmayan (A1) sınıfında yer almaktadır. Özellikle alçı bünyesinde su bulundurduğu için yangına karşı dayanıklı bir malzemedir. Yangın esnasında bünyesindeki su buharlaşır ve sıcaklık bu suyun buharlaşması için harcandığından, sıcaklığın 100°C 'ın üzerine çıkması engellenmiş olur.

Korozyon; alçı, rutubetli ortamda demiri korozyona uğrattır. Bunun için metaller bitümlü boyalarla korunabilir. Ayrıca alçının kireçle karıştırılması korozif etkisini azaltır [17].

Fiziksel ve kimyasal tutunma; alçı iyi adezyon özelliklerine sahiptir. Kireç ve çimentonun uygun olmadığı bazı yerler için alçı kullanılabilir. Alçının aderansı tuğla, taş, demir vb. malzemelere karşı iyi olmasının yanında, ahşaba karşı zayıftır. Kirecin de taş ve tuğla gibi her türlü yapı malzemesine iyi bir şekilde yapışma kabiliyeti vardır [32].

Karışım suyu; betonu oluşturan temel malzemelerden biridir. Betonun karılmasında kullanılan karışım suyu iki önemli görevi yerine getirmektedir;

Çimento ve agrega tanelerinin yüzeyini ıslatarak yağlayıcı etki yaratmak ve böylece betonun kolay karıştırılabilmesini, taze betonun yerleştirilmesini, sıkıştırılabilmesini, özetle işlenebilmeyi sağlamak, toz halindeki çimento taneleriyle birleşerek ortaya çıkan çimento hamurunda hidratasyon denilen kimyasal reaksiyonları sağlamak.

Kıvam m³'e giren su miktarına bağlıdır. Beton mukavemeti su/çimento oranına bağlıdır. İşte bu sebeple şantiyeye teslimi yapılan taze betona daha fazla kıvam kazandırmak amacıyla fazladan su katmak betonun mukavemetini yok eder. Temiz, içilebilir, berrak ve kokusuz her su beton üretiminde kullanılabilir. Beton karma suyu asit niteliğinde olmamalıdır. Sülfat, değişik tuz vb. betona zarar verebilecek kimyasal maddeleri içermemelidir. Genel olarak içilebilir nitelik taşıyan bütün sular betonda kullanıma uygundur. Bir takım ön deneyler yapılmak kaydıyla, içilemeyen sularla gayet kaliteli beton üretilebilir. Bununla birlikte karışım suyu

içinde bulunabilecek tuz, asit, yağ, şeker, lağım ve endüstriyel atıklar gibi bazı maddeler betonda istenmeyen etkiler yaratabilir. Karışım suyunun analizlerle belirlenmesi ve kalitesinin belirli aralıklarla denetlenmesi şarttır. Betonun bünyesinde çimento ile reaksiyona girmeyen fazla suyun bıraktığı boşluklar yalnız dayanımı düşürmekle kalmamaktadır, boşluklardan içeri giren zararlı unsurlar (klor, sülfat vb. zararlı etkenler) beton ve donatıya zarar vermekte ve betonun ömrünü kısaltmaktadır [55,56,58].

Katkı maddeleri; betonun birtakım özelliklerini iyileştirmek amacıyla beton içerisindeki çimento miktarı baz alarak üretim sırasında veya dökümden önce belli oranlarda katılan organik veya inorganik kökenli kimyasallar katkı maddesi olarak adlandırılırlar. Katkı maddeleri çoğunlukla beton karışım suyuna katılır. Gereğinden fazla kullanıldığında olumsuz etkiler oluşturabileceği gibi yine gereğinden az kullanıldığı takdirde faydası olmayabilir [56]. Beton üretiminde kullanılan kimyasal katkı maddeleri aşağıda belirtildiği şekilde gruplandırılır. Betonun özelliklerini geliştirmek üzere transmiklere az miktarda ilave edilen maddelere katkı adı verilir. Katkı maddelerini kökenine göre kimyasal ve mineral katkılar olarak ikiye ayırmak mümkündür:

1) Kimyasal Katkılar: Beton üretiminde kullanılan kimyasal katkı maddeleri aşağıda belirtildiği şekilde gruplandırılır;

a) Su Azaltıcılar (akışkanlaştırıcılar); betonda aynı kıvamın veya işlenebilirliğin daha az su ile elde edilmesini sağlarlar. Taze betonda kullanılan su miktarı azaldıkça betonun dayanımı artar. Azalttığı su miktarı ile orantılı olarak normal ve süper olarak ayrılırlar. Betonun işlenebilir özelliğini artırıcı katkı maddeleri; çimento ağırlığının %0.2–0.5 arası oranlarda kullanılır. Taze betonun işlenebilirliğini arttıran bu katkılar aynı zamanda beton karma suyu ihtiyacını azalttıklarından betonun dayanımını da arttırırlar. Süper akışkanlaştırıcılar; daha çok yüksek dayanımlı beton üretiminde kullanılan bu katkılarla betonun su/çimento oranını 0.25'lere düşürmek olanaklıdır. Ancak süper akışkanlaştırıcılar normal akışkanlaştırıcılara kıyasla %1-%3 gibi çok daha yüksek dozajlarda kullanılır [51,58].

b) Priz Geciktiriciler; taze betonun katılaşmaya başlama süresini uzatırlar. Uzun mesafeye taşınan betonlar veya sıcak hava dökümleri için yararlıdırlar.

c) Priz Hızlandırıcılar; priz geciktiricilerin aksine, bu katkılar betonun katılaşma süresini kısaltırlar. Bazı uygulamalarda, erken kalıp almada ve soğuk hava dökümlerinde don olayı başlamadan betonun katılaşmış olmasını sağlamak için kullanılırlar.

d) Antifrizler; bu tip katkılar beton içindeki suyun donma sıcaklığını düşürerek suyun donmasını ve betonun çatlamasını engeller. Ancak soğuk hava şartlarında betona sadece antifriz katkı ilave edilmesi kesin çözüm olmayıp döküm yerinde betonun korunması için özel

önlemlerin alınması gereklidir. Bu katkıların betondaki miktarı hava sıcaklığına göre ayarlanabilir.

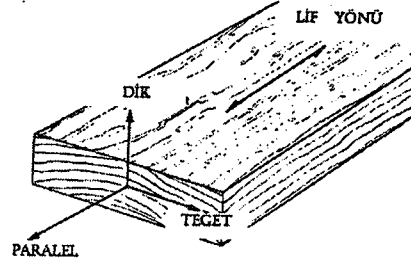
e) Hava Sürükleyici Katkılar; beton içinde çok küçük boyutlu ve eşit dağılılabilen hava kabarcıkları oluşturarak betonun geçirimsizliğini ve donma karşı direncini ve işlenebilirliğini artırır. Soğuk iklim koşullarında donma-çözülme tehlikesine karşı koruyan bu maddeler, aynı zamanda betonun işlenebilirliğini artırırlar.

f) Su Geçirimsizlik Katkılar; sınırlı miktarda hava sürükleyen katkılardır, ancak yerine yerleşmiş betonun su sızdırmazlığının sağlanması uygun yerleştirme tekniğinin iyi bir şekilde yapılmasına bağlıdır. Bazı betonlarda birden fazla katkı türü birlikte kullanılabilir. Ancak bu katkıların birbirlerinin etkilerini bozmadıkları denenmelidir. Kimyasal katkılar, yukarıda bahsedilen etkilerinden dolayı bütün inşaat sektöründe betonun ayrılmaz parçası olmuştur.

2) Mineral Katkılar: Betonun bazı özelliklerini iyileştirmek veya betona özel nitelikler kazandırmak amacıyla kullanılan ince malzemeler mineral katkı olarak adlandırılırlar. Bu katkıların betona ek dayanım kazandırma özelliği olduğu kadar, betonun durabilite (kalıcılık) anlamında da performansını da artırırlar. Tüm dünyada ve ülkemizde mineral katkılar zaman içinde her türlü fiziksel, kimyasal ve elektro-kimyasal dış etkilere karşı uzun ömürlü betonarme yapıların üretiminde portland çimentosu veya portland çimentosu klinkeri ile birlikte kullanılmaktadır. Mineral katkı çeşitleri; Silis dumanı, uçucu kül, yüksek fırın cürufu, tras çimento gibi öğütülmüş toz halde silolarda depolanan cüruf, uçucu kül, silis dumanı, taş unu vb. çeşitli maddelere 'mineral katkı' adı verilir. Mineral katkılar tek başına iken çimento gibi bağlayıcılık özelliği taşımazlar fakat birlikte kullanıldıklarında çimentoya benzer görev yaparlar, dolayısıyla çimento ekonomisi sağlarlar. Mineral katkılardan yüksek dayanımlı beton üretiminde de yararlanılır [51,56,58].

3.2. Ahşap

Ahşap malzemenin genel özellikleri; ahşap; lifli, anizotrop (özellikleri doğrultuya bağlı) ve organik esaslı bir yapıdadır (Şekil.3.1). Geleneksel yöntemle inşa edilmiş çok sayıda ahşap bina bulunmaktadır. Az katlı (en fazla iki) olarak inşa edilen bu tür binalarda kullanılan malzeme, yörede üretilen ahşaplardan oluşmaktadır. Malzeme ile sorun, genelde kullanım aşamasında ortaya çıkmaktadır [18].



Şekil 3.1. Ahşapta liflere göre farklı doğrultular

Ahşabın mekanik özelliklerindeki güvensizlik, malzemenin “homojen” olmayışından kaynaklanmıştır. Kontrol altında yetiştirilmiş ormandan elde edilen kereste, uygun şekilde kesilip kurutulduktan sonra homojen bir yapıya sahip olabilmesi için, ince dilimler halinde kesilip, yapıştırılarak yeniden kereste haline getirilir. Elde edilen kereste, örnekleme yoluyla mekanik deneylerden geçirilerek, standartları belirlenmiş ve damgalanmış “endüstri ürünü kereste” olarak paketlenir, doğrama yapımında veya diğer ahşap üretiminde kullanılırlar. Böcekler, mantarlar veya mikro organizmalar yoluyla ortaya çıkacak hasarlar için uygun kurutma yönteminin yanı sıra “sürme”, “daldırma”, “basınçlı” sistemler kullanılarak “koruma” uygulanır. Koruma için kullanılacak kimyasalların ahşabın görüntüsünü bozmamasına, kullanım aşamasında veya yanma halinde insan sağlığına zararlı gazlar çıkarmamasına dikkat edilmelidir [18].

Doğal ve organik bir yapı malzemesi olan ahşap, yapı üretiminde; geçit ve köprülerde, iskelelerde, temellerde (temel kazığı ve palplanş), binaların taşıyıcı sistem kurgusunda (kütük, çerçeve ve panel), büyük açıklıklı yapılarda çatı, duvar, döşeme ve merdiven kaplamalarında, kapı ve pencere doğramalarında, kalıp ve iskelelerde, mobilya vb. üretiminde kullanılan bir yapı malzemesidir. Eski çağlardan bu yana yapı üretiminde çeşitli biçimlerde kullanım alanı olan bir malzemedir. Doğal bir yapı malzemesi olması nedeniyle doğaya uyumlu, geri dönüşümlü; malzeme, üretim ve uygulama açılarından çevre kirliliği oluşturmeyen ahşabın insan sağlığına herhangi bir olumsuz etkisi olmadığı bilinmektedir.

Ahşap, yeterli dayanıma sahip bir yapı malzemesi olmasının yanı sıra oldukça hafiftir. Bu nedenle mesnetlerde ve temellere iletilen yükü azalmaktadır. Hafifliği, çekme ve eğilmeye karşı dayanımı nedeniyle büyük açıklıklar geçilebilmektedir. Binalarda kolon, kiriş ve duvar yapımında, duvar boşluklarının geçilmesinde, hatıl ve döşeme kirişlerinde, çıkma ve saçak oluşturulmasında kullanılmaktadır. Malzemenin hafif olması nedeniyle yatay yüklerin yapı üzerindeki etkisi azalmaktadır. Ahşap, hafifliğinin yanı sıra, şok etkisine dayanıklı ve titreşim emme özelliğine sahip sünek bir yapı malzemesi olması nedeniyle deprem etkisine karşı da dayanıklıdır. Depreme karşı dayanımının yanında deprem sonucu yapıda hasar söz konusu olsa

bile hafifliği nedeniyle can kaybı az olan bir yapım sistemi sunmaktadır. Ahşabın hafif oluşu, atölyede üretilen yapı elemanlarının şantiyeye ulaştırılmasını kolaylaştırır. Hazır betonarme yapı elemanlarına veya çelik taşıyıcı sistem elemanlarına göre, büyük açıklıklı kemer ve çerçeveler dışında özel bir taşıma yöntemine gereksinim duyulmaz. Bu nedenle, ulaşımı zor bölgelerde yapılacak yapılar için taşıyıcı sistem malzemesi olarak ahşabın seçilmektedir.

Tasarımda esneklik sağlayan, ayrıntı çözümleri kolay, ön yapımlı, atölye düzeyinde üretim yapılabilen, standart üretim sağlayan bu malzemenin üretim süresi kısa, işçiliği ise kolaydır. Aynı zamanda özel alet ve makinelere gereksinim yoktur. Bu nedenle üretim seri ve hızlı olmaktadır. Üretimi ve uygulaması kolay bu malzemeyle üretilen yapıların uygulamalarında hata riski düşüktür. İlk yatırımda ve uygulamada ekonomik bir üretim modelidir ve üretim için önemli bir yatırım gerektirmez. Ahşap sistemlerde taşıyıcı elemanların hafif oluşu, beton ve çeliğe oranla montajda büyük kolaylık sağlar. İskele ve büyük kaldırma makinelerine gereksinim olmaksızın, basit bir düzenekle ve çok kısa sürede montajı yapılabilir. Kuru yapım yöntemiyle üretilen bu yapı sistemleri her mevsim uygulanabilir.

Ahşap yapılar, sökülüp yeniden kurulabilir ve sistem içindeki parçaları değıştirilebilir. Çelik yapılarda olduğu gibi ahşap yapılarda da, yerinden söktükten sonra çok az bir kayıpla yeniden kullanılabilen bir yapım sistemi oluşturulur. Sökölme sırasında oluşabilecek kayıpların önlenmesi, tasarımın bu doğrultuda yapılmasına bağıdır. Betonarme sistemlerin ise sökülmesi ve yeniden kullanılması değil yıkılması söz konusudur. Ayrıca ahşap sistemler onarım, takviye, plan ve hacim değışiklikleri için uygundur. Kullanım süreci içinde fiziksel ve işlevsel nedenlerle eskimenin oluştuğu ve taşıma gücünün yetersiz hale geldiği elemanların veya taşıyıcı sistem bütünüünün onarım ve takviyesi mümkündür. Ahşabın bu fiziksel, mekanik ve estetik özelliklerinin yanında olumsuz yönleri ise; su ve nem, böcekler ve kurtlar, mantarlar, yangın, mekanik aşınma, bakım güçlüğü gibi etkenler karşısında davranışdır. Ancak kurutma ve koruma yöntemleriyle gerekli önlemler alınarak, düzenlemeler yapılarak bu etkenlerin oluşturabileceği sorunlar önenebilir.

Ahşap yapı üretimi açısından sınırlı deneyimi olan ülkeler için önemli bir sorun olan yangın tehlikesi, istatistiklerden elde edilen verilere göre, çağdaş ve modern ahşap yapılarda betonarme yapılardan fazla değildir. Çelik, beton, taş gibi malzemeler de yangından olumsuz yönde etkilendikleri ve bu malzemelerle oluşan sistemlerde de yangın sonucu büyük hasarların oluştuğu bilinmektedir. Yangın sırasında ahşap, yüzeyinde oluşan karbon tabakası nedeniyle yangının kesit içine doğru ilerlemesini engellemektedir. Bu nedenle ahşap yapı tasarımında gerekli önlemler alındığında yangına karşı istenen dayanım sağlanır. Yangın sırasında taşıyıcı sistemin davranışı, yanmaya karşı dayanım yanında, yangın sonucunda yıkılmaya karşı dayanım da olmalıdır. Dünyada kullanılan en eski yapı malzemelerinden olan ahşap, Türkiye'deki yapı

üretiminde de belirli bir dönem kullanılan bir yapı malzemesi olmuştur. Bu dönem sonunda Türkiye’de ahşap yapı üretiminin çeşitli nedenlerle sona erdiği görülmektedir. Böylece Türkiye’de geleneksel sivil mimariyi oluşturan ahşap yapılar, hızlı kentleşme süreci içinde yerini diğer sistemlerine bırakmıştır. Ancak, Türkiye’de ahşap yapı üretiminin, meydana gelen en son depremlerden sonra yeniden gündeme geldiği görülmektedir. Bunun en önemli nedeni ahşabın, üstün fiziksel ve mekanik özellikleridir [23].

Güneş, aşınma ve boya ile ahşap yaşlanır. Güneşin etkisi ile rengi solar, grileşir. Rüzgâr ile taşınan toz, toprak yüzeyini aşındırır ve aşırı olmadığı zaman hoş bir görüntü oluşur. Ancak bu eskime zamanla güneş ve yağmurun etkisi ile çatlamalara ve elyaf kaybına neden olabilir. Yüzeyde küf oluşabilir, çatlaklarda pislik birikir, çatlağın büyümesi ile içeriye su bile girebilir. Ahşabı bu tür bozulmalardan korumanın yolu yüzeyi bir boya, vernik, cila gibi “yüzey koruyucu” ile kaplamaktır. Uygun ahşabın seçilmesi, ahşabın çevre koşullarına göre korunması ve detaylandırılması hasar sorunlarını ortadan kaldırır.

3.2.1. İç Yapı Özellikleri

Ahşabın kimyasal yapısı selülozdan ibarettir $(C_6H_{10}O_5)_n$. Ağaç olgunlaştıkça bünyesine lignin alır. Lignin karbonhidrat sınıfından olmayan $(C_{10}H_{13}O_3)_y$ yapısında bir maddedir. Bunları birbirine bağlayan yarı selüloz ve pektindir. Yumuşak ahşap sert ahşaptan daha çok lignin içerir. Kuru ahşapta bunların oranları ortalama olarak şöyledir. %45–60 selüloz, %10–25 yarı selüloz, %20–35 lignin. Selüloz lignin ile birlikte ince uzun boru şeklindeki hücrelerin cidarlarını oluşturur. Pektin bu hücreleri birbirine bağlar, jelleşme özelliği nedeni ile su alınca önemli ölçüde şişer, kuruyunca büzülür. Bundan dolayı ahşabın liflere dik doğrultudaki boyutları rutubete bağlı olarak değişir [25].

Birim hacim ağırlık; bir ahşabın ağırlığının tüm hacmine bölünmesi ile ahşabın birim hacim ağırlığı elde edilir. Bu değer ağaç türlerine göre farklılık gösterir (Tablo 3.14). Ahşabın yetiştirme ortamının, senelik halka genişliğine, ağacın gövde yüksekliği ve yetiştiği yerdeki yön durumunun birim ağırlığa etkisi vardır. Birim hacim ağırlıkları genellikle $0.4\text{--}0.8\text{ gr/cm}^3$ arasında değişmektedir. Ahşabın birim ağırlığı arttıkça mukavemeti ve ısı iletkenliği artar. Nem miktarının her %1 oranında değişmesi ahşabın ağırlığında %0.5 oranında değişikliğe neden olur. Kuru ahşabın gözenekli haldeki ağırlığının, kuru haldeki hacmine bölünmesi sonucu özgül ağırlığı elde edilir. Ahşabın tam kuru veya rutubetli olması durumunda, özgül ağırlığı değişir. Farklı türler için özgül ağırlık $0.36\text{--}1.54\text{ gr/cm}^3$ arasındadır. Hücre boyutları ve hücre duvarının kalınlığı özgül ağırlığı etkiler.

Tablo 3.14. Ağaç cinslerine göre birim ve özgül ağırlıklar

	Birim hacim ağırlığı (Δ)gr/cm ³	Özgül ağırlık (δ)gr/cm ³
Çam	0.50	1.05
Meşe	0.89	0.8
Ladin	0.43	
Kayın	0.86	

Gözenek yapısı; ağacın büyüme esnasında, hücreleri büyük miktarda su içerir (büyüyen ağacın su miktarı, kuru ağırlığının %50-200'ü kadardır). Kuruma sonrası bu suyun büyük miktarı buharlaşır ve hücrelerinde büzülme gerçekleşir. Buna rağmen bu büzülme, hücre duvarlarının eriyip kaybolmasına neden olmaz, çünkü malzeme içinde boşluklar vardır. Bu boşluklar, hayli etkili kılcal tüplerdir. Kılcal kanalların boyut ve şekli öncelikle ahşabın türüne bağlıdır. Bunlar ağacın tepesine kadar ulaşabileceği gibi sürekli olmayabilir.

Asit-baz özellikleri; ahşapların çoğu asit özellik gösterir ve nemli koşullarda depolanırlarsa asetik asit üretirler.

a)Ağaç Türü

Ağaçlar hücre yapılarının yoğunluğuna göre sert ağaç veya yumuşak ağaç diye gruplandırılır. Yapraklılara sert ağaç, iğnelilere ise yumuşak ağaç denir. Ahşaplar yumuşaklıktan sertliğe doğru (Brinell' e göre 3.5~15.0 kg/mm²); balsa, söğüt, kavak, ladin, ıhlamur, köknar, karaçam, sarıçam, huş, ceviz, dişbudak, meşe, kayın, gürgen, kestane, maun, tik. vb. şekilde sıralayabiliriz. Doğrama için en uygun olanları ise sarıçam, meşe, kestane olarak sayılabilir.

b) Nem Etkisi

Ahşap nemliliğinin %0~30 arasında olması durumunda nemin %1 oranında değişmesi, mukavemeti lifine dik yönde %4, liflerine paralel yönde %2.5 oranında etkiler. Ahşap, kullanılacağı yerdeki nemliliğe kadar kurutulur. Nemliliğin oranı ahşap cinslerine göre farklılık gösterir.

Huş kayın, gürgen	% 32, 35
Ladin	% 30, 34
Karaçam	% 26, 28
Dişbudak, meşe, ceviz	% 23, 25

Ahşabın lifleri boyunca çektiği su, liflerine dik yönde çektiği suya oranla % 10~15 kez daha büyüktür.

c) Ahşabın Çalışması

Ağaç kesildikten sonra hücre içindeki suyunu kaybetmeye başlar. Kurutmaya devam edilirse hücre içindeki su da kurumaya başlar. Bu durumda ahşap büzülür, yani boyutu küçülür. Nemli bir ortamda ahşap, hücre duvarındaki ahşap doyma nemliliği $u = \% 30$ (ahşap cinsine göre farklı) sınırına ulaşınca kadar, şişmeye devam eder. Havanın nemi ile ahşap arasındaki nem alışverişi sıcaklık ile ilişkilidir. 23°C sıcaklık ve $\% 50$ relatif nemde ahşap doyma nemliliği $u = \%9$ olacaktır. Burada ahşap cinslerine göre “u” nun farklı değerler alacağı ihmal edilmiştir [49].

3.2.2. Mekanik Özellikleri

Ahşabın mukavemetine etki eden faktörler; birim ağırlığı, ısı ve rutubet derecesi, lif açısı, budaklar, yıllık halkaların yön ve genişlikleridir. Mukavemet birim ağırlıkla doğru orantılıdır. Ahşabın kalitesi ve mukavemeti; cinsi ve hücre yapısının dışında “büyüme dönemi” ne de bağlıdır. Bu dönemde rüzgâr ve zemine ait manyetik alanlar, ahşabın “dönük”, “eğri” veya “asimetrik kesitli” yetişmesine neden olabilir. Öz suyunda oluşan hastalıklar, yine suyundan veya selülozdan yararlanan kurt, böcek, mantar gibi parazit canlılar ahşabın niteliğini etkiler. Ekilmiş ve kontrollü büyüyen ormanlarda kerestede görülen hasarlar daha aza inmiş olacaktır. Ahşabın mekanik özellikleri; ahşapta diğer yapı elemanlarında görüleceği gibi basınç, çekme, kesme, dönme (torsiyon), eğme kuvvetleri ile karşılaşır. Kuvvet, liflere dik ($\perp$) ve liflere paralel ($\parallel$) durumdayken, ahşap farklı davranış gösterir.

a) Basınç: Ahşabın basınç mukavemeti, çekme mukavemetinin hemen yarısı kadardır. Ahşaptan bir eğilme çubuğu düşünülecek olursa bunun çekme tarafı dayanırken, basınç tarafının ezildiği görülür. Basınç çubuğunda ise davranış ahşap ezilmeden önce narinlik etkisiyle esner veya döner.

b) Çekme: Ahşap çekme kuvveti altında fazla boy değişikliği göstermez. Ahşabın cinsinin belirtilmesi ile yoğunluğu hakkında bir fikir elde edilir. Yoğunluk ahşabın çekme ve eğilme mukavemetlerini yükseltir.

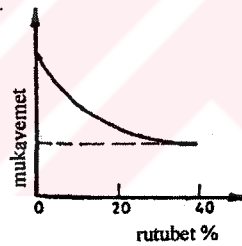
c) Kesme: Ahşabın liflerine dik kesme mukavemeti ($\perp$), liflerine paralel ($\parallel$) kesme mukavemetine oranla 3~4 defa daha büyüktür.

d) Eğilme: Ahşabın eğilme mukavemeti malzemenin elastisite modülü ve elemanın geometrik büyüklüklerine bağlıdır. Kesit büyüklüğünün 4:7 (genişlik/yükseklik) oranında olması en büyük mukavemeti vermektedir [49].

Tablo 3.15. Ahşabın mekanik özellikleri

	Basınç m. (N/ mm ²)		Çekme m. (N/ mm ²)		Kayma m. (N/ mm ²)	Sertlik Brinell	Elastisite modülü (N/ mm ²)	
	$\sigma_{\parallel}$	$\sigma_{\perp}$	$\sigma_{\parallel}$	$\sigma_{\perp}$	τ	H	$E_{\parallel}$	$E_{\perp}$
Çam	104	2.1	37.9	4.6	3.6	7	10000	300
Meşe	90	4	61	11	11	41	12500	600
Ladin			31.1	4		14	8300	
Kayın	66	2.3	36.5	12	5.4	25	12500	600

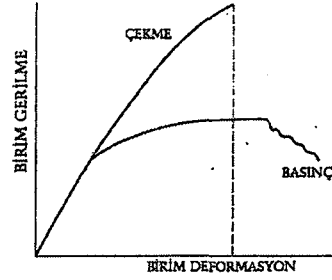
Lifler ve trakeidler ahşabın mukavemet unsurlarıdır. Hücre boşlukları geniş olanlar yumuşak ve az mukavemetli olurlar. Lifler uzun olursa eğilme mukavemeti artar. Liflerin seyrekliği ve düzensiz dağılmış olmaları eğilmeyi kolaylaştırır. Yıllık halkaları dar olanlar daha hafif ve yumuşak olurlar.



Şekil 3.2. Ahşapta rutubet oranının mukavemete etkisi

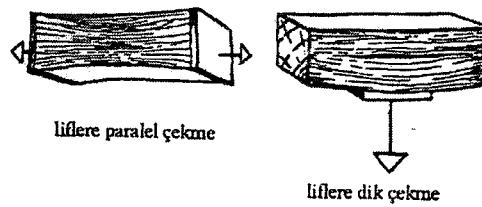
Ahşaptaki su miktarının mukavemet üzerine önemli bir etkisi vardır. Basınç mukavemeti su miktarına bağlı olarak değişir. Su miktarı arttıkça, lif doyma noktasına varıncaya kadar, mukavemette bir azalma görülmektedir. Su miktarı, lif doyma noktasını geçerse mukavemette bir değişme görülmemektedir (Şekil 3.2) Çünkü bu durumda liflerin çeperleri su ile tamamen dolmuş olmakta, suyun fazlası liflerin ortasındaki boşluğa dolmaktadır. Ahşabın mukavemet özellikleri, liflere paralel doğrultuda ve kuru durumda en yüksek olmaktadır [21].

Basınç ve Çekme Dayanımı



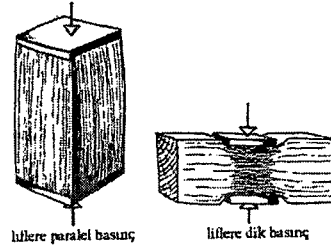
Şekil 3.3. Liflere paralel yönde basınç ve çekme mukavemeti

Ahşap anizotrop bir malzeme olduğundan, mukavemet özellikleri liflerin doğrultusuna bağlı olarak değişmektedir (Şekil 3.3). Liflere paralel basınç ve çekme mukavemetleri liflere dik yönden daha yüksektir (Tablo 3.15). Ahşabın öz odun tarafından basınç, diri odun tarafından da çekme direnci yüksek mukavemet değerlerine sahiptir (selüloz eğilme ve çekme, lignin de basınç mukavemetini sağlar). Mukavemeti yoğunlukla birlikte artar, nem miktarının yükselmesiyle azalır. %28-30'dan daha fazla nem miktarı içeren ahşabın mukavemet özellikleri, %12 nem miktarındaki ahşabın üçte ikisi kadardır. Sıcaklığın 1°C yükselmesi mukavemeti %0.3 oranında düşürür. Basınç ve eğilme hallerinde mekanik özellikler yükün devam süresine de bağlıdır. Uzun süreli bir yük altında ahşabın deformasyonları da yavaş fakat sürekli olarak artar [21].



Şekil 3.4. Çekme etkisinde ahşap

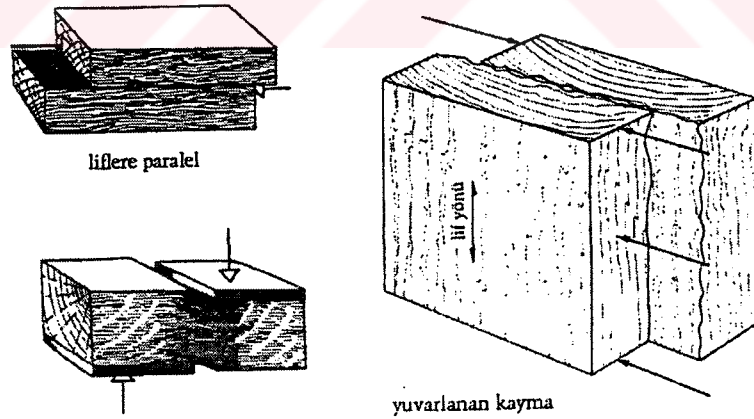
Liflere paralel çekme mukavemeti ahşabın en kuvvetli özelliğidir (Şekil 3.4). Fakat pratikte bu özellik budaklar ve yarıklarla etkilenir. Budaklar basınç direncinde %22, çekmede %85 direnç düşmesi meydana getirirler. Liflere dik yöndeki çekme mukavemeti ise zayıftır. Liflere paralel çekme mukavemeti, dik yöndekinin %30 katıdır [25].



Şekil 3.5. Basınç etkisinde ahşap

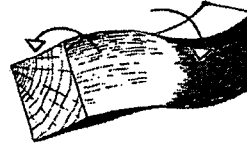
Liflere paralel basınç, hücrelerin bükülmeye karşı dirençlerine bağlıdır ve dik yöndekinden 2–5 kez daha büyüktür (Şekil 3.5). Liflere paralel yöndeki basınç mukavemeti, bu yöndeki çekme mukavemetinin yarısı kadardır. Liflere dik yöndeki basınç, hücrelerin yassılaşmasına sebep olabilir, yüksek miktarda yük olmasa dahi büyük miktarda deformasyon meydana gelebilir.

Kayma direnci; ahşap liflere dik yönde yüksek bir kayma mukavemetine sahiptir. Liflere paralel bir düzlemde kayma meydana geldiği zaman, aynı yönde kayma tepkisi gerçekleşir (Şekil 3.6). Liflere dik kaymada dokunun normal (dik) düzleminde zarar ortaya çıkar. Yuvarlanan kayma liflere paralel bir düzlemde gerçekleşir, fakat kayma yönü liflere paralel bir düzlemde liflere dik açıdadır.



Şekil 3.6. Ahşapta farklı doğrultularda kayma direnci

Burulma dayanımı; ahşap tasarımında burulma dayanımı pek göz önünde bulundurulmaz (Şekil 3.7). Burulmaya karşı mukavemetin belirlenmesinde rijitlik modülü kullanılır. Maksimum burulma kuvvetinin değeri liflere paralel yöndeki basınç kuvvetinden daha yüksek, bu yöndeki çekme kuvvetlerinden daha düşüktür [35].



Şekil 3.7. Ahşap burulma

Sertlik ve aşınma dayanımı; yabancı bir cisim darbe etkisiyle bünyesine girmesine karşı ahşabın gösterdiği mukavemete “sertlik” denir. Sertlik 20–80 Brinell arasındadır (Tablo 3.15). Yüksek nem seviyesinde, ağacın sertliği sıcaklık düşmesiyle azalmakta, düşük nem seviyesinde(örneğin %12) ise sertlik sıcaklığın düşmesiyle artmaktadır. Yumuşak ağaçlar daha kolay aşınırlar. Ahşabın öz odun kısmı diri oduna kıyasla daha dayanıklıdır. Sertlik ağacın direnci hakkında kesin ve doğru bir fikir vermediğinden daha çok ağacın işlenmesi ve aşınmaya karşı dayanması bakımından önemlidir. Ayrıca sertlik, birleşimlerde önemli rol oynar. Çivi, bulon, vida ve kama kullanımı da bu özellik ile ilgilidir [39].

Deformasyon-elastisite modülü; elastisite modülü liflere paralel doğrultuda 7000–14000 N/mm², çapsal doğrultuda ise 500–1000 N/mm²’dir (Tablo 3.15) [39]. Liflere dik yöndeki hareketler lif boyunca gerçekleşen hareketlerden 50 kez daha fazladır. Suyu doymuş ahşap havada kurumuş malzemeye kıyasla daha küçük bir mukavemet ve elastik modülüne sahiptir. Yürürlükte bulunan Ahşap İnşaat Şartnamesi ve ileride bunun yerini alacak olan (TS 647) numaralı standart tasarısında (E-Modülü) değerleri Tablo 3.16’de olduğu gibi verilmiştir.

Tablo 3.16. E-Modülü değerleri

Ahşap Çeşidi	E(Liflere Paralel)(kg/cm ²)	E(Liflere Dik) (kg/cm ²)
Çam Sınıfı	100.000	3.000
Meşe ve Kayın	125.000	6.000

Taşıyıcı iskelet malzemesi olarak kullanılabilecek ahşap, kalitesine göre üç sınıfa ayrılmıştır. Birinci sınıf ahşap yüksek mukavemetli, ikinci sınıf ahşap normal, üçüncü sınıf ise zayıf mukavemetli ahşaptır. Ahşap yapılarda kullanılan metaller ve bunlara ait emniyet gerilmeleri; en çok kullanılan metal, normal yapı çeliğidir. Profil, çubuk ve levhalar şeklinde kullanılırlar. Emniyet gerilmeleri, çelik yapılarda olduğu kadar değildir. Kalite aynı (Ç.37-St.37) olduğu halde, Ahşap İnşaat Şartnamesi’nde emniyet gerilmeleri daha az ve (1200 kg/cm²) olarak verilmiştir. Çok kere elde işlenen parçalar oldukları için kaliteleri bozulur, azaltmanın nedeni budur. Çelik gergi çubuklarıyla, ankraj çubukları ve bulonların dış gibi kesitlerinde ise

emniyet gerilmeleri daha da az (1000 kg/cm^2) alınır. Birleşim elamanı olarak kullanılan bulon, çivi vb. özel bir çelikten yapılırlar.

3.2.3. Isı İle İlgili Özellikler

Isı etkisi; ahşapta (α_1) ısı katsayısı küçük olduğundan, şartname uyarınca, ısı etkisi hesaba katılmaz(çam sınıfı için $\alpha_1 = (0,3\sim0,9) 10^{-5}$, ortalama 0.000006). Isı katsayısının küçük oluşu gerekçesi yanında bir diğer önemli gerekçe de, ısı ve rötreden ileri gelebilecek gerilme ve deformasyonların ters yönde oluşlarıdır. Örneğin, ısındığında uzayan bir ahşap elamanın boyu, ısı etkisi ile ahşabın kuruması sonucu oluşacak rötre nedeniyle tekrar kısalır. Bir tür dengeleme meydana gelir [9].

Ahşapta ısı katsayısı küçük olduğundan ısı etkisi hesaba katılmaz. Bununla birlikte ısı ve rötreden oluşacak gerilme ve deformasyonların ters yönde olması malzemede bir iç denge oluşturmaktadır. Sıcaklık düzeyi yükselen bir ahşap elemanın boyunun uzamasına karşın, ısı etkisiyle ahşabın kuruması sonucu oluşan rötre nedeniyle de boyu kısalır. Ayrıca ses iletme, yutma ve yansıtma özelliği olan bir malzemedir [23].

Tablo 3.17. Ahşabın ısı ile ilgili özellikleri

	Isı İletkenlik K. W/mK	Isı Genleşme K. cm/cm°C(x 10^{-6})		Isı Biriktirme Kapasitesi W/ m ^{2o} K	Özgül Isı Wh/kg ° K
	λ	α	$\alpha^{\perp}$	S_{24}	C
Çam	0.31	5.4	34.1	3.7	0.7
Meşe	0.21	3.4	28		
Ladin	0.22				
Kayın	0.17				

Isı geçirgenliği ve iletkenliği; hücresel yapısı ve bünyesindeki selüloz nedeni ile ısı geçirimsiz bir malzemedir (Tablo 3.17). Çünkü hücreler arasında kalan ince hava boşlukları sıcak ve soğukun geçmesine engel olur ve ayrıca selülozun kendisinde kötü bir iletkenidir. Ahşabın ısısal iletkenliği türlere, özgül ağırlığına ve nem içeriğine göre değişmektedir. Ağırlıkça hafif olanlar daha iyi yalıtıcıdır. Nem içeriği azaldıkça yalıtıcılık özelliği artar. Nem miktarının %1 artışı karşısında ısı iletkenlik katsayısında %1.25'lik bir yükselme görülür. ısısal iletkenlik lif doğrultusuna göre de değişir. Ahşap ısıyı liflere paralel yönde ısısal doğrultuya kıyasla daha fazla taşır.

ısısal genleşme; sıcaklık etkisiyle ahşabın boyutlarında değişiklikler olur, yani sıcaklığın etkisi altında hacim genişler ve soğukun etkisiyle hacim büzülür. Fakat bu değişiklikler, rutubet dolayısıyla meydana gelen değişikliklerin yanında ihmal edilebilecek kadar azdır. Çünkü sıcaklığın yükselmesiyle hacmi genişleyen ahşap, aynı zamanda rutubetin azalmasıyla

büzülecektir. Isı sebebiyle genişleme, çap doğrultusunda lif doğrultusuna kıyasla daha fazladır. Isısal genişleme katsayısı liflere paralel yönde $4-9 \cdot 10^{-6}$, dik yönde $30-50 \cdot 10^{-6}$ cm/cm °C dir. Sert ağaçlar, ısısal değişimlerden yumuşak ağaçlara kıyasla daha fazla etkilenmektedir.

Isısal genişleme, malzemede meydana gelen iç gerilmeler, ısı değişim hızı ve ısı iletkenlik katsayısı ile ilgilidir. Ani ve büyük ısı değişimleri, küçük ve yavaş ısı değişimlerinden daha zararlıdır. Büyük boyutlarda kullanılan ahşap malzeme daha fazla genişlemektedir. Vidalı veya elastik yapıştırıcılarla yapılan tespitler bunu engellemektedir. Özellikle farklı genişleme katsayılarına sahip malzemeler bir araya getirildiğinde vidalı veya elastik yapıştırıcılarla hareketli birleşmeler sağlanmalıdır [8].

Isı biriktirme kapasitesi; ahşap düşük bir ısı biriktirme kapasitesine sahiptir. Bunun için kolay ısınır ve dokununca sıcak bir malzemedir (Tablo 3.17).

3.2.4. Su ve Nem İle İlgili Özellikleri

Su emme, geçirimsizlik ve kılcallık; ahşap su emici bir malzemedir ($S_a = \%15-100$). Emilen su, hücre zarlarını oluşturan selülozun birbirine komşu olan zincir moleküllerinin hidroksil gruplar ile karşılıklı olarak tespit ettikleri su molekülleridir. Su emildiği zaman lifleri meydana getiren zincirlerin arası açılır ve böylece hacim büyür yani ahşap şişer. Şişme ve büzülme ahşabın üç yönünde aynı değildir. Lifler yönünde hiçbir değişiklik görülmez. Teğet yönündeki değişiklik radyal yöndeki değişikliğin 2-3 katıdır. Yoğun ahşap yumuşak ahşaba nazaran daha çok büzülür. Liflerin, adsorbsiyon yoluyla tespit ettikleri su ile doymuş hale geldikleri duruma “doymuşluk noktası” denir.

Doymuşluk noktası ahşabın serbest suyunu kaybettikten sonraki durumudur; $\%28$ civarındadır. Su, ahşaba sadece dışarıdan gelen ya da ağacın su iletme işlevinden artakalan bir yabancı madde değil, onun asıl bileşenlerinden biridir. Ahşaptaki suyun bir miktarı ($\%25-30$) ahşap liflerine kimyasal olarak bağlıdır. Ahşaba yöneltilecek eleştirilerden biri ahşabın çalışması, yani ıslanma ya da ortam rutubetinin değişmesi ile boyut değiştirmesidir. Ahşabın seçimi, kurutulması ve ahşap elemanın tasarımı doğru yapılırsa problemler ile karşılaşılmaz. Her malzemenin çalıştığı unutulmamalıdır. Ahşap ısı ile boyut değiştirmez, ısı ile yumuşayıp sertleşmez. Sadece suyla enine kesitlerde bir çalışma söz konusudur. Su ile ahşap boyuna çalışmaz. İşte bu nedenle çok büyük açıklıklar geçmede ahşap, tasarımcıya büyük olanaklar sağlar. Gündüz-gece arasındaki ısı farklarının yarattığı problemleri çözmek için olağanüstü detay çalışmaları yapmak gerekmez. Ahşabın nem ile boyut değiştirirken dönmesi, boyuna kesitinde liflerin düzgünlüğüne dikkat edilerek önlenabilir. Yapılan iş için bu problem çok önemli ise çeyrek kesime başvurulabilir.

Ahşap; çalışan bir malzeme olduğundan harç ile birlikte ortak davranış göstermez, arada mutlaka çatlamlar olur. Bu çatlaklardan giren su ahşabı çürütür. Ahşap, higroskopik bir malzeme olması nedeni ile nem değişikliklerine karşı oldukça duyarlıdır. Ahşaptaki nem oranına bağlı olarak değişiklikler gösterir. Ahşapta, havanın nemliliğindeki ani değişimler sonucu çeşitli deformasyonlar oluşur.

Ahşaptaki nem dışarı çıkmak isteyecektir. Ancak geçirgen olmayan bir kaplama veya boya kullanmak bu geçişi engelleyecek, nemin tabakanın arkasında birikerek su kabarcıkları oluşturmaya neden olacaktır. Nemin buhar basıncı, adezyon kaybına ve kabarmalara, tabaka üzerinde doku ve lekelenmelere neden olabilir. Boya tabakasının çatlaması sonucu, çatlaklardan giren su, ahşap malzemeyi ıslatır. Üzerindeki boya tabakasından dolayı buharlaşıp çıkamayan su, mantarların gelişmesi içinde uygun bir ortam oluşturur. Bunları önlemek için ahşabın nefes almasını sağlayan, su geçirmeyen fakat su buharına engel olmayan boyalar tercih edilmelidir.

Ahşabın; diğer malzemelerle yan yana kullanılması (özellikle tuğla, beton ya da taş malzemelerle) bozulmalara neden olabilir. Ahşap malzeme tuğla gibi gözenekli ve nem emici bir malzeme ile ilişkisi sonucu da hasara uğrar;

Nem oranı; ahşabın nem oranı (rutubeti), kurutulmuş ağırlığının yüzdesi olarak ifade edilir. Yani, yarısı kuru ahşap lifi ve yarısı da nem olan bir parça ahşabın nem oranı %100' dür. Bu sebeple, yeşil kerestenin nem içeriği %100'den çok daha fazla olabilir. Yeni kesilmiş ağaç kururken, içerdiği nemin, kuru ağırlığının %30'u miktarına düşmesine kadar asıl boyutlarını korur. Lif doygunluk noktası olarak bilinen bu noktadan itibaren, kurudukça büzülür. Benzer şekilde, kuru ahşaptaki nem maksimum %30 oranına kadar arttığında şişer. Nem oranının, bu oranın üzerine çıkması daha fazla genleşmeye sebep olmaz. Nem hareketi, sehim (aşağı eğilme), burkulma ve çatlama gibi şekil değişikliklerini de beraberinde getirebilir.

Ortamın bağıl rutubet değişiklikleri ahşabın nem oranını ve boyutsal hareketini etkilese de, özellikle dış cephede kullanılan ahşap için asıl etken yağmur sularının ahşabın içine girmesidir. En önemli yol da enine kesitlere ait yüzeylerdir, boyuna kesitlere ait yüzeylerin yüzlerce katı su emme kabiliyetine sahiptirler. Düşük geçirgenliğe sahip türlerde, yatay kesitten suyun girmesi yalnızca hafif ve yerel bir ıslanmaya neden olurken; geçirgenliği yüksek ağaçlarda (yumuşak ahşaplarda) nem dağılımı hızlı ve oldukça fazla olmaktadır. Kolaylıkla, %100'ün üzerindeki rutubet seviyelerine ulaşılabilir.

Ahşap ne denli dikkatli bir şekilde kurutulursa kurutulsun, nem alması, çürümeye karşı ön koruma işlemi uygulanmış bile olsa, ahşabın özelliklerinde boya tutma kabiliyetini de etkileyecek değişikliklere sebep olacaktır. Bu nedenle özellikle ahşabın, doğrudan suyla temas halinde olduğu dış cephelerde sıvı suyun geçişine karşı koyan ancak buhar halindeki suyun dışarı doğru çıkışına izin veren mikro gözenekli boyalar kullanılmalıdır [49].

Tablo 3.18. Ahşapların kurutulma nem oranları

Kullanım alanı	Nem oranı (%)
Zeminde (yerden ısıtmalı)	6–10
Zeminde (daimi ısıtmalı)	9–12
İç doğrama (daimi ısıtmalı)	8–12
İç doğrama (kesintili ısıtmalı)	10–14
Dış doğrama	13–19
Taşıyıcı olarak	16–20

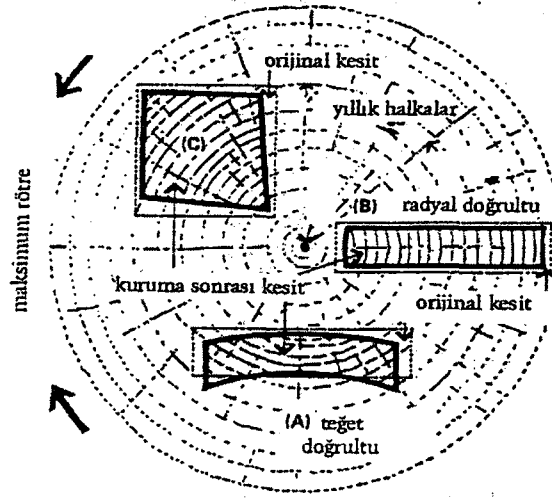
Buhar geçirgenliği; ahşap higroskopik yapısı nedeniyle havadaki nemi bünyesine alabilmekte ve havaya nem verebilmektedir. Nem emdiği zaman genişler, kuruduğu ya da nem kaybettiği zaman büzülür. Ahşap kesildikten sonra havadaki nem oranıyla bir denge sağlanıncaya kadar nem kaybetmeye başlar. Kurutularak uygun nem içeriğine getirilir. Tablo 3.19’da görüldüğü gibi, ahşabın buhar geçirgenliği, içerdiği nem miktarına göre değişmektedir.

Tablo 3.19. Ağaç türleri için nem durumuna göre buhar difüzyonu

<u>Su buharı difüzyon direnç değerleri(μ)</u>	
Çam için	%4 nemli durumda $\mu=230$
	%6 nemli durumda $\mu=160$
	%8 nemli durumda $\mu=110$
Gürgen için	%10 nemli durumda $\mu=70$
	%15 nemli durumda $\mu=11$
	%20 nemli durumda $\mu=8.5$
	%30 nemli durumda $\mu=2$
	%40 nemli durumda $\mu=1.5$
	%50 nemli durumda $\mu=1.9$

Ahşabı uygun nem seviyesine getirmek için yapılan kurutma işlemi yavaş yavaş yapılmalıdır. Ani ısı değişimleri ahşabın çatlamasına sebep olmaktadır. Bu da mukavemeti azaltmaktadır. İç mekânda kullanılacak ahşabın denge nem oranı %6-12, dış mekânlar içinse %12-15 arasındadır. Şekil 3.8 de görüldüğü gibi doyma noktasının altındaki nem oranında çalışmadan dolayı ahşapta boyut değişiklikleri görülür. Liflere paralel yönde çalışması

önemsizdir, en büyük boyut değişikliği büyüme halkalarına teğet yöndedir. Sert ve ağır ağaç türleri yumuşak ve hafif olanlardan daha fazla çalışır.



Şekil 3.8. Ahşapta kuruma sonrası şekil değişiklikleri

Bünyesi itibariyle ahşap, bir merkez etrafında iç içe daireler üzerinde sıralanmış borucuklardan ibaret bir demet şeklinde düşünülebilir ve mukavemeti çeşitli etkenlere bağlı olmak üzere çok değişir. Bu etkenlerin bazıları şunlardır; iklim, arazi, rüzgâr, ormanın yoğunluğu, çeşitli hastalıklar, budaklar, büyüme kusurları, kesilme ve kullanma yaşı, nemlilik. Ayrıca ağacın cinsi (çam, meşe) aynı cins ağaçlardan ibaret olan bir armanda ağacın yeri, aynı ağaçtan alınan deneylik parçaların ağaçtaki yeri (kökten uca doğru mukavemet azalır) ağacın belirli bir kesitinden alınan deneylik parçanın kesit içindeki yeri (öz'den kabuk'a doğru gittikçe mukavemet artar, gençliğinden yavaş büyüyenler hariç), ahşabın mukavemetine etkiyen en önemli etkenlerdir [9].

İçerdiği nem miktarı; ahşap, nemli bir malzeme ile ya da suyla temasta olduğu zaman, yüksek bir nem miktarına sahiptir. Higroskopik yapıda olduğundan havanın nem miktarıyla dengeye gelinceye kadar nem alır ya da verir. Nem miktarı, 3.9 no'lu denklemde belirtildiği gibi ahşaptaki suyun ağırlığının kuru ahşaptaki suyun ağırlığının kuru ahşabın ağırlığına oranının yüzdesidir [25].

$$\text{Nem miktarı} = \frac{(\text{ağırlık-kuru ağırlık})}{\text{kuru ağırlık}} \cdot 100 \quad (3.9)$$

Ahşap, bünyesindeki nem miktarına göre 4 gruba ayrılabilir:

%13'ten az → kurutulmuş ahşaptaki nem oranı

%13-17 → açık havada kurumuş ahşabın nem oranı

%18–22 → piyasada kuru kabul edilen ahşabın nem oranı

%23–30 → yarı kuru veya az kuru ahşabın nem oranı

Ahşabın hücreleri bol miktarda su içerir ve bu su ahşapta 3 farklı şekilde bulunur:

1-Ahşabın kimyasal yapısını teşkil eden selüloz ve lignin moleküllerine kimyasal olarak bağlı bulunan bünye suyu: Kurutma sırasında yok olmaz, miktarı değişmez, sabittir.

2-Selülozun absorpsiyon yoluyla elde ettiği su: Ahşabın şişmesine neden olur (absorpsiyon suyu-emme suyu) ve ahşabın içinde bulunduğu ortamın rutubet derecesiyle ilişkilidir.

3-Hücre içlerini veya hücre aralarını dolduran su; kapilerlik suyu veya serbest su adını alır. Hücre boşluklarındaki serbest su kesimi izleyen günlerde buharlaşır.

Ahşap kururken, serbest su tamamen gitmeden, hücre duvarındaki su verilmez. Hücre boşluğu tamamen boşken, hücre duvarı tamamen doymuş ve ahşap doyma noktasına ulaşmıştır. Doyma noktası nem içeriğinin %25–30 arasında olduğu zamandır. Nem miktarı doyma miktarının altına düştüğü zaman, ahşabın boyutlarında değişiklikler, çalışma denilen büzölmeler görülür. Ortamın nemi emildiğinde ise ahşabın hacmi genişler ve şişme meydana gelir. Boyut değişimleri ile buna neden olan nemlilik derecesi arasındaki bağıntı doğrusaldır [35].

$$\text{Çalışma (\%)} = (\text{boydaki değişim/orijinal boy}) * 100 \quad (3.10)$$

Ahşap anizotrop bir malzeme olduğundan, çalışma miktarı doğrultuya göre değişmektedir (Tablo 3.20).

Tablo 3.20. Ahşabın çalışma miktarının doğrultuya bağlı değişimi

Yön	Çalışma
Radyal	3-6
Teğet	5-12
Boyuna	0.1-0.2
Hacimsel	7-18

Nemlilik (rutubet) derecesinin ahşap mukavemeti üzerine büyük ölçüde etkisi vardır. Nemlilik derecesinin %30'u geçmesi halinde mukavemetin sabit kalışı, değişmemesidir. Nemlilik derecesi bakımından ahşap, yürürlükteki şartnamemize göre üç gruba ayrılmıştır.

Tablo 3.21. Nemlilik derecesi bakımından ahşap

Ahşap	Nemlilik Derecesi
Kuru	$R \leq 20$
Yarı Kuru	$20 < R \leq 30$ (*)
Yaş	$R > 30$ (*)

(*)Kesit Alanı $F > 200 \text{ cm}^2$ ise:30 yerine 35

3.2.5. Ses İle İlgili Özellikler

Ahşap, içyapısının hava boşluklu dokusundan dolayı ses tutucu bir malzemedir. Bu, türlerine ve liflerin doğrultularına göre farklılık gösterir. Ses emme özelliği özgül ağırlığının artması, yüzey pürüzlülüğü, kalınlık ve rutubet artışı ile ters orantılı olarak azalmaktadır. Ahşapta ses emicilik değeri (α) 0.06–0.10m/sn (500Hz için) değerleri arasında değişmektedir.

3.2.6. Elektrik İle İlgili Özellikleri

Elektrik geçirgenliği nem derecesine bağlı olarak değişir. Kuru halde elektrik iletmeyen bu malzemenin, rutubet derecesinin artmasıyla iletkenliği de artar ve doymuşluk noktasında max. erişerek sabit kalır. Elektrik iletkenliği yöne göre de değişir; aksi yönde teğet yöne göre 2–4 kat fazladır.

3.2.7. Işık İle İlgili Özellikleri

Işık ile ilgili optik özellikler, ışık dalgalarının malzemedeki elektronlar, elektriksel kutuplar ve iyonlarla etkileşmesi ile sağlanır. Işık geçirgenliği malzemenin yüzeysel durumuna ve rengine bağlıdır. Ahşap opak bir malzemedir ve ışığı geçirmez. Açık renk boyananlarda ışığı yansıtma, koyu renkli olanlarda ise yutuculuk görülür.

3.2.8. Fiziko-Kimyasal Özellikler

Yüksek selüloz ve lignin miktarı, düşük yarı selüloz miktarı, düşük geçirgenlik, düzgün doku, alçak nem miktarı ahşabın kimyasal direncinin iyi olmasını sağlar. Ahşap dokusu, selüloz ve ligninden beslenen bakteri, mantar, böcek ve kurtlar tarafından hızla ayrıştırılmakta ve kesit zayıflayarak parçalanmaktadır. Bu tür canlılardan bir kısmı ahşapta yumurtlamak ve yaşamlarını sürdürmek için bir takım delikler açmakta, ancak önemli bir kısmı da beslenmek için selüloz ve lignini kimyasal ayrışmaya uğratarak malzemeyi kısa zamanda toz haline getirmektedirler [39]. Selüloz parçalandığı zaman ahşap, kırılğan ve kahverengimsi görüntü alır. Lignin çözüldüğü zaman ise yumuşak ve beyaz selüloz kalır [35].

Termitler genelde sıcak iklimlerde ve böcekler nemli ortam şartlarında bulunurlar. Mantarların gelişebilmesi için gerekli şartlar %20'yi aşan nem oranı, yiyecek, hava ve uygun sıcaklık miktarıdır. Mantarlar biyolojik bozulmalara, küf ve lekelere neden olur.

Bütün ahşaplar ultraviyole ışınlarının, akan suyun etkisiyle grileşir, yağmur ve rüzgâr aşındırıcılarıyla pürüzlenir. Bakteri, küf ve kimyasal gazlardan kaynaklanan renk değişiklikleri, sürekli ıslanma ve kuruma sonucundaki çatlaklar diğer aşınma etkileridir. Metallerle karıştırıldığında, ahşap alkalilere ve zayıf asitlere karşı iyi direnç gösterir. Kuvvetli alkali çözeltiler ahşapta yumuşamaya sebep olur. Alkoller ise direnç kaybı ve şişme yaparlar. Asit ve alkollerin uzun süre teması ile hidroliz olayı sebebiyle ahşapta bulunan karbonhidratlar bozulmakta ve ahşap malzeme zarar görmektedir.

Su ve toprağın içinde sürekli kalan ahşap bazı değişikliklere uğrasa da(kararma) mukavemetine etki etmez. Ancak bu temasın daimi olması şarttır, aksi takdirde ahşap kolayca bozulur ve çürür. Topraktan veya ıslak duvardan gelen inorganik tuzlar ahşabın kimyasal yapısının bozulmasında küçük rol oynarlar. Havanın uzun teması sonucunda karbon yavaş yavaş oksidasyona uğrar ve ahşap kararır.

Güneş radyasyonunun etkisi; güneş radyasyonunun ısısal etkisiyle ahşap malzemenin içyapısında bazı kimyasal değişimler, ayrışma ve çözümler meydana gelmektedir. Mor ötesi ışınların meydana getirdiği parçacıklar ahşabın atom yapısını bozmakta, eskime, oksidasyon sonucu yanma ve kararmaya sebep olmaktadır. Yüzeyde 2-3 mm derinliğe kadar etkiyebilen morötesi ışınlar bu kısımda yeralan moleküllerin parçalanmasına sebep olmaktadır. Ahşap koruyucu bir tabakayla kaplanmadıkça renklerinde değişme, parlak griden koyu griye dönüşüm, yüzeyinde pürüzlenme gibi aşınmalar ve mekanik mukavemette düşmeler görülür.

Yangın direnci; ahşap yanıcı bir malzemelerdir. Yangında ahşap malzemede 170 °C ye kadar kuruma, 270 °C ye kadar CO, CO ve su buharı çıkışı, 250–3000 °C de tutuşma görülür. Yanma hızı ahşabın kesit boyutuna, rutubetine, özgül ağırlığına ve reçine miktarına göre değişik değerler alır. Reçine fazlalığı yanmayı hızlandırır. Alevli yanma sonucu ahşabın yüzeyine kömürleşmiş tabaka oluşur. Bu tabaka dıştaki yüksek sıcaklığın iç tabakalara nüfuz etmesini belli bir süre için engeller.

Korozyon; ahşap malzemeyle birlikte kullanılan metaller, nem etkisiyle ahşabın yapısında bulunan bazı maddelerle kimyasal tepkimeye girer ve korozyon oluşur. Korozyon olayı sonucunda ahşap yüzeyinde koyu renkte lekeler görülebilir. Çoğunlukla bu lekeler ahşabın hava ve gün ışığı etkisi altında kaldığı durumlarda meydana gelir [8]. Ayrıca zayıf asit içeren bazı ahşap türleri metalleri korozyona uğratar. Bu tür ahşapların metallerle temasından kaçınılmalıdır.

3.2.9. Ahşap Malzemenin Korunması

Doğru yüzey koruyucuyu seçmek için ilk önce yüzeyi neden koruduğumuzu belirlemeliyiz. Ahşap o kadar değişik amaçlara hizmet eden bir malzemedir, zeminde kullanılacaksa, mekanik darbelere, aşırı aşınmaya karşı dayanıklı poliüretan esaslı malzemeler, dış cephede kullanılacaksa güneşe ve dış ortam şartlarına dayanıklı esnek ve nefes alan dış ortam boyalarını seçmeliyiz. Yüzey koruyucu seçiminde ikinci kriter ise elde edilmek istenen görüntü, ahşabın cinsi ve malzemeyi uygulama olanaklarımıza bağlıdır. En çok yapılan yanlış ilk önce ahşabın seçilip sonra görüntünün ve rengin belirlenmesidir, doğrusu bunun tam tersidir.

Dış ortamda kullanılacak ahşap malzeme beyaza boyanacaksa mümkün olduğu kadar az reçineli ve az budaklı bir ahşap türü seçilmelidir. Özellikle ahşap cephe kaplamalarında reçineli ve budaklı sarıçam gibi renkli ekstraktif madde (ahşaptan dışarı sızan yabancı maddeler) içeren ağaç türleri üzerinde beyaz ya da açık renk boyalar problem yaratır. Reçine ve ekstraktif maddeler mikro gözenekli (nefes alan) dış ahşap boyalarının üzerine sızarak zamanla cephede lekelerin oluşmasına sebep olur. Bu sızmayı önlemek için boyanın altına macun ve benzeri maddeler kullanılırsa da, bu sefer dışarıya sızmak isteyen reçine macun ile birlikte boyayı kaldırır ve çok alışık olduğumuz “pul pul kabarmış, dökülmüş boya” görüntüsü ortaya çıkar. Reçine sızması ısı derecesi ile doğru orantılı olduğundan koyu renk boyalar yüzeyin daha fazla ısınmasına ve daha fazla yüzeye çıkmasına neden olur. Ancak koyu renk boyalarda lekelenme fark edilmez ve görüntü bozulmaz. Geleneksel “budak yakma” yönteminin boya performansına faydadan çok zararı vardır [49]. Ahşap üzerinde boya uygulanacaksa, boyanın ahşap yüzeye tutunabilmesi için yüzeyin pürüzsüz, ahşabın iyi kurutulmuş ve yüzey neminden arındırılmış olması gerekir.

3.3. Bitüm Esaslı Malzemeler

3.3.1. İç Yapı Özellikleri

Bitümlü malzemeler (bitüm, petrol zifti, kömür katranı ve katran zifti) çeşitli hidrokarbon karışımlarına verilen genel bir isimdir. Genellikle kullanılan bitümlü malzemeler zift ve asfalttır. Bitümlü malzemelerin birbirleriyle karışımı ve birbiri üzerine uygulanmasından kaçınılmalıdır. Doğal bitümler ve kömür katranı zehirli olabilir. Kömür katranı bitkiler için zehirli olan fenol içerir. Zift macunu sıcakken duman içerir, kapalı ortamlarda solunması önlenmelidir. Bitümler, kristal olmayan bir katı ya da karbondisülfide çözünebilir karışık hidrokarbonlardan oluşan viskoz (yapışkan, yarı sıvı) malzemelerdir, ısıtılınca yumuşarlar, su geçirmezler ve adezyonları iyidir.

Bitüm ve katranın temelini hidrokarbonlar oluşturur. Alkenler (C_2H_{2n}) petrol, bitüm ve katranların bünyesinde bulunur. Asfalt petrolün rafine edilmesiyle üretilir. Bitüm ve katranın birim hacim ağırlığı $1-1.2 \text{ gr/cm}^3$, asfaltın özgül ağırlığı (γ) 2.1 gr/cm^3 'dür. Bitümlü malzemeler doğal halde gaz, sıvı, yarı katı ya da katı olabilirler ve karbondisülfitte tamamen çözünebilirler [35]. Yol yapımında kullanılan asfalt genellikle yarı katıdır, çakıl, kum ve kırmataşla karıştırılmadan önce ısıtılarak sıvı hale getirilmelidir.

3.3.2. Mekanik Özellikleri

Yük altında bitümlü malzemelerin akışkan hale gelme eğilimi vardır. Bu etki yük altında sıkıştırılan alanlarda görülür ve zeminde sandalye, masa ayağı gibi noktasal yükler etkisiyle oyulabilir. Kullanım yerine göre doğru malzemeyi seçmek gerekir. Bitümlü malzemeler alt yapı işlerinde kullanılıyorsa, zemindeki farklı hareketler, asfalt ve zift macunu gibi rijit malzemelerin çatlamasına neden olabilir. Bunlar izole edici bir membran üzerine uygulanmalıdır. Sertlik ve aşınma dayanımı bitümlü malzemelerin zemin kaplaması olarak kullanıldığı yerlerde önem kazanmaktadır. Zeminin ısı ve yürüme trafiği ile yumuşaması, çukurlaşmalara neden olur ve malzeme cilalansa bile çizilmeye karşı yeterli sertlikte değildir.

3.3.3. Isı İle İlgili Özellikleri

Bitümün ısı iletkenliği 0.17 W/mK , asfaltın ise $0.7-0.81 \text{ W/mK}$ 'dir. Bitümlü malzemeler ısı etkisinde plastik hale dönüşürler. Eğer bu malzemeler ısı kaynaklarının yakınında kullanılırsa yumuşama görülür. Asfaltın ısısal genleşme katsayısı $170-230 \times 10^{-6} \text{ cm/cm}^\circ\text{C}$ 'dir. Hidrokarbon molekülleri ısı ve sıcaklığın etkisiyle polimerleşirler ve katılık artar.



Kömür katranı bitümden daha düşük sıcaklıklarda erir, kolayca oksidasyona uğrar. Kömür katranı ve zift düşük sıcaklıklarda yumuşar, daha az plastiktir, sıcaklık değişikliklerine direnci daha düşüktür ve bitümden daha pahalıdır.

3.3.4. Su ve Nem İle İlgili Özellikler

Su emme, geçirimsizlik ve kılcallık; bitümlü malzemeler su ve su buharı geçişine karşı dirençlidirler. Bunun için yapıda çoğunlukla neme karşı koruma amaçlı kullanılırlar. Sıcak uygulanan malzemeler ya da çözücüyle kullanılanlar, bitümlü emülsiyonlardan suyun basıncına daha dayanıklıdır [1]. Belirli koşullar altında bitümdeki inorganik tuzlar tarafından su

emilebilir. Zift ve asfaltın su emiciliği arasında çok az fark vardır ve her ikisinin de emiciliği düşüktür [35].

Buhar geçirgenliği; bitümlü malzemeler gözeneksiz yapıda olduklarından dolayı su buharına karşı geçirimsizdirler.

Donmaya mukavemeti; uzun süre şiddetli soğğun tesirine maruz kalan bitümler kırılğanlaşır ve çatırlar, yani plastikliklerini kaybederler. Şiddetli soğuklara en iyi mukavemet eden oksidasyon bitümleridir.

3.3.5. Ses İle İlgili Özellikler

Bitümlü malzemeler gözeneksiz ve yoğun yapılı malzemeler olduğu için ses geçirimlilikleri düşüktür. Boşluksuz yapılarından dolayı ses emicilikleri yoktur. Zeminde kullanılan bitümlü malzemeler bir ölçüde ses azaltıcı etkiye sahiptir.

3.3.6. Elektrik İle İlgili Özellikler

Elektrik iletkenliği elektron hareketiyle ilgili olup, serbest elektronlarla sağlanmaktadır. Bitümlü malzemelerde serbest elektron varlığından söz edilemeyeceğinden elektrik iletkenliği aranmaz.

3.3.7. Işık İle İlgili Özellikler

Işık geçirimlilik, malzemenin opak ya da şeffaf olmasıyla, emme ve yansıtıcılık ise yüzey ve renk özelliklerine bağlıdır. Açık renkli olanlar ışığı yansıtıp, koyu renkli olanlar ise emebilirler.

3.3.8. Fiziko-Kimyasal Özellikler

Çeşitli kimyasallar ve dış atmosferik koşulların etkisi; bitümlü malzemeler uzun ömürlü olarak bilinirler, fakat güneş ışığı, mekanik zararlar gibi faktörlerden etkilenebilirler. Alkali cisimler hidrokarbonlu malzemeleri korozyona uğratırlar. Bitümlü malzemelere asitlerin etkisi ise yok denecek kadar azdır. Genelde bitümlü ürünler asitlere, alkalilere karşı dirençlidir ve doğal bitümler bunların türevlerinden daha dayanıklıdır. Zift, yağlara karşı bitümden daha dayanıklı olsa da, bunlarla temasından sakınılmalıdır.

Güneş radyasyonu etkisi; güneş ışığına uzun bir dönem maruz kalmak, bitümlü malzemeleri olumsuz yönde etkiler, etkilenme derecesi ise malzemenin türüne göre değişir; özellikle zift, güneş ışığı ve ısı etkisiyle zarar görür. Çatı kaplamaları altındaki ısı yalıtımı, yapı tarafından emilen ısıları önler ve kaplamalar ısınarak bozulabilir. Bu riski önlemek için, maruz

kalan yüzeyler ışık yansıtıcı bir malzeme ile bitirilmelidir (kireç badana, alüminyum boya, mineral parçaları, taş kırıkları vb.). Bitümlü malzemeler yüksek sıcaklıklarda yük altında akışkan hale gelirler, düşük sıcaklıklarda ise çatlarlar. Kullanılmadan önceki aşırı ısıtılmadan zarar görürler, fakat serilmeleri sırasında soğutulmadan kaçınılmazdır. Açık renkli olanlar güneş ısını yansıtabilir.

Yangın direnci; yangın bitümlü malzemeler üzerinde hem fiziksel hem de kimyasal değişikliklere yol açar. Bitümlü malzemeler normal alevlenici (B2) ve yanıcı malzeme sınıfında yer alırlar. Yangın esnasında, mukavemetlerini kaybedip, akışkan hale gelir ve erirler. Ayrıca yangın sırasında yanıcı duman ve zehirli gaz oluşturulur. Bitümlü malzemeler yanıcı olmasına rağmen, asfalt macunu ve zift macunu gibi kompozit ürünler alev almazlar ve yanmayı desteklemezler.

3.4. Plastikler

3.4.1. İç Yapı Özellikleri

Kovalent bağlı malzemeler olan plastiklerin ana elemanı karbon olup bunun yanında çoğunlukla H, bazılarında Cl, F, O, N, S bulunabilir. Plastiklerin ana maddesi doymamış hidrokarbonlardır. Doymamış hidrokarbonlarda karbon atomları arasında iki veya daha fazla kovalent bağ vardır (C_mH_{2m+2}). Plastiklerin dev moleküllerinin oluşmasının nedeni karbonun yine karbonla birleşebilme özelliğine sahip olmasıdır. Zincirdeki (m) sayısı arttıkça molekülün boyutu büyür, aralarındaki zayıf bağ sayısı artar, önce gaz halinde iken sonra sıvı, daha sonra katı olur ve mukavemet de artar.

Plastikler kovalent bağın sürekliliği ve atomların diziliş biçimine göre iki tür moleküler yapıya sahiptir, termoplastikler ve termosetler. Termoplastikler (lineer polimerler), kovalent bağlarla bir boyutta zincir şeklinde dizilirler, moleküller arası bağlar zayıf türdendir. Isıtılınca zayıf bağlar koptuğundan kolayca yumuşarlar, soğuyunca sertleşir ve tekrar kullanılabilirler. Termoset (uzayağı polimerleri) denilen ikinci tür yapıda, merler üç boyutlu uzayda sürekli kovalent bağ oluştururlar. Bu tür polimerler üretim süresinde sertleştikten sonra ısıtılma yolu ile yumuşamazlar, aşın sıcaklıkta kovalent bağlar koparak parçalanır, tekrar kullanılamazlar. Bazı termoplastikler, molekül zincirleri arasında çapraz kovalent bağ oluşumu sonucu termosetlere dönüşürler.

Malzemelerin özellikleri kimyasal yapılarıyla büyük oranda bağıntılıdır. Bir polimerin özelliklerini etkileyen en önemli faktör, polimeri oluşturan molekülün büyüdüğü yani içindeki mer sayısıdır. Diğer faktör moleküllerin diziliş şekilleri ve moleküller arası oluşan kuvvetli bağlardır. Makro moleküller kendi içlerinde kovalent bağlı olmakla beraber aralarında zayıf Van der Waals bağlarıyla birleşmişlerdir. Bu yüzden termoplastikler kolayca eğilirler, kaymaya

direnç göstermezler. Ancak, termosetlerde moleküller arası kovalent bağlar da oluşur ve mekanik dayanım yükselir. Bu yan bağlar dallanma şeklinde gelişir. Termoplastik ve termosetlerin. bu farklı davranışları moleküllerin yapılarından kaynaklanır. Termoplastik molekülleri uzun, ipliğimsi, birbirleriyle birleşmemiş moleküllerdir. Termosetlerde ise moleküller dallanır ve komşu moleküller arasında bağ köprüleri oluşur.

Termoplastiklerde sıcaklık artınca moleküller arası zayıf bağlar kopar, molekül zincirleri birbiri üzerinde kolaylıkla kayar, sıvı hale döndükten sonra da zincirler bütünlüğünü korur. Soğurken yan zayıf bağlar tekrar oluşarak katılaşmayı sağlar [25].

Tablo 3.22. Plastiklerin birim hacim ağırlık değerleri

	Birim Hacim Ağırlığı gr/cm^3
PVC (yumuşak-sert)	1.24-1.38
Polietilen	0.92
Teflon	2.13-2.25

Birim hacim ağırlık (yoğunluk); plastiklerin genel özellikleri moleküler yapıya bağlıdır. Elemanlarda kovalent bağ sayısı en fazla 4 olabileceğinden hacimsel atom yoğunluğu küçüktür, bu nedenle özgül ağırlığı düşük ve hafif malzemelerdir. Özgül ağırlıkları yoğunlukla $0.9-2.3 gr/cm^3$ 'ün arasındadır. Bazı plastiklerin birim hacim değerleri Tablo 3.22'de verilmiştir.

3.4.2. Mekanik Özellikleri

Mekanik özellikleri yükleme hızına, yükleme süresine ve sıcaklığa bağlıdır. Hızlı artan yük etkisinde çok daha az şekil değiştirerek daha yüksek mukavemet gösterir. Yüksek sıcaklıkta viskoz davranış gösteren bir plastik düşük sıcaklıkta rijit ve gevrek olabilir [25].

Tablo 3.23. Plastiklerin mekanik özellikleri

	PVC (yumuşak-sert)	Polietilen	Teflon
Çekme mukavemeti N/mm^2	10-60	8-28	21-25
Basınç mukavemeti N/mm^2	70-90	28-64	
Sertlik Brinell	80-100	10-30	20
Elastisite Modülü N/mm^2	30-100	200-700	350

Basınç ve çekme dayanımı; plastiklerin pek çoğunda yüksek basınç ve çekme dayanımı elde edilebilir (Tablo 3.23). Mukavemet özelliklerinin en önemlisi çekme mukavemetidir. Plastiklerin çoğunun çekme mukavemeti ahşaba yakın ve çelikten biraz daha küçüktür. -

Termoplastiklerin çekme mukavemeti (7 N/mm^2) termosetlerinkinden (90 N/mm^2) daha düşüktür.

Kayma dayanımı; kayma dirençleri düşüktür. Bir molekül zincirinde radikallerin aynı tarafta, farklı taraflarda, belirli bir düzen içinde veya tamamen rasgele oluşu moleküllerin kayma olayında etkin olur.

Sertlik ve aşınma dayanımı; plastiklerde sertlik mukavemetten daha önemlidir. Elastiklik modülü arttıkça sertlik artar. Plastikler genellikle çelik, cam ve diğer yapı malzemelerinden daha az serttir. Bu yüzden yük altında diğer malzemelere göre daha fazla dönme yaparlar. Naylon, polikarbonat, polietilen, polivinilklorid iyi sertlikteki plastiklerdendir. Bazı plastik türlerine ait sertlik değerleri Tablo 3.23'da verilmiştir. Plastikler aşınma direncine karşı cam ve çelik gibi iyi performans göstermezler, ancak ahşaptan daha dayanıklıdır. Naylon, polipropilen, melamin ve poliüretan aşınmaya iyi direnç gösteren plastiklerdir [35].

Deformasyon-elastisite modülü; hem elastik hem de plastik şekil değiştirebilirler. Tablo 3.23'da verilen değerlere göre elastisite modülleri metallerden daha düşüktür (ort. %1'i kadar). İçyapıya ve sıcaklığa bağlı olarak viskoz davranıştan gevrek davranışa kadar geçiş gösterirler. Malzeme elastik deformasyon ve akma sınırını geçtikten sonra mukavemet düşmesi görülür ve bu maksimum değere ulaşıncaya kopma meydana gelir [16].

Baskı altında plastiklerde, molekül yapısından dolayı oda sıcaklığında boyut değişikliği görülür. Eğer baskı uzun sürerse deformasyon sürekli olabilir ve malzemenin yapısını bozabilir. Termosetler ve güçlendirilmiş plastikler boyut değişikliğine daha dirençlidir ama uzun süre için beton ve çelik kadar dayanıklı değildir. Termoplastikler genellikle sünektir, kırılmadan önce plastik şekil değiştirirler. Oda sıcaklığında sabit gerilme altında sünme nedeni ile sürekli şekil değiştirirler. Termoset plastikler ise sert ve gevrek, plastik şekil değiştirme olmadan kırılırlar [25].

3.4.3. Isı İle İlgili Özellikler

Tablo 3.24. Plastiklerin ısı ile ilgili özellikleri

	PVC	Polietilen	Teflon
Isısal iletkenlik katsayısı W/mK	0.17	0.35	0.23
Isısal genleşme katsayısı ($\times 10^{-6}$) $\text{cm/cm}^\circ\text{C}$	70–80	12–24	8–15
Erime sıcaklığı $^\circ\text{C}$	80	125–105	327

Isı geçirgenliği ve iletkenliği; plastikler, molekül yapıları ve iç bağlarının kovalent oluşundan dolayı iyi ısı yalıtkanlarıdır ve yalıtım malzemesi olarak kullanılabilirler (Tablo 3.24). Metallerden daha düşük, fakat ahşaptan daha yüksek ısı iletkenliğine sahiptirler.

Isısal genleşme; bağları zayıf olan plastikler yumuşak olup kolay erirler ve ısı genleşmeleri büyüktür. Isısal genleşme değerleri $7-210 \times 10^{-6}$ cm/cm°C arasındadır (Tablo 3.24). Termosetler, termoplastiklerden daha az genleşirler. Bu boyut değişiklikleri bükülmeye, kırılmaya neden olabilir. Birleşim yerleri harekete olanak vermelidir. Fakat metallerle olan bağlantılarına dikkat edilmelidir, çünkü iki malzemenin genleşme katsayıları arasında büyük farklar vardır.

Isı biriktirme kapasitesi; plastiklerin ısısal iletkenlik özellikleri ahşapla birbirine benzer ancak ısı depolama kapasitesi ahşaptan daha yüksektir.

Erime sıcaklığı; ısıya karşı düşük dayanım gösterirler. Yüksek sıcaklıklarda mukavemet özellikleri düşer. Kesin erime noktaları yoktur; bu ortalama değer olarak 80–295 °C'dir (Tablo 3.24). Erime yavaş yavaş katı halden viskoz hale geçiş şeklindedir. Termoplastikler 60–110°C'de yumuşarlar. Yüksek sıcaklık etkisiyle termoplastiklerde kovalent bağlar kopmaz, fakat zayıf bağların kopması sonucu zincirler birbiri üzerinde kolaylıkla kayarlar. Termosetler ısıya karşı daha iyi direnç gösterirler, sıcaklık artınca mukavemetleri azalır, fakat yumuşamazlar. Aşırı sıcaklıkta ayrışır ve kavrulurlar. Bazı yardımcı maddeler katılarak bu direnç artırılabilir [25].

3.4.4. Su ve Nem İle İlgili Özellikler

Su emme, geçirimsizlik ve kılcallık; plastiklerin suya karşı dayanıklılıkları genelde iyidir. Plastiklerin pek çoğu az su emer, istisna olarak selüloz asetat ve naylonun bazı türleri nem emerek şişerler. Plastiklerde su emme (Sa) %0.01-2 arasındadır (Tablo 3.25). Ancak bazıları özellikle su buharına karşı duyarlı olurlar ve bozulabilirler.

Tablo 3.25. Bazı plastik türlerine ait su emicilik değerleri

Su emicilik	%
PVC yumuşak-sert	0.1
Polietilen	0.01
Teflon	0.1

Buhar geçirgenliği; plastikler su buharını geçirmez. Ancak polipropilen ve silikon düşük nem emiciliğe sahiptir [11].

3.4.5. Ses İle İlgili Özellikler

Ses emicilik gözenek yapısıyla ilişkilidir. Plastikler boşluksuz yapılarından dolayı ses emici özellik göstermezler, yansıtıcılıkları fazladır. Plastik ürünlerden linolyumun ses yutuculuk değeri 0.03 m/sn'dir (500 Hz için) [13].

3.4.6. Elektrik İle İlgili Özellikler

Elektrik iletkenliği malzemenin elektron yapısıyla ilgili olup, serbest elektronların varlığına bağlı bir özelliktir. Plastiklerde, metallerdeki gibi serbest elektron bulunmadığından elektrik iletkenlikleri çok düşüktür. Bazı plastik türlerinin elektrik dirençleri aşağıda verilmiştir.

Elektrik direnci	ohm $\times$ cm ²
PVC yumuşak-sert	10 ¹⁵ -10 ¹⁶
Polietilen	10 ¹⁸ -10 ¹⁷
Teflon	10 ¹⁵ -10 ¹⁸

3.4.7. Işık İle İlgili Özellikler

Arı halde saydamdırlar ve ışığı geçirirler. Plastiklerde tamamen opaklıktan, akriliklerde %92'ye varan oranlarda şeffaflık sağlamak mümkündür. Bileşimine birtakım maddeler katılarak ışık geçirgenliği kontrol edilebilir. Akrilik, metil ve polikarbonat geçirgen özellikteki plastiklere örnek verilebilir. PVC'lerin ışık geçirgenliği akrilik ve polikarbonat malzemelerden daha düşüktür. Özellikle polikarbonat, çatı ışıklıklarında ışık geçirgen örtü malzemesi olarak kullanılmaktadır. Işık geçirgenliği şeffaf olanlarda %60-76, opak olanlarda ise %34 civarındadır. Işık yansıtma özellikleri ise kötüdür.

3.4.8. Fiziko-Kimyasal Özellikler

Çeşitli kimyasallar ve dış atmosferik koşulların etkisi; plastikler; atmosfer ve dış etkilere yüksek dayanım gösteren, sudan etkilenmeyen ve doğada yok olmayan malzemelerdir(özellikle termoset plastikleri daha dayanıklıdır). Akrilikler, epoksi, silikon ve polivinil klorür hava etkenlerine karşı iyi direnç gösteren plastik türleridir [35]. Kimyasal etkilere dayanıklılıkları yüksektir. Çoğunlukla asitlere, bazlara iyi dayanırlar fakat organik solventlere (aseton, eter, glikol vb.) dayanıklılıkları iyi değildir. Teflon, PVC, melamin, epoksi, naylon, polietilen, polipropilen gibi plastik türleri kimyasal etkilere yüksek dayanım gösterir.

Güneş radyasyonu etkisi; güneş ışığı, özellikle UV ışınları, plastiklerin kırılması, çatlaması, depolimerize olması ve renklerinin bozulmasında önemli birer faktördür. UV ışınlan,

plastiklerin oksidasyon ve bozulmasına yol açan kimyasal reaksiyonlar başlatır. Bu reaksiyonlar sıcaklık, oksijen ve nem varlığında hızlanan iyonlar zinciridir.

Plastiklerde var olan kovalent bağlar radyasyon etkisi ile koptuktan sonra tekrar oluşmadığından kalıcı tahribat meydana gelir. Radyasyon, organik cisimlerdeki hidrojen çekirdeğini ve elektronları kolaylıkla koparıp uzaklaştırır, geriye iyonize olmuş atomlarla serbest köklü moleküller kalır. Bunlar aralarında birleşebileceği gibi havadan oksijen de alabilirler. Genel olarak polietilen naylon, doğal kauçuk ve polistrende radyasyonla çapraz bağlar artar, sertlik ve mukavemet yükselirken süneklik azalır, akrilikler de, selülozlarda, polivinil klorür ve teflonda ise ayrışma olur, mukavemet azalır [25]. Akrilikler rengin solmasına karşı dirençlidirler.

Yangın direnci; yüksek sıcaklıklar plastikler için daima tehlikelidir. Bazı türleri 300-400 °C'ye kadar dayanmakla beraber (teflon, melamin vb.) çoğunluk 80°C'nin aşılması halinde zarar görür. Yangına dayanıklı olmamakla beraber yavaş yanarlar (selülozikler hariç) ve alevsiz halde kendiliklerinden sönerler. Flor, nitrojen, sülfür bileşikleri ve özellikle klor içeren plastikler yangın sırasında CO₂, CO, SO₂ gibi zararlı gazlar yayarlar. Plastikler çoğunlukla 80°C'nin üzerinde yumuşar ve bu sınırın üzerinde kullanılmaya elverişli değildir. Termosetlerde bu sınır 150 °C'e kadar çıkabilir [25].

Korozyon; plastikler kuvvetli bağlara sahip ve serbest elektron içermediklerinden bu malzemelerde elektrokimyasal korozyon oluşmaz. Ancak solventlerin plastiklerde yaptığı tahribat gibi kimyasal korozyona maruz kalabilirler.

Fiziksel ve kimyasal tutunma; plastik türlerinden epoksi, fenolik ve aminoresinler iyi yapışma kalitesindedirler [35].

3.5. Metaller

3.5.1. İç Yapı Özellikleri

Tablo 3.26 Metallerin malzeme özellikleri

	Kimyasal bileşimi %	Birim hacim ağırlık gr/cm ³
Demir	<0.2C	7.8
Çelik	0.3 – 0.6 C	7.9
Bakır		2.7
Alüminyum		8.9

Metallerde aynı veya benzer tür atomlar oldukça sık ve düzenli biçimde dizildiklerinden tümü kristal yapılıdır [21]. Metallerin, tuzlar ve kısmen kristal yapıya sahip olan plastikler gibi diğer kristal maddelerden farkı atomlar arasındaki bağın biçiminden ileri gelir. Ancak kristal

yapıyı oluşturan atom bağlar arasındaki mesafe farklılıkları ve yerleşme şekilleri aynı metalin çeşitli allotropik hallerini belirlemektedir. Bu nedenle, mekanik ve fiziksel özelliklerinde az çok farklılıklar ortaya çıkar.

Birim hacim ağırlık; bazı metallerin birim hacim ağırlıkları Tablo 3.26'de verilmiştir. En hafif metal alüminyumdur; granitle yaklaşık aynı yoğunluğa (2.6 gr/cm^3) sahiptir, en yoğun metal olan kurşunun ağırlığı yaklaşık 11.4 gr/cm^3 tür.

Katı-sıvı-gaz özellikleri; metaller ısı ile sıvılaşabilirler, soğutulunca tekrar katılaştırılabilirler.

3.5.2. Mekanik Özellikler

Metallerin mekanik özellikleri yalnız atom türleri ve kristal yapılarına değil, büyük ölçüde tane büyüklüğü ve tane biçimine de bağlıdır. Saf halde yumuşak ve düşük mukavemetli olmalarına karşılık alaşımlandırma soğuk şekil verme ve ısıtma işlemleriyle sertlik ve mukavemetleri birkaç kat artırılabilir [25]. Demirli olmayan metallerin mukavemetleri, demirli olanlardan daha küçüktür.

Tablo 3.27. Metallerin mekanik özellikleri

	Demir	Çelik	Bakır	Alüminyum
Çekme mukavemeti N/mm^2	355	350 – 400	230	70–140
Kayma mukavemeti N/mm^2		230		
Sertlik- Brinell-	830	990–1240	460	150–400
Elastisite Modülü ($\times 10^3$) N/mm^2	120 – 172	210	96 – 132	68–72

Basınç ve çekme dayanımı; çekme mukavemeti metalin kopmadan önce kaldırabileceği en fazla yükür (kopma yükü). Bazı metallerin çekme mukavemetleri Tablo 3.27'de verilmiştir.

Sertlik ve aşınma dayanımı; sertlik metal ve alaşımların; mekanik aşınmalara karşı gösterdiği mukavemettir. Sertlik Brinell prensibine göre tayin edilir. Metal türlerine ait sertlik değerleri Tablo 3.27'de verilmiştir.

Deformasyon-elastisite modülü; metallerde kristal yapının erime dolayısıyla dağılmasından başka şeklinin bozulması vardır ki buna “deformasyon” denir. Şekil değiştirme daimi ise plastik deformasyondur. Saf metaller yumuşaktır yani plastik deformasyonları çok kolaydır. Metaller kırılma süresi uzun olan sünek malzemelerdir, kırılmadan önce önemli ölçüde plastik şekil değiştirirler. Elastisite modülleri yüksektir (Tablo 3.27).

Elastiklik iyon-atomlar arasındaki bağların esnemesinden yani aralarındaki mesafenin uzalıp kısılmasından ileri gelir. Plastiklik kristallere ait bir özelliktir. Saf metallerin plastikliği fazladır. Metal iyonlarının yer değiştirmesi bunlar ile elektronlar arasında elektrostatik kuvvetlerde önemli bir değişiklik yaratmaz, yani metalik bağ bozulmaksızın atomla birbirlerine göre ötelenebilirler. Metallerin plastik şekil değiştirme kabiliyetinin temelinde yatan özellik budur. Çekme, döğme, burma, ezme gibi işler metali sertleştirir, mukavemeti ve sağlamlığı artırır. Çünkü strüktürün mükemmelliği bozulur ve yapı düzensiz, sıkışık bir hal alır.

3.5.3. Isı İle İlgili Özellikler

Tablo 3.28. Metallerin Isı ile İlgili Özellikleri

		Demir	Çelik	Bakır	Alüminyum
Isısal iletkenlik k. (λ)	W/mK	58-70	29-52	385	204
Isısal genleşme k (α)(10^{-6})	cm/cm $^{\circ}$ C	12	15.1	16	23
Erime sıcaklığı	$^{\circ}$ C	1530	1400	1083	658

Isı geçirgenliği ve iletkenliği; metallerin ısı iletkenliğinin iyi oluşu, serbest elektronların varlığı ve hareketliliğine dayanır. Metallerde elektronlar düzensiz bir şekilde hareket ederler. Bu hareketler büyür ve genişlerse sıcaklık yükselir ve karşılıklı çarpışmalarla elektronlardan elektronlara iletilir. Elektron sayısı ne kadar çok olursa, bu aktarma olayı o kadar çabuk ve kolay olur. Isı iletkenliği de artan sıcaklıkla azalır. Bazı metallerin ısı iletkenlik katsayıları Tablo 3.28’de verilmiştir.

Metaller; yüksek ısı iletkenliğine sahip malzemeler olduklarından, düşük ısı iletkenliğine sahip malzemelerle birlikte kullanıldıklarında oluşan ısı köprüleri sonucu yoğunlaşmaya neden olurlar. Kolay işlenebilirliği ve yumuşak olması nedeni ile çatı kaplaması olarak kullanılan kurşun ve bakır malzemelerde bu olaya rastlanır. Sıcak ve nemli hava, metal kaplamanın iç tarafında, çiğ noktasının altında bir sıcaklıkla karşılaşarak yoğunlaşır.

Isısal genleşme; demirli metallerin ısısal genleşme katsayısı demirsizlere oranla daha düşüktür. Alüminyum ve alaşımları yüksek ısısal genleşme katsayısına sahiptir (Tablo 3.28). Paslanmaz çeliklerin lineer genleşme katsayıları ise 17.5×10^{-6} cm/cm $^{\circ}$ C' dir.

Erime sıcaklığı; metalin erimesi, sıcaklığın etkisi ile kristal yapısının çözülüp dağılması demektir. Metalin erime noktası, karakteristik bir özellik olup, saflık ölçüsünü teşkil eder. Metallerde erime sıcaklığı 232-1800 $^{\circ}$ C' dir. Bazı metal türlerine ait erime sıcaklıkları Tablo 3.28’de verilmiştir.

3.5.4. Su ve Nem İle İlgili Özellikler

Malzemelerin özgül ve birim hacim ağırlığı, su geçirimsizlikleri hakkında bilgilenmemize yardımcı olur. Metaller boşluksuz malzemeler olup özgül ve birim hacim ağırlıkları birbirine eşittir, dolayısıyla da. metaller su ve su buharını geçirmezler.

3.5.5. Ses İle İlgili Özellikler

Sesin yansıması, ses dalgalarının bir yüzeye çarpıp geri dönmesidir ve akustikğin önem kazandığı mekânlarda sakıncalı bir durumdur. Sesin yansımasını azaltmak için gözenekli malzemeler tercih edilir. Ancak metallerin yoğun yapıları dolayısıyla ses yansıtıcılıkları yüksektir. Sesin yayılma hızı (C); alüminyumda 5200 m/sn, kurşunda 1300 m/sn, çelikte 1000–4000 m/sn' dir [13].

3.5.6. Elektrik İle İlgili Özellikler

Metalin iki ucu arasında bir potansiyel farkı meydana gelince, elektronlar düzensiz hareketlerinin aksine, bir kutuptan diğerine belli bir istikamette taşınırlar. Elektriksel alan uygulandığında eksi kutba doğru hareket etmekte olan elektronlar yavaşlar, artı kutba doğru gitmekte olanlar hızlanır, bunun sonucu net bir akım oluşur [39]. Bu elektron akışına elektriğin iletilmesi denir. Bu olay elektronların sayısı, tekil ve çoğul hareketleriyle ilgilidir. Metallerde sıcaklık ne kadar yüksek olursa, elektriğin geçmesi o derece güçleşir, yani mukavemet artar.

Elektriksel gerilim uygulanmasıyla bir atomun etki alanını terk edip, bir diğer atomun etki alanına giren elektronlar yeni konumlarına ulaşınca kadar atom uzaklığının birçok katı kadar yol kat eder. Kafes yapısındaki kusurlar elektronun alabileceği bu serbest yol uzunluğunun azalmasına yol açar.

Elektrik iletkenliği $\times 10^7(\text{ohm. m})^{-1}$

demir	1.03
paslanmaz çelik	0.14
bakır	5.85
alüminyum	2.95

Yabancı atomlar içeren metallerde iletkenlik daha düşük olur. Artan sıcaklıkla elektriksel direncin artması da serbest yol uzunluğunun kısılmasından ileri gelir. Yüksek sıcaklıklarda atomların titreşim genliklerinin büyümesi, hareket eden bir elektronla bir atomun çarpışma olasılığını artırır. Elektriksel iletkenliği için en dış iki enerji seviyesi önem taşır. Bakır

ve gümüş gibi atomları tek valans elektronlu metallerde enerji seviyesinin yarı dolu olması nedeniyle iletim özellikleri çok iyidir. Alüminyum ve bakır elektrik iletkeni olarak kullanılan iki metaldir.

3.5.7. Işık İle İlgili Özellikleri

Işık geçirgenliği; kuvvetli emme ve yansıtma özelliğine sahip metallerin tümü opaktır ve ışığı geçirmezler. Ancak çok ince metal filmler ($0.1 \mu\text{m}$ 'den az) ışığı bir miktar geçirebilir.

Işık yansıtma özelliği; metaller yüzeye gelen fotonları kuvvetle emer, aktive olmuş elektronlar hemen geri dönerek emdikleri enerjiyi tekrar fotonlar halinde çok az kayıpla yayarlar. Bu nedenle özellikle yüzeyleri düzgün metallerde yansıma oranı çok yüksek olup %100'e yakındır. Elmasın kırılma indisi 2.417, yansıma oranı %17'dir, bu nedenle parıltılı gözüktür. Metallerde yansıtma oranı ile emme katsayısı büyüktür, dolayısıyla ışığı kuvvetle emerek yansıtırlar [25].

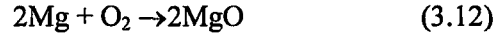
3.5.8. Fiziko-Kimyasal Özellikler

Çeşitli kimyasallar ve dış atmosferik koşulların etkisi; korozyon etken ve nemden metalleri korumak ve emici malzemelerle temasından sakınmak gerekir. Portland çimentosundan açığa çıkan sodyum ve potasyum hidroksitleri çinko, alüminyum ve kurşun için devamlı nemli koşullarda zararlıdır. Metaller suyun asit etkisinden etkilenen malzemelerdir. Alkaliler, sülfürik asit, hidroklorik asit, karbonatlar alüminyumun yapısını bozar. Alüminyum ıslak harç, sıva ve betonla temas edince de kimyasal olay meydana gelebilir. Bu yüzden alüminyum ürünlerinin yüzey koruması önemlidir. Alüminyum beton gibi emici malzemelerle temas ederse bitümlü boya tabakası, çinko kromat ya da ayırıcı plastik bir tabaka ile korunmalıdır.

Güneş radyasyonu etkisi; metaller güneş radyasyonu etkisinde aşırı ısınırlar. Metaller radyasyona karşı plastiklerden ve seramiklerden daha dayanıklıdırlar. Gamma ve beta radyasyonları metallerde iyonlaşma oluştursa dahi sürekli bir elektron bulutunun varlığı nedeni ile elektronlar hemen eski yerlerine geri döner ve etki hızla kaybolur. Özellikle gamma radyasyonu metallerin elektriksel iletkenliğini etkilemez [25].

Yangın direnci; metallerde yangın etkisi karşısında ani mukavemet düşmeleri görülür. Alüminyum ilk 5 dakikada, çelik ise ilk 20 dakikada mukavemetinin %90'ını kaybeder. Çeliğin mukavemeti 600°C de 400 N/mm^2 'den 100 N/mm^2 'ye düşer. Alüminyum, çinko, kurşun gibi diğer metaller bu sıcaklıklarda erirler.

Korozyon; metallerin ortam ile kimyasal veya elektrokimyasal reaksiyonu sonucu malzeme özelliklerinin olumsuz yönde etkilenmesidir. Kimyasal korozyon metallerin ortamla doğrudan reaksiyonudur; yani metal ile reaksiyona giren diğer element arasında doğrudan bir elektron alışverişi söz konusudur. Bu sırada metal elektron verir. Kimyasal korozyonda diğer element çoğunlukla oksijen olduğundan reaksiyon ürünü metal oksittir. Örneğin;



Elektrokimyasal korozyonda çoğunlukla farklı yerlerde oluşan iki kısmi reaksiyon vardır. Korozyon hasarlarının nedeni genellikle elektrokimyasal olaylardır. Elektrokimyasal korozyonun her iki kısmi reaksiyonunda da elektriksel yüklerin karşılıklı değişimi zorunludur. Bu değişim metallerde elektron iletimi yoluyla kolayca gerçekleşebilir. Metalin dışındaki akım ise bir elektrolit yardımıyla sağlanır.

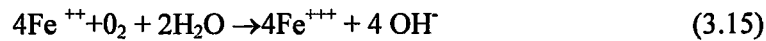
Elektrolit, içinde iyon hareketi olan bir ortamdır. Elektrolitler çoğunlukla sıvı çözeltiler olmakla birlikte, toprakta veya tuz eriyiklerinde de iyon iletimi mümkündür. Elektrolit içine bir doğru akım kaynağının elektrotları daldırılırsa negatif yüklü iyonlar pozitif elektroda (anoda) doğru hareket eder ve bu nedenle anyon olarak adlandırılırlar. Negatif elektroda (katoda) ise pozitif iyonlar (katyonlar) yönelir. Her iki elektrotta da elektrokimyasal olaylar oluşur. Anot reaksiyonunda elektron verildiğinden bir oksidasyon (yükseltgenme) söz konusudur. Oksijen korozyonunda, elektrolit tarafından havadan alınan oksijen aşağıdaki reaksiyona girer:



Elektrolitte fazla oksijen varsa korozyon hızlı olur. En çok rastlanan oksijen korozyonu demir ve çeliğin paslanmasıdır.



Anot reaksiyonu ile elektrolite ulaşan Fe^{++} iyonları tekrar oksitlenerek oksijen reaksiyonu için elektron sağlarlar.



$\text{Fe}(\text{OH})_3$ ara bileşiğinden suyun ayrışması ile çözünmeyen pas meydana gelir [39].



(pas)

(3.16)

Korozyon yüksek sıcaklıklarda daha hızlıdır. Yıkıcı korozyon atmosferik kirliliğin varlığında, farklı metallerin elektrik temasında bulunduğu nemli koşullarda meydana gelir. Hava ile olan korozyona demir dayanıksız, bakır, alüminyum ve çinko ise dayanıklıdır. Alüminyumun üzeri, havayla temas ettiği zaman ince bir alüminyum oksit tabakasıyla kaplandığından korozyona dayanıklıdır. Tuzlu su ve alçı demiri, çimento ve kireç ise kurşunu, kil ürünlerindeki sülfatlar bakır, kurşun ve çinkoyu korozyona uğratar.

Birbirleriyle temasta bulunan iki ayrı metal rutubetli ortamda pil teşkil ederek korozyona uğrar ve bu sırada elektroliz yoluyla metallerden biri eriyip taşınır. Soy metaller, aktif olanları kimyasal olarak aşındırır. Metallerin harç, sıva, beton, tuğla, ahşap gibi nem içeren, emicilikleri yüksek malzemelerle temasından kaçınılmalıdır; korozyona sebep olurlar. Demirsiz metallerin çoğu alkali ve asit etkilerine karşı hassastır. Bunlar alkali beton, çimento ya da kireç harcı ve asit özellikteki sıvayla temas edince metaller kışın bitüm tabakalarıyla korunmalıdır.

Metaller, korozyon sonucunda bozulmasının yanında birlikte kullanıldığı malzemeyi de etkiler, pas lekeleri oluşturur. Korozyona uğrayan metallerin hacimlerinde genleşme olur. Korozyonun büyümesi, metalin temasta olduğu malzemelerin çatlamasına, kırılmaya ya da bozulmalarına neden olabilir. Korozyona uğrayan metal yüzeyinden akan yağmur suyu ya da başka kaynaklı su, korozyon parçalarının bir kısmını bitişikteki malzemeye taşıyabilir. Korozyona karşı malzemeyi korurken şu önlemler alınabilir; pislik ve endüstriyel atıklardan korunarak yapı temiz tutulmalıdır. Boyama, bitümün cam elyafı ile donatılması, galvanizleme, betonla, bitümle, plastik maddelerle, demirsiz metallerle kılıflama yaparak malzeme korunabilir.

3.6. Pişmiş Toprak Yapı Malzemeleri

3.6.1. İç Yapı Özellikleri

Ana maddesi kildir. Killer kayaların ve volkanik küllerin dış etkilerle bozulması ve ufalanması sonucu oluşurlar. Kil; tane boyutu 2µ'den küçük minerallerden oluşur [39]. Temel bileşenleri silis (SiO₂), alümin (Al₂O₃) ve sudur ayrıca demir, magnezyum ve krom oksitler, alkali ve toprak alkali bileşikler bulunur [25].

Birim hacim ağırlık; boşluklu ve delikli pişmiş toprak malzemelerin birim ağırlık değerleri boşluksuz ve camlaşmış olanlarınkinden daha düşüktür. Birim ağırlık değerleri mekanik dayanımları ile doğru orantılıdır [39]. Deliksiz pişmiş toprak malzemelerin birim

hacim ağırlık değerleri özgül ağırlık olarak kabul edilebilir pişmiş toprak malzemelerden tuğla, gre seramik ve kiremit için birim hacim ağırlık ve özgül ağırlık değerleri Tablo 3.29’da verilmiştir.

Tablo 3.29. Pişmiş toprak malzeme özellikleri

	Tuğla	Gre seramik	Kiremit
Birim hacim ağırlık (Δ) gr/cm ³	1.2-1.8	>2.2	1.9
Özgül ağırlık (δ) gr/cm ³	2.5-2.7	2.7	

Gözenek yapısı; porozite, malzemenin durabilitesini belirleyen en önemli özelliklerden birisidir ve malzemenin pişirme sıcaklığına göre değişmektedir. Pişirme sıcaklıkları 800-950° C civarında olanlar porozite %6-8 iken, 1300-1450°C sıcaklıklarda pişirilenlerde bu oran %1 den az değerler almaktadır.

Gre (karolar, sıhhi tesisat elemanları vb) ve porselenler (sıhhi tesisat elemanları vb.) gözeneksiz, sırlanmamış (tuğla, kiremit vb.) ve sırlanmış (fayans, seramik vb.) ürünlerde gözenekli pişmiş toprak ürünleri oluştururlar.

3.6.2. Mekanik Özellikler

Seramik yapı malzemelerinin mekanik özellikleri kullanma yerine bağlı olarak belirlenir. Örneğin eğilme dayanımı, kaplama malzemeleri ile örtü malzemelerinde aranan bir özelliktir. Taşıyıcı ve yük çekebilir özellikli olanlar tuğla ve yer kaplamalarıdır. Seramik malzemeler bünye yapısı yönünden kırılgan karakterde malzemelerdir. Bu tür malzemelerin mekanik zorlamalar altında kırılmaları ani olur ve malzeme çok az deformasyon yapar.

Tablo 3.30. Pişmiş toprak malzemelerin mekanik özellikleri

	Tuğla	Gre seramik
Basınç Mukavemeti N/ mm ²	3-30	180-200
Kayma Mukavemeti N/ mm ²	0.4	
Sertlik Mohs		6
Elastisite Modülü N/ mm ²	5000	

Basınç ve çekme dayanımı; basınç mukavemetleri çok yüksek olmakla beraber çekme mukavemetleri çok düşüktür. Kilin yanma derecesi ve üretim metodu basınç mukavemetini etkiler. Yüksek basınç mukavemeti yüksek yanma sıcaklığı ile ilgilidir. Gevrek olduklarından iç yapı kusurları, gerilme yığılmasına neden olduğundan çekme etkisinde kolay kırılırlar. Seramiklerde basınç mukavemeti çekme mukavemetinin ortalama 8 katıdır. Isıl işlemle yüzeyde artık basınç gerilmeleri oluşturarak çekmeye karşı mukavemetleri arttırılabilir [25]. Pişmiş

toprak malzemelerin çekme mukavemeti betonun çekme mukavemetinden yüksektir. Tuğla ve gre seramiklerin basınç mukavemet değerleri Tablo 3.30 de verilmiştir.

Kayma dayanımı(gerilmesi); seramiklerin kaymaya karşı direnci çok yüksektir, plastik şekil değiştirmeksizin kırılırlar. Tuğla için maksimum kayma mukavemeti 0.4 N/mm^2 dir.

Sertlik ve aşınma dayanımı; çok sert ve gevrek, kolay çizilmez ve aşınmazlar. Karo fayansların sırlı yüzey sertliği Mohs birimine göre en az 4 olmalıdır [39]. Özel aşındırıcı amaçla üretilmiş seramikler, diğer tüm metal malzemeleri aşındırma ve kesmede kullanılacak kadar sert özelliğe sahiptirler. Aşınma dayanımı seramik yapı malzemelerinde daha çok döşeme kaplaması olarak kullanılanlarda söz konusu olan bir özelliktir.

Deformasyon-elastisite modülü; darbelere karşı kırılıgandır, kırılma süresi kısa olup gevrek malzemelerdir. Plastik şekil değiştirme oluşmadan kırılırlar. Plastik şekil değiştirme molekül zincirlerinin doğrulup birbiri üzerinde kayması sonucu oluşur. Pişmiş toprak malzemelerde ise polimerlerdeki bu davranış görünmez [25]. Tuğla için elastisite modülü 5000 N/mm^2 dir.

3.6.3. Isı İle İlgili Özellikler

Tablo 3.31. Pişmiş toprak malzemelerin ısı ile ilgili özellikleri

	Tuğla	Gre Seramik	Kiremit
Isı iletkenlik katsayısı ($\lambda = \text{W/m K}$)	0.47-0.79	1.05	0.7
Isısal Genleşme katsayısı ($\alpha = \text{cm/cm } ^\circ\text{C}$) (10^{-6})	5.8	5-9	
Isı Depolama Kapasitesi (S) $\text{Wh/m}^3 \text{ K}$	415-464		
Özgül ısı ($c = \text{Wh/kgK}$)	0.245	0.245	

Isı geçirgenliği ve iletkenliği; genellikle ısıyı az iletirler. Bazı pişmiş toprak malzemelerin ısı iletkenlik katsayıları Tablo 3.31’de verilmiştir. Özel olarak porozitesi yüksek ve lif şeklinde üretilen seramikler ısı izolasyonu en yüksek ve ısıya dayanıklı malzemelerdir. Isıyı iyi iletmesi için üretilen seramikler fırınlarda ve metal eritme kapaklarında kullanılmaktadır. Seramik malzemelerin ısı iletkenliği, hacim ağırlıklarının azalması ile küçülür. Boşluklu seramik malzemelerin ısı iletkenliği boşluksuz seramiklerinkinden daha küçüktür. Malzemede ısı geçirimsizlik istenildiğinde hallerde, boşluk oranı artırılmaya çalışılır.

Isısal genleşme; seramiklerin ısısal genleşme katsayıları düşük olmakla birlikte iç yapıya önemli derecede bağlıdır (Tablo 3.31). Sırlanmış seramik malzemelerde genleşme nedeniyle önemli hasarlar ortaya çıkabilir. Sır ile sırlanan seramik malzemenin genleşme katsayılarının farklı oluşu sonucu sırda pullanma, kopma ve çatlamalar görülür [39]. Isı değişikliklerine ve

şoklara dayanıklıdır (100-500°C gibi sıcaklıklardan normal oda ısısına aniden soğutulduğunda seramiklerde herhangi bir tepkime görülmez).

Erime sıcaklığı; pişmiş toprak malzemelerin erime sıcaklıkları yüksektir (1000-1400°C).

Killeri yüksek sıcaklığa dayanımları yönünden 3'e ayırabiliriz;

- Refrakter killer: Alümin oranı yüksek (%40 civarı), yabancı madde oranı düşük killerdir. 600 °C nin üzerinde erime derecesine sahiptir.
- Yüksek erime dereceli killer: Erime sıcaklıkları 1350-1600°C arındadır. Düşük oranda kuvars, mika ve CaCO₃ içerirler.
- Düşük erime dereceli killer: Erime sıcaklıkları 1350°C'nin altındadır. Kum, CaCO₃, demiroksit, mika ve organik madde içerebilirler.

3.6.4. Su ve Nem İle İlgili Özellikler

Tablo 3.32. Pişmiş toprak malzemelerin su ve nem ile ilgili özellikleri

	Tuğla	Gre Seramik	Kiremit
Ağırlıkça su emme yüzdesi (Sa)%	8-18	geçirimsiz	9-18
Su geçirimsizlik katsayısı (k)cm/sn	10 ⁻⁸ - 10 ⁻²		
Kapilarite katsayısı (K) cm/√sn	10 ⁻² -10 ⁻²		
Buhar difüzyon direnç faktörü (μ)	5-10	300	37-43

Su emme, geçirimsizlik ve kılcalılık; su emme özelliği, pişmiş toprak malzemeler arasında boşluklu olanlar için önem kazanır. Emilen su ağırlığının sabit kuru ağırlığa oranı su emme değeridir. Bu büyüklük malzemenin ne oranda boşluklu olduğunu gösterir. Daha dayanıklı olması istenen tuğlalarda su emme değerinin düşük olması istenir. Su emme derecesi de kile, üretim metoduna ve yanma ısısına bağlıdır. Plastik killer ve yüksek sıcaklıkta pişmiş ürünler daha düşük emiciliğe sahiptir. Tuğla ve kiremit üretiminde kullanılan kilin kuruma ve yanma esnasında %15-45 arası rötre yapması normaldir. Yanma sonrası, killi ürünlerde emilen suya göre gerçekleşen, dönüşümü olmayan genleşme tuğlalarda, döşeme ve duvar kaplamalarında sorun yaratabilir. Kimyasal yapısı birbirinden farklı olan killerden yapılan ürünler aynı boyut değişikliğini göstermez. Bu yüzden benzer killerden yapılan ürünler bir arada kullanılmalıdır. Islanma ve su emmeye karşı pişmiş toprak malzemeler sırlı olarak kullanılmalıdır. Su geçirimsizlik tuğla ve kiremitte önem kazanır(Tablo 3.32).

Buhar geçirgenliği; tuğla duvarın buhar geçirimsizlik katsayısı 0.014 gr/m.h.mmHg'dır. Tuğla, kiremit ve gre seramik ürünlerin su buharı difüzyon direnç faktörleri Tablo 3.32'de verilmiştir. Özgül ağırlık arttıkça buhar difüzyon direnci de artmaktadır.

Donmaya mukavemeti; donmaya dayanıklılık özelliği fayanslar, kiremitler ve fabrika tuğlaları için aranan bir özelliktir. Malzemenin donmaya karşı dayanıklılık göstereceği, yüzeyinin pul pul olmamasından anlaşılır. Yüksek basınç mukavemeti ve düşük emiciliğe sahip ürünler donma- erime hasarlarına daha dayanıklıdır. Donma tehlikesi en fazla su emme ve sıcaklık düşmelerinin bir arada olduğu hallerde görülür.

3.6.5. Ses İle İlgili Özellikler

Ses yalıtım özelliği, pişmiş toprak ürünlerden tuğlalarda önem kazanmaktadır. Duvar dolgu malzemesi seçiminde ses geçirim direnci önemli bir faktördür. Duvarlar sesi emerek ve yansıtarak gürültü iletimini önlerken, daha önemlisi bölücülük göreviyle duvarın bir tarafından diğer tarafına sesin geçişini engeller. Ses geçişinde, duvarın bir tarafındaki ses dalgaları duvarın diyafram gibi titreşmesine neden olur. Titreşen duvar diğer taraftaki havayı da titreştirerek yeni ses dalgaları üretir. Buna göre duvarın titreşime karşı direnç yeteneği arttıkça, sesin geçişine direncide artar. Bu direnç duvarın ağırlığı ile ilgilidir; homojen bir duvarda ses geçiş kaybı duvarın ağırlığının logaritmasıyla orantılıdır (Tablo 3.33). Ses yalıtımı açısından taşıyıcı tuğlalarla yapılan yapı, iskelet yapılardan daha iyi sonuç verir. Delikli tuğlaların daha iyi ses yalıtımı sağladığı düşünülse de aynı kalınlıktaki dolu tuğla (ağırlık-yalıtım kuralına uygun olarak) daha etkili sonuçlar verir.

Tablo 3.33. Duvarın ağırlığına göre ses geçiş kaybındaki değişim

Duvarın ağırlığı kg/ m ²	Ortalama ses azaltma faktörü, dB
154	48.8
186.5	55.2
162.5	54.6
239	53.7
425	57.2

Ses yansıtma, ses dalgalarının katı bir yüzeye çarptıktan sonra geri sıçramasıdır. Ses emicilik ses enerjisinin ısı enerjisine dönüşmesidir ve bu akustik malzemelerle sağlanır. Pişmiş toprak ürünlerin çoğu, sertlik ve yüksek yoğunlukları dolayısıyla çok az ses emerler [35]. Sıvasız tuğla için ses yutuculuk değeri (α) 0.02-0.05 m/sn (500Hz için), fayanslarda ses yutuculuk değeri 0.01 m/sn, sırlı seramikte ise 0.01-0.02 m/sn arasındadır [39].

3.6.6. Elektrik İle İlgili Özellikler

Elektrik iletkenliği malzemelerin elektron yapılarıyla ilgilidir ve elektriksel alan etkisinde serbest elektron hareketleriyle sağlanır. Pişmiş toprak malzemeler iyonik bağlı olup serbest elektronları olmadığından genellikle yalıtkan veya dielektrik malzemelerdir. Elektriği iletmezler fakat elektrik alanına tepki gösterirler. Elektriksel alan etkisinde oluşan kutuplaşma nedeni ile yüzeylerinde büyük ölçüde elektron depo edebilirler.

3.6.7. Işık İle İlgili Özellikler

İyonik bağlı seramik türü malzemelerde elektronlar ana atomlara kuvvetle bağlıdır. Bu malzemelerden morötesi ışınların altındaki bütün radyasyonlar geçebilir. Arı seramikler görünen ışık dalgalarına karşı saydamdırlar [25]. Açık renk ve parlak yüzey özelliğine sahip pişmiş toprak malzemelerde ışık yansıtıcılığı görülür.

3.6.8. Fiziko-Kimyasal Özellikler

Çeşitli kimyasallar ve dış atmosferik koşulların etkisi; pişmiş toprak malzemeler kimyasal yönden kararlı ve dış etkilere karşı dayanıklıdırlar. Bütün pişmiş toprak tuğlalar değişik miktarlarda çözünen tuzlar içerirler. Bu tuzlar ya malzemenin kendi bünyesinden kaynaklanır ya da tuğlaların yanması sırasında kullanılan yakıttaki sülfür bileşikleriyle reaksiyonu sonucunda ortaya çıkar. Tuzlar lekelenmeye, çiçeklenmeye, tuğlanın bozulmasına, harçların genleşme ve parçalanmasına neden olabilir [13].

Çiçeklenme; boşluklu seramiklerde görülen kimyasal bir olaydır. Harçta ve pişmiş toprak malzemede bulunan suda eriyebilen nitelikteki tuzların malzemede kılcal boşluklardan hareket ederek yüzeye çıkmaları ve burada suyun buharlaşması sonucu birikmesi olayıdır. Çiçeklenmeye sebep olan suda eriyebilen nitelikteki tuzların başlıcaları; sülfatlar ve klorürlerdir. Pişmiş toprak malzemenin uygulanmasında kullanılan harçtaki bağlayıcı maddede bulunan serbest kireç, pişmiş toprak malzemede bulunan Na_2SO_4 ile birleşerek $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ meydana getirir ve bu da çiçeklenmeye sebep olur. Pişmiş toprak içinde CaO veya MgO bulunan kireç veya manyezi, su ya da nem ile karşılaştığı zaman hidroksit haline dönüşür ve hacim artması meydana getirerek, pişmiş toprak malzemeye zarar verir. Duvar ve döşeme kaplamalarında kullanılan pişmiş toprak malzemelerin asit ve alkalilere karşı dayanıklı olması gerekir.

Güneş radyasyonu etkisi; seramik malzemeler genellikle metal oksitlerle renklendirilmiş olduklarından güneş ışınlarına karşı iyi dayanım gösterirler [39]. Seramiklerin radyasyona karşı direnci metallere göre daha azdır. İyonik bağa sahip seramiklerde elektronlar ana atomlara bağlıdır. Radyasyonla yörüngesinden uzaklaştırılan, bir elektron başka bir kusurlu

bölgede tutulup kalır ve metallerde olduğu gibi geri dönemez, dolayısıyla kalıcı bir etki oluşur. Ayrıca radyasyonla yer değiştiren iyonlar sonucu özellikler değişirse de yüksek sıcaklıkta tavlama ile yer değiştiren iyonlar tekrar ilk konumlarına dönebilir. Buradan da yüksek sıcaklıkta radyasyonun seramikleri daha az etkilediği sonucu çıkarılabilir. Radyasyon sonucu seramiklerin genellikle sertlik ve mukavemeti artar ve daha da gevrekleşirler. Diğer taraftan ısısal iletkenlik azalır, fakat iyonsal yük farkları nedeni ile elektriksel iletkenlik yükselir. Ayrıca radyasyon seramiklerde renk değişimine neden olur [25].

Yangın direnci; pişmiş toprak malzemeler yangında ortaya çıkan sıcaklıktan daha yüksek sıcaklıklarda pişirildiklerinden yangına karşı direnç gösterirler. Alüminat oranı arttıkça ateşe dayanıklılık artarken, kilin içinde demir bileşikleri ve CaCO_3 bulunması bu malzemelerin ateşe dayanıklılığını düşürür.

Korozyon; pişmiş toprak esaslı malzemeleri korozyondan korumak için sırlama yapılır. Sırı oluşturan silikat camlardır ($\text{N}_2\text{O}-\text{CaO}-\text{SiO}_2$). Sırla alttaki seramiğin uygunluk göstermemesi sonucu sırda çatlama meydana gelir. Çünkü sırların genleşme katsayısı seramiğinkinden büyüktür [21].

Fiziksel ve kimyasal tutunma; pişmiş toprak ürünlerden tuğlanın düşük nemsal ve ısısal hareketleri nedeniyle sıvalarla adezyonu iyidir. Kuruması iyi sağlandığı sürece boya türleri için de adezyonu iyidir. Ayrıca tuğla taşlarla birlikte de kullanılabilir. Fakat bazen tuğladan gelebilecek lekeleri önlemek için taş yüzeylerin bitümle boyanması gerekebilir.

3.7. Camlar

Sıvı haldeki düzensiz yapısını aynen koruyarak katılaştıran bir malzemedir [25].

3.7.1. İç Yapı Özellikleri

İnorganik bir malzeme olan cam; belirli minerallerin yüksek sıcaklıklarda birleştirilip, daha sonra kontrollü olarak soğutulmasıyla oluşur. Camı oluşturan mineraller; silikat, sodyum oksit ve kalsiyum oksittir. Adi camın formülü $5\text{SiO}_2 \cdot \text{CaO} \cdot \text{Na}_2\text{O}$ 'dır. Cam amorf bir yapıya sahip olması sayesinde şeffaf olmaktadır. Adi camlar alkali ve alkali-toprak metallerin silikatlarından şekillenmiş bir sistem olup, bazen bir miktar alüminyum ve magnezyumda katılır.

Birim hacim ağırlık; hacim ağırlıkları ana bileşenlerinin oranına ve cinsine göre değişir. Adi camlarda birim hacim ağırlık 2.5 gr/cm^3 , kristal camlarda 3 gr/cm^3 , flint camında 2.6 gr/cm^3 'tür. Cam malzeme boşluksuz yapıda olduğundan özgül ağırlık ve birim hacim değerleri birbirine eşittir. Bazı özel kullanım alanları için daha yoğun camlar gerekir. Özellikle

laboratuarda x ışınları ile yapılan çalışmalarda 4.6 gr/cm^3 yoğunlukta ve %50 kurşunoksit içeren camlar kullanılması gereklidir [39].

Gözenek yapısı; malzemenin gözenek yapısı onun birim ağırlığını, su emiciliğini, mukavemetini, ısı ve ses yalıtım özelliklerini etkiler. Cam gözenekli bir malzeme değildir.

3.7.2. Mekanik Özellikleri

Camlar katı cisimlerin mekanik özelliklerine sahip olmakla birlikte akışkanlarda olduğu gibi tam bir izotropi arz ederler. Opak camlar şeffaf olanlardan daha zayıftır.

Tablo 3.34. Camın mekanik özellikleri

	Cam
Basınç mukavemeti N/mm^2	400-1200
Çekme mukavemeti N/mm^2	30-90
Sertlik Mohs	5-6
Elastisite modülü N/mm^2	73000

Basınç ve çekme dayanımı; camın mekanik mukavemeti, onun kırılma etkilerine karşı gösterdiği dirençle belirlenir. Cam genellikle gerilme ve eğilmeyle kırılır (çekme kuvvetleri). Basınç mukavemeti yüksek fakat çekme mukavemeti çok düşüktür. Çekme mukavemeti $30-90 \text{ N/mm}^2$, basınç mukavemeti $400-1200 \text{ N/mm}^2$ 'dir (Tablo 3.34). Cam, çekme yükü altında yorulur. Bu içteki çekme gerilmeleri yüzey çatlaklarını genişletir ve yüzeylerin kimyasal hasara uğramasına neden olur, fakat yeni kırılmalar başlatmak için yeterli değildir.

Sertlik ve aşınma dayanımı; cam çok sert ve gevrek bir malzemedir. Mohs birimine göre camın sertliği 5-6 arasındadır. Bu düzeydeki sertlik cama iyi bir aşınma direnci kazandırır. Yüzey sertliği işlenebilirlik özellikleri için olduğu kadar saydamlık ve aydınlatma bakımlarından da önemlidir. Böylece parlak yüzeyli cam ürünler saydamlıklarını hemen hemen sınırsız bir ölçüde koruyabilirler.

Deformasyon-elastisite modülü; sıradan bir cam kırılma noktasına kadar elastiklik gösterir. Camın elastisite modülü 73000 N/mm^2 'dir. Cama, bükülmesi ya da gerilmesine neden olacak bir baskı uygulandığı zaman, bu etki kaldırılınca cam orijinal şekline tekrar geri dönecektir. Eğer kuvvet artarak uygulanırsa cam kırılabilir, fakat kırılma noktasında deforme olmayacaktır.

3.7.3. Isı İle İlgili Özellikler

Tablo 3.35. Camın ısı ile ilgili özellikleri

	Cam
Isı iletkenlik katsayısı (λ) (W/mK)	0.8-1.05
Isısal genleşme katsayısı (α) (10^{-6}) (cm/cm°C)	6-9
Isı biriktirme kapasitesi (S_{24}) W/ m ² K	10
Erime ısısı°C	800-1500
Özgül ısı (c) Wh/kg ° K	0.2

Isı geçirgenliği ve iletkenliği; cam, yoğun bir malzeme olmasına rağmen iyi ısı iletir (Tablo 3.35). Yüzey dirençleri o kadar yüksektir ki, 6 mm kalınlığında çift cam tabaka ısısal direnci %3 artırır. Yaklaşık 20 mm boşluklu çift cam tek bir tabakadan geçen ısı kaybını yarıya indirir. Tipik bir cam yaklaşık 105mm kalınlığındaki tuğla duvarın sağlayacağı ısı yalıtımını sağlar. Yapıların cam alanlarından geçen ısı miktarı, ısıtma ve havalandırma yüklerinin belirlenmesinde önemlidir.

Cam, metallerin çoğundan daha düşük ısı iletkenliğe sahiptir, fakat güneş enerjisinin büyük bir miktarı radyasyon yoluyla doğrudan camdan iletilebilir. Cam yüzeyiyle temas eden hava akımları da konveksiyon yoluyla iletilebilirler. Bunun için kışın ısı kaybı, yazın ısı depolama genellikle yapının cam alanlarında daha büyüktür.

Isısal genleşme; normal camın ısısal genleşme katsayısı $9 \cdot 10^{-6}$ cm/cm°C'dir (Tablo 3.35), bu değer çeliğinkine oldukça yakın, alüminyumunkinden 3 kez daha küçüktür. Ayrıca pencere doğraması üretiminde kullanılan bazı plastik malzemelerinkinden 10-20 kez daha küçüktür. Bu özellik, camın birlikte kullanıldığı pencere doğraması malzemesi ile ilişkisi yönünden önem kazanır. Isısal genleşme değeri, farklı cam türlerine göre de değişiklik gösterir. %96 oranındaki silika camının ısısal genleşme katsayısı $0.8 \cdot 10^{-6}$ cm/cm°C, borosilikat camının (ısıya dirençli pyrex camı olarak bilinir) $3.2 \cdot 10^{-6}$ cm/cm°C, ısısal şoka direnç ile korozyona direncin birleştiği alüminoborosilikat camının genleşme katsayısı ise $4.2 \cdot 10^{-6}$ cm/cm°C'dir.

Camın ısısal genleşme özelliği özellikle boyalı ya da reflektifli camlar için önemli bir özelliktir, çünkü bu camlar güneş enerjisinin normal camdan daha çok yutar ve genleşir. Bir cam tabakası ısıtıldığı zaman merkezi bölgesi kenarlarından daha hızlı ısınır ve daha fazla genleşir. Bu farklılık camda zayıf noktalara ve kırılmalara neden olur. Isısal kırılmaları önlemek için camın kenarları kuvvetli olmalı ve düzgün kesilmelidir. Güneş kontrol camları ısısal gerilme kırılmalarına karşı daha dayanıklıdır. Ani sıcaklık değişikliklerine maruz kalan camda, yüzey ve iç ortam arasındaki sıcaklık farkından kaynaklanan kırılmalara yol açan tehlikeli gerilmeler ortaya çıkabilir. Camın yüzeyinde basınca yol açan ani ısı, çekmeye yol açan ani soğumadan daha az tehlikelidir. Temperli camlar bu açıdan avantajlıdır, çünkü basınç altındadır.

Isı biriktirme kapasitesi; ısı depolama ısı yalıtımı ile birlikte düşünülmesi gereken ısısal bir özelliktir. Büyük ısı depolama kapasitesine sahip malzemeler yavaş ısınır ve yavaş soğurlar, ağırlıkları fazladır; yoğunlukları ve ısı iletkenlikleri yüksektir. Camın günlük ısı biriktirme kapasitesi (S_{24}); $10\text{W/m}^2\text{°K}$ 'dır. Camda kışın ısı kaybı, yazın ısı depolama görülür.

Erime sıcaklığı, camın yumuşama sıcaklığı $500\text{-}600\text{°C}$ 'ler arasında bulunmaktadır. Camların belirli bir erime noktası yoktur, ortalama olarak $800\text{-}1500\text{°C}$ arasındadır. Isıtıldığı zaman ilk önce bükülecek kadar yumuşar. Daha sonrası ısıtılmalar onu işlenebilecek duruma, kalın ve şurubumsu bir sıvı haline getirir. En sonunda yüksek sıcaklıklarda, ince ve su kıvamında sıvı haline gelir.

Özgül ısı; malzemenin özgül ısısı, ısınabilen ve soğuma kabiliyetini belirler. Camın özgül ısısı 0.20 Wh/kg °K 'dir [16].

3.7.4. Su ve Nem İle İlgili Özellikler

Su emicilik ve geçirimlilik özellikleri malzemenin gözenek yapısına bağlıdır. Cam boşluksuz bir malzeme olduğu için su emiciliği yoktur. Boşluksuz olduğu için birim hacim ağırlığı ile özgül ağırlığı birbirine eşittir. Camların buhar geçirgenliği de çok düşüktür. Buhar difüzyon direnç faktörü malzemenin aynı kalınlık ve şartlarındaki hava tabakasının kaç katı direnç gösterdiğini belirtir ve bu değer $\mu = 10000$ 'dir.

3.7.5. Ses İle İlgili Özellikler

Ses geçirimliliği normal kalınlıktaki tek tabaka cam, kötü bir ses yalıtkanıdır ve normal kalınlıklar arasındaki yalıtım değerleri farkı çok azdır. Ses geçiş kaybı desibel birimi ile ölçülür. Tek tabaka cam $29\text{-}34\text{ dB}$ ses azaltıcı etkiye sahiptir. Çift cam yapılarında iyi bir ses yalıtımı için gereklidir. Özellikle tek çerçeve ile rijit olarak birbirine bağlanmamış ve aralarında belli mesafede boşluk bırakılmış camlar, daha iyi ses yalıtımı sağlar. 100 mm genişlikten daha az boşluklar, ses yalıtımı için ısı yalıtımında olduğundan daha az etkilidir. Daha geniş boşluklarda sağlanan yalıtım avantajları, pencere kenarlarına yerleştirilen ses emicilerle de düzenlenebilir. Bu şekilde tasarlanmış bir çift cam 45 dB kadar sesi azaltabilir. 12 mm kalınlığındaki tek bir cam tabakası, düşük frekanslardaki trafik gürültüsü için etkilidir.

Ses yansıtma ve yutuculuğu; camın ses yutuculuk değeri 30 dB (6 m tek cam), ses emme katsayısı (α) 0.02 m/sn 'dir.

3.7.6. Elektrik İle İlgili Özellikler

Cam, kuvvetli ve yönlü iç bağlarla bağlı bir malzemedir. Atomların dış elektronları bu bağlarla kısıtlandıklarından elektrik akımını iletmede metallerdeki elektronlar gibi serbest değildirler. Cam yüksek elektrik direncine sahiptir ve pratikte elektrik yalıtkanıdır. Diğer taraftan, cam sıvıdır ve metal iyonları (hareket etmekte serbest ve akımı taşıyabilen) içerir. Camda viskozite o kadar yüksektir ki, cama bağlı olan metal iyonları hareket etmekte serbest değildirler. Sonuç olarak sıcaklık yükselirken viskozite azalır, viskozite azaldıkça camın elektrik direncide azalır. Yüksek sıcaklıklarda, cam bir miktar elektrik akımı taşıyabilir. Camın elektrik iletkenliği, cam yapısındaki metal iyonlarının hareketine bağlıdır [39]. Camın elektrik iletkenliği çok düşük 10^{-10} (ohm.m)⁻¹ olduğu için pek çok elektriksel ürünlerde kullanılabilir.

3.7.7. Işık İle İlgili Özellikler

Işık geçirgenliği; cam, ışığı düzgün kırma özelliğine sahip, güneş radyasyonuna geçirirli saydam bir yapı malzemesidir. Saydamlık oranı %80-95'dir. Hiç bir zaman tamamen saydam değildir. 6mm'lik normal cam için saydamlık oranı %66'dır. İletilen ışık miktarı camın kalınlığına, yüzey bitişine ve kaplama türüne bağlıdır. 3 mm kalınlığındaki cam, gün ışığının ortalama %91'ini iletirken, 25 mm kalınlığındaki cam %78'ini iletir. Güneş ışınları cama düştüğü zaman, bağlı olan enerjisinin bir kısmı yansıtılır, bir kısmı malzeme tarafından emilir, kalan kısmı yapı içine ısı kazancı olarak iletilir. Normal cam genellikle % 85-90 geçirgenliğine sahiptir. Sıradan camlar için, emme oldukça düşük bir orandadır ve toplam enerjisinin en büyük kısmı iletilir [35]. Cam hem kızılötesi hem de ultraviyole ışınları emer. Normal camın ışığı emmesinin nedeni camı oluşturan malzemelerin karakteridir, bu açıdan malzeme seçimi önemlidir.

Işık yansıtma özelliği; ışık bir foton akımıdır. Fotonlar tarafından taşınan önemli bir miktar enerji vardır. Metal bir kütleye ışık düştüğü zaman, fotonlar tarafından tutulan enerji emilir ve metalin içindeki serbest elektronlarla bu enerji tekrar ışık şeklinde yayılır. Bu elektronlar bu enerjiyi emme ve açığa çıkarmakta serbesttirler. Bunun için metal, üzerine düşen ışığı yansıtır. Normal camlarda elektronlar bu şekilde serbest değildirler, belirli enerji seviyelerinde rijit bir şekilde birbirlerine bağlıdırlar ve metalik yansıma gerçekleşmez. Normal cam ışığı metalik hassasiyetle yansıtmaz. Camın kırılma indisi 1.51, yansıma oranı %10-12'dir [25]. Cam, ışığın yansıtma ve yutma derecelerinde farklı şekillerde davranabilir. Camın kalınlığına ve rengine bağlı olarak, normal camdan daha fazla ışık yutması için hafifçe renklendirilen cam, ışığı %21-75 oranında geçebilir. Cam ince bir yansıtıcı tabakayla kaplandığı zaman, bu tabakanın doğasına bağlı olarak büyük bir oranda ışığı yansıtır ve görünür ışığın %8-50'sini geçirir.

3.7.8. Fiziko-Kimyasal Özellikler

Camlar hidroflorik asit, fosforik asit ve kuvvetli alkalilerden etkilenirler. Hidroflorik asit özellikle cam yüzeylerin işlenmesinde yüzeyin matlaştırılması için kullanılır. Temizlenmeyen alkali boya lekeleri ve hatta yeni betondan cama sızan su, sorunlara yol açabilir. Cam tabakalar arasındaki havalandırılmayan boşluklarda oluşan yoğuşma da zararlı olabilir ve camlar üst üste yığıldığında ıslanmalarına izin verilmemelidir. İçine kireç katılmamış camlar su karşısında stabil değildirler. Bu tür camlara “su camı” denir.

Normal pencere camları ve su ile teması olabilecek her türlü camın su karşısında stabil olabilmesi için bileşimine kireç katılması zorunludur. Bazı koşullar altında cam çözünebilir. Sıcak alkali solüsyonları ve yüksek sıcaklıkta su, soda kireç camının çözülmesine neden olabilir. Fakat bu kimyasallarla genellikle laboratuvar koşullarında karşılaşılır, normal çevresel şartlar altında cam sağlam ve dayanıklı bir maddedir. Alkalilere karşı direnç için, soda ve kireç yerine, bor ve alüminyum oksitleri kullanmak daha iyidir ve bu alüminoborosilikat camı, laboratuvar ve endüstriyel camlar gibi kritik yerlerde kullanılır. Yeni yapılmış bir cam, birkaç saat için normal atmosfer koşullarına maruz bırakılmış camdan daha kuvvetlidir.

Güneş radyasyonu etkisi; sıradan bir cam güneşin ultraviyole ışınlarının çok az bir miktarını iletir. Adi camlar kızılberisi radyasyonlara karşı 2μ kadar saydamdır. Ultraviyole ışınlarına karşı saydamlık genellikle SiO_2 oranıyla artar, kurşunlu camlar bu radyasyonlara karşı çok az saydamdır.

Yangın direnci; sıradan bir cam yanıcı olmasa bile, yangında kırılır ve daha sonra erir, çift cam tek cama göre avantajlı sayılmaz. Cam iyi bir ısı iletkenidir ve camdan geçen ışınlar, diğer yanıcı malzemeleri tutuşturabilir. Tabakaların yangın direnci, camın türü ve kalınlığına, yükseklik/genişlik oranına, bağlantı şekline, çerçeve türüne ve yapıya göre değişiklik gösterir. Yeterli kalınlıkta ve uygun yerleştirilmiş bazı cam türleri, bütünlük ve çökmeye direnme bakımından bir derece yangın direnci gösterebilirler, fakat yalıtımı sağlayamazlar. Pyrex denilen ateşe dayanıklı camlar, iki kez kristalleşmiş camlardır, bileşimleri normal camlarla aynıdır.

Korozyon; hidroflorik asit karbonat-kireç camına temas edince korozyona sebep olabilir. Sıcaklık arttıkça camları korozyon direnci azalır ve zamanla cam paslanır. Nedeni de, sıcakta hızlı bir şekilde camda bir kristalleşme meydana gelir. Bunun sonucunda cam yarı şeffaf bir hal alır. Hatta tamamen buzlu bir hal bile alır, mukavemeti değişebilir [39].

3.8. Kompozit Malzemeler

Bir malzemenin yetersiz yönlerini geliştirmek ya da istenilen belirli performanslarda malzeme üretmek üzere başka birtakım malzemelerle fiziksel olarak karıştırarak ya da bir araya getirerek elde edilen yüksek performanslı malzemelerdir. Malzemelerin birleşmesi fiziksel bir birleşimdir, malzemeler birbiri içinde çözülmezler. Kompozit malzemeler insan yapısı oluşu, en az iki malzemenin bileşim veya karışımından oluşması, bu karışımın üç boyutlu oluşması, kompozit malzemeyi oluşturan malzemedeki onu oluşturan bileşenlerde bulunan özelliklerin bulunmaması gibi özellikleri ile diğer malzemelerden ayrılabilirler [40]. Cam elyafı polyester levhalar, çelik donatılı beton elemanlar bunlara örnektir. Kompozit malzemeler, matris denilen sürekli faz ile dağınık faz denilen iki ana fazdan oluşur. Dağınık faz, matris içerisinde dağınık halde bulunurken, matris bağlayıcı görev yapar. Matrisin görevleri, kuvvetleri liflere iletme, lifleri ortamın etkisinden korumak ve kompozitin tokluğunu artırmaktır [39].

Kompozitlerde lifler kuvvet yönüne paralel veya dik yönde veya rasgele dağılmış durumda bulunurlar. Lifler yönlendirilmiş durumda iken kompozit büyük ölçüde anizotrop olur, lifler rasgele dağılmış ise düzlemsel boyutta izotrop olur [25]. Kompozitlerin özelliklerinde, matris ile dağınık fazın viskoziteleri, elastiklik modülleri, parça büyüklükleri ve şekilleri, lif çapı, lif boyu, kompozitin lif hacim oranı, lif yönelimi vb. birçok parametre önemli rol oynar.

Kompozit malzemelerde aranan özellikler:

- Mekanik performansı artırmak (mekanik performansı artırmak için katılan maddelerin belli bir oranı aşmaması ve ekonomik olması gerekmektedir)
- Güvenliğin iyileştirilmesi
- Kimyasal etkilere karşı dayanıklılığın artırılması
- Maliyet fiyatının azaltılması (amaç daha az malzeme ve emekle aynı işi yapabilmektir)
- Kompozit malzemelerin sınıflandırılması ve genel özellikleri:
- Bağlayıcı madde aglomereleri
- Liflerle donatılı kompozitler
- Lamine kompozitler
- Sandviç kompozitler [40].

Kompozit malzemelerin sahip olduğu özellikler farklı malzeme türlerine göre değiştiğinden özelliklerinden sadece genel olarak bahsedilecektir. Yapıların özellikle yatay ve az eğimli yapı elemanlarında(döşeme ve çatı) kullanılan kompozit malzemelerin yeterli basınç mukavemetine sahip olması gereklidir. Basınç mukavemetinin yetersiz olduğu durumlarda malzemeyi takviye ederek yayılı ve noktasal yüklere karşı önlem alınmalıdır. Özellikle

genleşmeye karşı ve eğilmeden oluşan çekme gerilmelerinin karşılanabilmesi için kompozit malzemelerin yeterli çekme mukavemetine sahip olması gerekmektedir.

Kompozit malzemelerin çekme mukavemeti liflerin kopması ile sona erer. En uygun kompozit yapısında lifler kuvvet doğrultusuna paraleldir. Kompozit malzemelerin yüksek ısı tutuculuk özelliklerinin olması istenir. Genelde yalıtım malzemesi olarak kullanımının yaygın olması nedeni ile ısı iletkenlik katsayıların düşük olması önem taşımaktadır. Isı tutuculuk seviyesi, kompozit malzemelerin kullanılacağı yerin koşulları ile belirlenir. Kompozitler anizotrop olduğundan ısı genleşmeleri doğrultulara bağlıdır [25]. Kompozit malzemelerin değişik dış etkenlere karşı şişme ve büzülme gibi deformasyonlar yapmaması beklenir. Boyutsal yönden kararlı bir malzeme olması, değişik malzemelerin karışımından oluşması açısından önemlidir.

Kompozit malzemeler kendilerinden beklenen performansları yerine getirebilmeleri için ıslanmamalı ve nem almamalıdır. Aksi takdirde gözenekleri su ile dolar ve fonksiyonunu yerine getiremez duruma gelebilirler. Bazı zamanlarda kompozit malzemeler bir buhar kesici ile beraber kullanılabilir. Kompozit malzemelerin su buharını bazı koşullarda hiç geçirmemesi istenir. Bu durum, mekânın özelliğine ve yapı elemanının konstrüksiyon tipine bağlıdır. Normal olarak, tüm yapı malzemelerinin binanın nefes alması için, su buharını biraz geçirmesi tercih edilmektedir. Fakat gereğinden fazla su buharı geçirmesi ise kullanıldığı eleman üzerinde yoğunlaşmaya neden olup çürümeye yol açmaktadır. O yüzden kompozit malzemelerin buhar difüzyon direnci kullanılacak mekân ve koşullara göre oluşmaktadır.

Kompozit malzemeler tüm yapı malzemeleri gibi kimyasal etkiler altında kalmaya maruzdur. Kullanım yerine göre kompozit malzemelerin belirli kimyasal etkilere karşı dayanıklı olması istenir. Günümüzde bazı asit ve kimyasal etkilere dayanımı olan kompozit malzemeler üretilmektedir. Kompozit malzemelerin, türüne ve bileşenlerine bağlı olarak böcek gibi parazitleri bünyesinde barındırmaması ve özelliklerini zamanla kaybetmemesi gerekmektedir. Genelde yanmazlık ideal bir durum olsa bile, kompozit malzemelerin kullanıldığı yerin gerektirdiği alt ve üst limitlere uygun olmak koşulu ile kullanılabilmesi mümkündür. Sıcaklığın 1500 °C üstünde olduğu zaman yanmayan ya da bozulmayan bir yapı malzemesi yoktur. Fakat belirli bir dereceye kadar yanmayan malzemeler vardır (750°C). Tüm malzemelerin sonuç olarak yanabilme özelliğinin bulunması nedeniyle malzeme seçiminde zararlı gaz çıkarmayanları tercih etmek gerekir.

Birçok kompozit malzeme hafifliği, pürüzsüzlükleri, dokuları dolayısıyla mekanik etkilere maruz kalabilecekleri şekilde kullanılabilirler. Bu yüzden başka bir malzeme ile korunmaları gerektiğinden, sıva tutuculuk özelliğinin olması istenir [39].

4. UYGULAMADAN KAYNAKLANAN YAPI HASARLARI

Kötü yapım uygulamaları bozulmalara ve bozucu etkenlere karşı açık bir kapıdır ve doğrudan hasara sebep olabilir. İnşaat sırasında yapılan hatalar;

4.1. Betonun Yapımı, Dökümü ve Bakımı Sırasında Yapılan Hatalar

Beton; çimento, agrega, su ve bazı hallerde de teknik şartnamelerinde belirtilen miktarlarda katkı maddelerinin katılarak karıştırılması suretiyle elde edilen plastik kıvamlı yapı malzemesi olarak tanımlanmaktadır [57]. Yapının inşası sırasındaki dikkatsizlik ve uygun olmayan işlemler nedeniyle düşük kaliteli beton üretilmiş olabilir. Düşük kaliteli beton, bozulmalar karşısında iyi uygulanmış kaliteli üretilmiş dayanıklı betonlara göre daha hassas olacaktır [34].

4.1.1. Malzemenin Hazırlanması

Betonda kullanılacak doğal kum ve çakıl içinde zararlı yabancı madde bulunmuyorsa bu malzemeler olduğu gibi kullanılır. Eğer kum ve çakıl içinde kil ve organik madde varsa kullanılmadan önce yıkanıp, zararlı maddelerden arıtılarak agrega beton üretimine elverişli bir duruma getirilir.

Beton üretiminde iri agrega olarak kırmataş kullanılacaksa, taş ocaklarından çıkarılan büyük taş bloklarının konkasör denilen aletlerle kırılarak agrega haline sokulması gerekmektedir. Genel olarak tek bir tip konkasör ile muhtelif boyutta agregaların elde edilmesi ekonomik bir çözüm değildir. Bu amaçla üç ayrı tipte konkasör kullanılması ile randımanı yüksek olan sonuçların elde edilmesi sağlanır. Çakıl ve kırmataşın granülometri bileşimi bakımından gerekli koşulları yerine getirmesi için elenerek boyut bakımından gruplara ayrılması gerekir. Donma olasılığının olduğu bölgelerde özgül ağırlığı yüksek, su emmesi düşük agregaların kullanılması gereklidir. Kullanılan agrega maksimum tane çapının küçük seçilmesi, kritik agrega boyunun aşılması, yassı, uzun, çivi türü agregaların kullanılmaması da alınacak önlemler arasında sayılmalıdır. Agrega seçiminde dikkat edilecek diğer bir husus da zayıf, yumuşak, dağılabilen(kumtaşı, mika, şist, kireç taşı vb.)ve denizden elde edilen agregaların kullanılmamasıdır. Ayrıca boşluksuz bir beton dokusu için kullanılacak agregaların granülometrisinin de iyi olması gereklidir. Maksimum tane çapının da küçük seçilmesi beton geçirgenliğini azaltarak betonun doymuş hale gelmesini sağlar [42].

Denize yakın deprem bölgelerinde beton üretiminde deniz kumu kullanıldığı tespit edilmiştir. Deniz kumu, hem granülometrik olarak(tane dağılımı)uygun değil, hem de tuz etkisi yaparak, betonun ve beton içerisinde bulunan donatının zarar görmesine neden olmaktadır [12].

Standartlara uygun olduğu müddetçe bütün çimento kullanılabılır. Ayrıca çimento hamuru kalitesinin betonun boşluklu yapısı ile doğrudan ilgili olduğundan kaliteli bir çimento hamuru elde etmek için öncelikle çimento dozajı 335kg/m^3 'ten az olmamalıdır. Çimentoların kimyasal yapısı ve inceliği donmaya karşı dayanımda etkili rol oynamaz. Buna karşın öğütölme inceliği yüksek çimentoların, boşluksuz bir yapı meydana getirmekte ve beton geçirgenliğini azaltmadaki işlevlerinden dolayı kullanılmaları faydalı olacaktır.

Düşük su/çimento oranı, betonun boşluk sistemlerini doğuran ve geçirgenliğini arttıran en önemli faktördür. Bu oranın artması ile beton dayanıklılığının azaldığı bilinir. Bu nedenle betonda donmayı kolaylaştıran beton yapısını engellemek üzere düşük su/çimento oranları seçilmelidir. Donmaya maruz kalabilecek yapılarda su/çimento oranı seçilirken yapı tiplerine göre aşağıdaki değerler dikkate alınmalıdır. Beton dayanıksızlığına uygun bir ortam oluşturan betonun boşluklu yapısının ve betonun kritik doygunluğa ulaşmasında esas olan geçirgenliğin su/çimento oranının yükselmesi ile arttığı görülür. Özellikle 0.60 su/çimento oranından sonra bu artışın birden bire büyüdüğü görülür.

Tablo 4.1.Yapı cinsi-su/çimento oranı ilişkisi

Yapı Cinsi	Alınması gerekli su/çimento oranı
İnce kesitler(köprü tabliyeleri, korkuluk, bordür, eşik ve diğer süs kabili işler),donatı üzerindeki pas payı 25 mm'den küçük tam tüm kesitler ve tuz reaksiyonuna maruz kalabilen her türlü betonlar	0.45
Diğer bütün yapılar	0.50

4.1.2. Malzeme Miktarlarının Ölçülmesi

Betonu oluşturan malzemelerden çimento, 50 kg'lık torbalar halindedir. Yapılacak harmanlarda çimento miktarının daima 50'nin belirli bir katına eşit olduğu unutulmamalı ve üretilecek beton karışımının miktarı buna göre saptanmalıdır. Son zamanlarda çimento, şantiyelere özel silolar (dökme çimento halinde) getirilmektedir. Bu durumda, çimento tartılarak ölçülmektedir. Böylelikle beton bileşiminde çimento miktarının 50 kg'ın bir katı olma zorunluluğu ortadan kalkmaktadır.

Kum ve iri agrega miktarlarının hacim yolu ile ölçülmeleri iki bakımdan sakıncalıdır. Sıkıştırmanın farklı olması ile aynı hacimdeki malzemenin miktarları yani ağırlıkları birbirinden farklı olabilir. Bunun sonucunda üretilen betonun bileşimi saptanan bileşim özelliklerinden daha düşük bir malzeme elde edilir. Agreganın, özellikle ince agreganın rutubetli olması hacminde bir artış meydana getirdiği bilinmektedir. Bu bakımdan rutubetli kumun miktarının hacim yolu

ile ölçülmesi saptanandan daha az malzeme kullanılmasına yol açacaktır. Bu nedenlerden dolayı beton bileşimine giren agrega miktarları tartılarak ölçülmelidir. Tartma işi muhtelif tip basküller kullanılarak yapılmalıdır. Beton hacminin çok büyük olması halinde, barajlarda yol ve hava meydanları yapılarında bu amaçla otomatik basküller kullanılır. Ancak küçük yapılarda ve tartma olanağının bulunmaması hallerinde kum ve iri agrega miktarları hacim yolu ile ölçülür. Bu gibi hallerde, hacim değişmesine sebep olan faktörlerin aynı kalmasına önem verilerek ölçme işleri yapılmalıdır.

4.1.3. Betonun Karıştırılması

Beton homojen bir bileşime sahip olmalıdır. Karıştırma ise betonyerle yapılmaktadır. Küreklerle betonun karıştırılma işi tarihe karışmıştır.

Karıştırma işinde önemli bir faktör gerek karışımın homojenliği bakımından, gerek randıman yüksekliği bakımından karıştırma süresidir. Betonyere malzemenin konuş sırasının da homojenlik üzerine önemli bir etkisi vardır. İyi bir homojenlik sağlanması için malzemenin döner tekneye konulmasında şu sıra izlenmelidir; iri agreganın bir kısmı ve karma suyunun bir kısmı, çimento, kum ve suyun geri kalan kısmı, orta büyüklükte agrega (eğer varsa) [33]. Betonyer ile karıştırmada, ikinci bir karışım konmadan önce betonyer tamamıyla boşaltılmalı, iş bittiği ya da durdurulduğu zaman ise içi iyice temizlenmelidir. Karıştırma el ile yapılırsa; kum, çakıl ve çimento önce kuru olarak; beton, tahta ya da sac bir platform üzerinde iyice karıştırılır. Bu karıştırma en az üç defa bir yere aktarılacak suretiyle yapıldıktan sonra, gerektiği kadar su katılarak harç ile sarılmamış hiç bir çakıl ya da kırma taş görülmeyinceye kadar karıştırma ve harmanlama işine devam edilmelidir [42,57].

Betonu oluşturan malzemelerin oranlanması yani beton karışım hesabı, birbirine bağlı iki ana aşamadan oluşur, uygun bileşenlerin (çimento, agrega, su ve katkıları) seçilmesi ve uygun işlenebilirlik, dayanım ve dayanıklılıkta mümkün olan en ekonomik betonun elde edilebilmesi için bu bileşenlerin göreceli oranlarının hesaplanmasıdır. Karışım oranlarının belirlenmesi kullanılan malzemelerin niteliklerine ve betonun kullanım yeri ve koşullarına bağlıdır.

Dayanım betonun en önemli karakteristik özelliğidir. Diğer birçok beton özelliği genel hatlarıyla dayanımıyla ilişkilendirilebilir. Kullanılan beton bileşenlerinin özellikleri ve ortam koşulları sabit olduğu sürece, su/çimento oranıyla dayanım arasında ilişki vardır. Su/çimento oranı arttıkça dayanım azalır. Beton karışımında, çimento ağırlığının %25-30'u oranındaki su miktarı, hidrasyon (çimento ile suyun reaksiyonu) için yeterlidir. Bu oranın üzerinde kullanılan su, betona işlenebilirlik özelliği kazandırmak için katılır. Ancak, betondaki su oranı ne kadar yüksek olursa, betonda oluşabilecek boşluk riski o kadar artar. Bu da betonun

mukavemetini düşürür. Boşluklara girebilecek klor, sülfat vb. zararlı etkenler beton ve demir donatıya önemli derecede hasar verir. Taze betona verilebilecek en büyük zarar, karışıma gereğinden fazla su ilave etmektir [48].

Sıcak suyun, çimentoda çok hızlı priz almaya neden olacağı göz önünde bulundurularak, karışım suyu sıcaklığı 40°C'nin üstünde olması halinde önce agregâ ile karıştırılmalı ve çimento karışıma daha sonra girmelidir. Seçilen malzemeler ile en kolay işlenebilirlikte üretilen beton en yüksek sıklıkta yerleştirilmelidir. Betonun hangi tür kalıba döküleceği, kalıbın en dar kesiti, donatı aralığı gibi parametreler dikkate alınarak kolay yerleşebilen bir karışım hazırlanmalıdır. Bu durum boşluksuz bir beton elde etmek için zorunluluktur. Yerine dökülen beton mutlaka vibratör yardımıyla sıkıştırılmalıdır. Yerleştirme hızı beton içerisindeki havanın çıkmasına izin verecek şekilde olmalıdır. İyi bir yerleştirme için gerekirse akışkanlık verici katkı maddeleri kullanılmalıdır. Mümkün olduğunca, beton dökümü ara verilmeksizin yapılarak iş derzlerinden kaçınılmalıdır [42,57].

Özellikle, beton işçiliğinde bilinç ve eğitim düzeyi düşük olduğundan taşıma, yerleştirme ve mastarlama işlemlerinin kolaylığı açısından 18-22 cm çökmeli, çok akıcı kıvamlı beton kullanma, bu amaçla da şantiyede hazır betona su verme eğilimi çok yüksektir. Bu eğilimin mukavemet düşürücü zararlı sonucunu yok etmek için Türkiye Hazır Beton Birliği bir karar alarak üyelerine şantiye teslimi beton kıvamını K4 düzeyinde (çökme>16 cm) tutmalarını tavsiye etmiş, bunu yaparken su/çimento oranına (dolayısıyla mukavemete) dikkatleri çekmektedir [51]. Beton üretiminde uygun miktarda su kullanılmalıdır. Suyun en uygun değerden az veya fazla kullanılması beton dayanımını düşürür. Uygulamada sıkça rastlanan hata, betonda işlenebilirliğin sağlanması için betona fazladan suyun katılmasıdır. Oysaki betona gereğinden fazla verilen su, beton sertleştikten sonra betonun boşluklu yapıda dolayısıyla düşük dayanımda ve dayanıklılıkta olmasına yol açar. 1m³ beton için ilaveten katılan her 10lt. su beton mukavemetini yaklaşık olarak %8 mertebesinde düşürür [54,57].

Sabit bir su/çimento oranı için beton dayanımı; en büyük agregâ boyutundan, agregâ tane boyut dağılımı (granülometri), şekil ve yüzey pürüzlülüğünden, kullanılan çimento cinsinden, betondaki hava miktarından, kullanılan katkıların cins ve miktarından etkilenir.

Beton hizmet süresince donma-çözülme, ıslanma-kuruma, ısınma-soğuma, zararlı kimyasal etkiler vb. etkilere maruz kalabilir. Böyle durumlar söz konusu olduğunda çeşitli önlemler almak gerekir. Bu önlemler aşağıda verilmiştir;

- Alkali-agregâ reaksiyonunun önlenmesi veya etkilerinin azaltılması için düşük alkali çimento, puzzolanik katkı veya reaktif olmayan agregâ kullanılmalıdır.

- Deniz suları, sülfatlı sular veya sülfatlı zeminlerin betonla teması söz konusu olduğunda, sülfata dayanıklı çimento, cürufu çimento veya puzzolanik katkıları kullanılabilir.
- Betonun aşınma direncini arttırmak için yumuşak maddeler içermeyen agregalar kullanmak gereklidir.
- Betonun geçirimsizliğini azaltmak için su/çimento oranı azaltılmalıdır.
- Donma-çözülme etkisini azaltmak için hava sürükleyici katkı kullanılmalıdır [30,58].

4.1.4. Betonun Taşınması ve Dökülmesi

Hazır betonda şantiye teslimi kıvam, taşıma süresi ve beton sıcaklığına bağlıdır. Taşıma süresi kıvamı etkilemekte, süre uzadıkça ve hava sıcaklığı yükseldikçe santralden şantiyeye kıvam kaybı artmaktadır. Bu kıvam kaybının betona su verilerek dengelenmesi mukavemeti düşürmektedir [51]. Betondan alınan taze beton herhangi bir araç ile taşınarak önceden hazırlanan kalıbına dökülür. Bu taşıma esnasında betonun maruz kaldığı çarpma ve sarsıntıların etkisi ile beton homojenliğini kaybedebilir. Homojenliğin bozulmasıyla genel olarak bazı kısımlarda çimento miktarı azalacak, su miktarı büyük değerler alacak ve bunların sonunda mukavemet düşecektir. Yapıların dayanıklılığında malzemenin en düşük mukavemeti esas alındığından homojenliğin azalması sonuç olarak beton mukavemetinin düşmesine yol açacaktır. Homojenliğinin tamamen kaybolması betonun çözülmesi demektir. Çözölmüş bir betonda iri agrega taneleri çimentodan ve ince tanelerden tamamen ayrılmış durumdadır.

Çözölmüş betonun mukavemeti sıfır olarak kabul edilmelidir ve bu durumda olan beton yapıda kesin olarak kullanılmamalıdır. Bir betonun çözölmeye tehlikesinden uzak olabilmesi için şu koşulların yerine getirilmesi gerekir;

- Taze betonun kohezyonu büyük olmalıdır. Bu maksatla yoğurma suyu miktarı gereğinden fazla kullanılmamalıdır.
- Betonu oluşturan iri agrega miktarı fazla olmamalıdır. Betonun en büyük boyutu “D” de büyük bir değer almamalıdır.
- Betonun taşıma mesafesi minimum olacak şekilde şantiyedeki tesisler düzenlenmelidir.

Gerekli önlemler alınarak beton, taşıma sırasında olabildiği kadar az sarsıntıya ve çarpmaya maruz kalmalıdır.

Betonun taşınmasında günümüzde en çok kullanılan yöntem ve sistem beton pompalarıdır. Bu sistemde üretilen beton, 15–20 cm çapında borular içinde pompalanarak sureti ile yatay ve dikey yönlerde sevk etmek mümkündür. Bir betonun, pompalanarak sevk edilmesi

için, bazı koşulları yerine getirmesi gerekir. Bu arada kuru kıvama sahip olan betonların işe elverişli olmadığını anlamak zor değildir. Genel olarak pompalar ile taşınacak betonlarda; Çökme miktarı 4-10 cm arasında olmalıdır. Bu betonlarda fazla miktarda iri agregâ bulunmamalıdır. Karışımında çok ince agregâ (0,25 mm den küçük) en az %3 oranında bulunmalıdır. Maksimum tane boyutu “D”, 32 mm yi geçmemelidir [33].

Beton dökülecek yüzeyler ve kalıpların içerisi su birikintileri, çamur, talaş, yonga, şekerli maddeler, inşaat artıkları ve yabancı maddelerden temizlenmiş olmalıdır. Kayalık olan yerlerde, gevşek parçalar kaldırılarak, kaya yüzeyleri yüksek basınçlı hava-su karışımı ya da ıslak kum fişkırâ araçlar, çok sert süpürgeler ve kazmalarla temizlenmelidir. Su emme gücü olan yüzeyler, beton suyunu emmesi için beton dökülmeden önce iyice ıslatılmalıdır [42,57].

Plastik kıvamlı malzeme olan beton bekletilmeden, uygun olan +5°C~+30°C arasındaki ortalama sıcaklıkta (beton dökülen yerdeki 7.00, 10.00, 13.00 ve 16.00 saatlerinde ölçülen sıcaklıkların ortalaması) yerine dökülmelidir. Beton dökülürken üç gün süre ile ortalama sıcaklığın +5°C'nin altına düşmesine soğuk hava ortamı ve +30°C'nin üzerine çıkmasına da sıcak hava ortamı denilmektedir. Beton dökülürken; kalıpların sağlam ve sızdırmaz olduğı; temizliğı, yağlanıp yağlanmadığını, yüzeylerinin uygun olup olmadığı kontrol edilir, donatıların gereğince dşenip, kontrolünün yapıp yapılmadığına bakılmalıdır.

Betonun döküleceğı zemin, donatı ve kalıpta göllenmeye meydan vermeyecek şekilde ıslatma, ıslatma suyu buharlaşır buharlaşmaz da döküm yapılmalıdır. Böylece sıcak bir havada hem donatıların hem de kalıbın sıcaklığı düşürülür, ayrıca zemin ve asmolon gibi su emici yüzeylerin de beton suyunu emmesi önlenir. Aşırı sıcak havalarda beton dökümünün geceleri yapılması, taze beton sıcaklığının düşürülmesi, malzemelerin (su, agregâ) soğutulması, hidrasyon ısısı düşük çimento kullanılması ve geciktirici katkı kullanılması tercih edilebilir. Taze beton çatlaklarına karşı alınacak en önemli önlemlerden biri; betonun dökümü sırasında iyi işlenmesi ve daha sonra gerekli bakımın yapılmasıdır. Beton aşırı akışkan olmamalı ve vibrasyonu gerektirecek bir kıvamda olmalıdır. Mastarlama işleminin yavaş ve düzgün yapılmasına  zen gösterilmelidir.

Soğuk ve sıcak hava ortamları, don hali, kuvvetli rüzgâr ve sağanak halindeki yağmur vb. koşullarını da kötü hava koşulları olarak tanımlamak mümkündür. Kötü hava koşullarında dökülen betonun zarar görmemesi için beton dökülen yer içeride kalacak şekilde ahşap tahta, bez, plastik levhalar gibi malzemelerle geçici olarak teşkil edilen koruyucularla korunduğı gibi ayrıca en düşük günlük sıcaklığın 0°C'nin altına düştüğü ilk don gününden sonra, ortalama sıcaklığın pes peşe bir günden fazla +5°C'nin altına inmesi halinde beton dökülüp yerleştirildikten sonra en az 24 saat korunmalı ve k r uygulanmalıdır. Korumanın yeterli olup olmadığı hususu, beton sıcaklığının devamlı olarak kontrolü ile denetim altında tutulmalıdır.

Kapalı hacimlerde beton dökülürken bu yerlerin rüzgâra maruz kalmamasına dikkat edilmeli ve hacimler ısıtılacaksa sıcaklığın belli yerlerde yoğunlaşması önlenmelidir. Ayrıca beton doğrudan ateşe maruz kalmamalıdır [54,57].

Betonun yerleştirilmesi pompalı ve pompasız olarak ikiye ayrılmaktadır. Yerleştirme yöntemi betonun kıvamını etkilemektedir. Pompalanacak betonun, mikserden direkt kalıba dökülen betona kıyasla daha akıcı ve kolay işlenebilir olması aranır. İçine beton yerleştirilecek kalıbın ve yerleştirme işçiliğinin sertleşmiş beton kalitesi üzerine hem mukavemet hem de görünüş açısından önemli etkileri vardır:

- Kalıbın cinsi (ahşap, çelik, tünel gibi),
- Kalıp yüzeyinin kalitesi,
- Kalıp yağı kullanılması,
- Yerleştirme esnasında vibratör kullanımı gibi faktörler beton kalitesi ile doğrudan bağlantılıdır.

Şantiyede en çok karşılaşılan sorun; betonun rahat yerleştirilemeyip masterlama yapılamamasından dolayı döküm yerine gelen betona fazladan su eklenmesidir. Bu, beton mukavemetini düşürür. Bu sorun, uygun kıvamda beton siparişi, akışkanlaştırıcı kimyasal katkıların kullanılması ve şantiyede vibratör kullanımı ile giderilebilir. Beton yerleştirilirken;

- Beton mümkün olduğunca yerleştirileceği yere veya yakın bir bölgesine dökülmelidir. Betonun belirli bir bölgeye yığıp, kürekle yerine yerleştirmekten kaçınılmalıdır.
- Beton homojen tabakalar halinde yerleştirilmelidir. Yerleştirme esnasında büyük yığınların ve eğimli tabakaların oluşturulmasına engel olunmalıdır.
- Beton kalıba 1.5m'den daha yüksekten dökülmemelidir.
- Betonun yerleştirme ve sıkıştırma hızları uyum içinde olmalıdır.
- Gecikme ve duraklamalar sonucu oluşabilecek soğuk derzler için imkan verilmemelidir. Bu tür uygulamalarda muhtemel hava kabarcıklarına karşı kalıp yağlanmalıdır [48,51,55].

Boruyla beton dökerken pompanın kovanında her zaman bir mikser bulunmalıdır. Eğer böyle bir imkan yoksa; mikser beklemek zorunda kalacaksa ikinci bir mikser gelene kadar en son mikser tamamen boşaltılmamalıdır. Çünkü ilk mikser boşaltıp giderse ve diğer mikser geç gelirse borunun içindeki beton prizini almaya başlayabilir. Kıvamı katılaştıran beton sabit boruyu tıkatabilir [57]. Beton dökülüp yerine yerleştirildikten hemen sonra ilk masterlama yapılmalıdır. Daha sonra bir insan beton üzerine çıktığında 1-2 mm derinlikte iz oluşunca ikinci masterlama işlemi yapılmalıdır.

4.1.4.1. Soğuk Havada Beton Dökümü

Donmuş, kar ile karışmış, kırığı ile örtülmüş malzeme kullanılmayarak, hiç bir zaman donmuş zemin üzerine beton dökülmeyecektir.

a-En az $+3^{\circ}\text{C}$ ye kadar herhangi bir tedbir alınmadan beton dökülebilir.

b- $+3^{\circ}\text{C}$ de beton yapılması halinde betonun dökülmesi ve korunması için basit tedbirler alınması gereklidir.

c - Isı -3°C den aşağı düştüğü zaman:

c.1 - Dozajı en az 350 tutulması,

c.2 - Agreganın ve suyun $+40^{\circ}\text{C}$ e kadar ısıtılması,

c.3 - Prizi çabuklaştıran katkı malzemesinin ilavesi,

c.4 - Suyun çimentoya oranının 0,40'ı aşmaması,

c.5 - Betonun döküldükten 7 gün sonrasına kadar $+15^{\circ}\text{C}$ nin üstünde tutulması gibi tedbirler alınmalıdır [42,57].

Beton dökümü esnasında hava sıcaklığının $+5^{\circ}\text{C}$ 'den düşük olması halinde, kaliteli beton elde edebilmek için yapım, döküm ve bakım işlerinde bir takım önlemlerin alınması gerekir. Taze betonda priz esnasındaki donma tehlikelidir. Priz öncesinde ve sertleşme sonrası donmanın etkileri nispeten azdır. Taze betonun döküldüğü ortamın sıcaklığının düşmesi sonucu priz süresi ve kalıp alım süresi uzar, betonun mukavemeti düşer, agrega parçalanmaları görülebilir. Soğuk havalarda betonu korumada izlenecek yol, başlangıçta beton ısısının belirli bir değerden aşağı düşmesini önlemektir. Taze betonun döküldüğü ortamın sıcaklığı bir gün içinde $+5^{\circ}\text{C}$ 'nin altına düşerse 48 saat süreyle, bir günden fazla $+5^{\circ}\text{C}$ 'nin altına düşerse 72 saat süreyle don etkisinden korunmalıdır. Türk Standartları betonun basınç mukavemetinin 50 kgf/cm^2 ye erişmesinden sonra don sebebi ile zarar görmeyeceğini kabul eder. Bu süre iyi bir beton için $+10^{\circ}\text{C}$ sıcaklıkta 3 gündür [51].

4.1.4.2. Sıcak Havada Beton Dökümü

Taze betonun, prizi ve sertleşmesi sırasında sıcaklığının yaklaşık 15°C - 25°C arasında kalması uygundur. Beton sıcaklığının 18°C 'yi aşmaması tercih edilmektedir, zorunlu hallerde 32°C 'ye varan sıcaklıklarda önlem alınarak beton üretimi yapılabilir. Sıcak havanın beton üzerindeki etkileri daha çok su ihtiyacı, kıvam kaybı, prizin hızlanması daha fazla plastik rötre çatlağına eğilim ve hava boşluğu şeklinde sıralanabilir. Beton yerleştirildikten sonra yüzeyindeki suyun buharlaşma hızı; ortam sıcaklığına, bağıl nem oranına ve rüzgâr hızına bağlıdır [56]. Beton dökümü için en olumsuz ortam; aşırı sıcak, kuru ve rüzgârlı havalardır. Yeni yerleştirilmiş taze betonda hızlı buharlaşma sonucu aşırı su kaybı olur.

Bunun sonucunda çökme kaybı, priz hızlanması, hava boşlukları ve yüzeyde plastik rötne çatlakları meydana gelir. Bu da betonun dayanıklılığını olumsuz yönde etkiler. Beton dökerken hava sıcaklığının 30°C'den fazla olması beton için önlemler alınmasını gerektirir.

- Taze betonun sıcaklığı, rüzgârın hızı, bağıl nem ve ortam sıcaklığı denetlenmelidir.
- Çimento, su ve agregalar olabildiğince soğuk olmalıdır. Agregalar gölgede stoklanmalı, karışım suyu beyaza boyanmış tanklarda tutulmalıdır.
- Agregalar periyodik olarak ısıtılmalı ama agregalarda farklı nem oranlarının oluşmamasına dikkat edilmelidir.
- Çimento dozu ve hidratasyon ısısı düşük çimentolar tercih edilmelidir.
- Döküm yerine ulaşan beton bekletilmeden yerleştirilmeli ve vibrasyon kısa sürede tamamlanmalıdır. Dökümün gecikmesi halinde priz geciktirici kimyasal katkıları kullanılmalıdır. Gece beton dökümü tercih edilmelidir.
- Döküm esnasında taban ve kalıplara su püskürtülmesi beton karışımındaki suyun emilmemesi açısından faydalıdır. Böylece betonla temas edecek yüzeylerin sıcaklığını düşürerek nem miktarını artırmak mümkündür.
- Dökümden sonra ilk yarım saatten başlayarak 72 saat boyunca su kürü uygulanmalı, buharlaşma ve su kaybına karşı yüzeyler su geçirmez örtüler ile rüzgâra karşı da rüzgâr koruyucularla örtülmelidir.
- Normal betonarme yapılarda kür süresi yaz aylarında en az üç gün olmalı, yüzey sürekli nemli tutulmalıdır [42,51,57].

4.1.4.3. Su İçinde Beton Dökülmesi

İçinde beton dökülecek suyun ısısı +10 °C'nin altına düştüğünde dökülecek beton en az 300 dozajlı olmalıdır. 25 cm çapındaki borular ya da altı kapaklı kova ile sıkışık bir kütle halinde su altında bırakılmalı, beton hiç bir şekilde oynatılmamalıdır. Suda dalga ve akım olmamasına dikkat edilmelidir. Tabanda kaynak su çıktığı takdirde beton dökümüne zarar vermeyecek şekilde tertibat alınmalıdır.

4.1.4.4. Deniz Suyu Etkisinde Olan Betonun Dökülmesi

Projesinde 200, 250 dozajlı olarak gösterilmiş olan masif beton kısımlar deniz suyu etkisinde kalıyorsa, bu betonlar 300 dozajlı olarak dökülmelidir. Bu gibi betonlarda deniz suyunun kimyasal etkilerine dayanıklı çimento kullanılmalıdır.

4.1.4.5. Alkali ve Sülfatlı Suların ve Zeminin Etkisinde Kalan Betonların Dökülmesi

Beton işin başından sonuna kadar aralıksız dökülmelidir. Buna imkân bulunamazsa, zeminden ya da su seviyesinden en az kırk beş santim daha yüksek bir seviyeye kadar aralıksız dökülmelidir. Alkali zemin ve suların beton dökümü bittikten 72 saat sonrasına kadar beton yüzeyine değmemesi sağlanmalıdır. Ayrıca alkali ve sülfatlı suların ve zeminin kimyasal etkisine dayanıklı çimento kullanılmamalıdır.

4.1.5. Betonun Yerleştirilmesi ve Sıkıştırılmasından Kaynaklı Hasarlar

Kalıp içine boşaltılan taze beton bünyesinde boşluklar, hava cepleri, çakıl birikimleri, kum akıntıları gibi kusurlar kalmayacak şekilde homojen ve katı bir kütle haline getirilmek için iyice yerleştirilmelidir. Taze betonu vibrasyon yoluyla yerleştirmek için modern vibratörler hizmete girinceye kadar betonun yerleştirilme işlemi; kürek, el tokmağı, şiş gibi aletlerle, el yöntemleri ve işçilerin ayakları ile yapılmaktaydı. Ancak günümüzün, yüksek frekanslı vibratörleri ile betonu mükemmel yerleştirmek mümkündür. Betona vibrasyon uygulamadaki amaç, betonun bir noktadan diğer bir yere hareketini sağlamak veya yerleşmesini sağlamak olmamalıdır. Betona vibrasyon yalnız sıkıştırma amacıyla uygulanmalıdır [5].

Beton aralıksız dökülerek vibratör ya da el ile sıkıştırılarak sıkılığı temin edilmelidir. Vibratörle sıkıştırmada, betonun homojenliğinin bozulmamasına dikkat edilmelidir. Vibre edilen ve prizi başlayan betonlar tekrar vibre edilmemelidir. Beton; dökümünden 7 gün süre ile her türlü titreşimden korunacaktır. Döşeme ve kaplamalarda satıh vibratörü (yüzey titreteciler) kullanılmalıdır [42,57].

Kalıba dökülen betonun kalıbın her tarafına yayılmasını, donatıları iyice sarmasını sağlamak ve hava boşluklarını dışarıya çıkararak doluluğu artırmak için vibratörle sıkıştırmak gerekir. Vibrasyonun esası, betonu kuvvetli bir şekilde titreşime tabi tutmaktır. Deprem yönetmeliğinde belirtildiği üzere, her tür beton sınıfında, yerleştirme aşamasında vibratör kullanmak mecburidir. “Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik” de vibratör kullanmadan beton dökümü işlemini yasaklamıştır. Şişleme, tokmaklama vb. elle sıkıştırma usulleri yalnızca vibratör kullanımıyla beraber yardımcı usuller olarak kullanılabilir [5,51].

Hazır beton ile betonyerde inşaat mahalinde hazırlanan beton arasındaki fark; hazır beton, yüksek teknoloji ürünü bilgisayar kontrollü santrallerde üretilen, standartlara uygun hammadde ve karışım oranları uygulanan, taşınması ve dökümü transmikser ve pompalarla hızlı ve kolay sağlanan, işçilik, kalite ve harcanan zaman açısından karşılaştırıldığında betonyer ile inşaat mahalinde hazırlanan betona göre daha ekonomik bir yapı malzemesidir. Betonyer ile

inşaat mahalinde hazırlanan betonda, karışım oranları genellikle standardın yasakladığı şekilde hacimle tespit edilir, malzeme kalitesinin kontrolü yoktur, karışımda homojenlik tam olarak sağlanamadığı için mukavemet değişkendir, su ilavesinde sınırlama yoktur. Düşük mukavemetli ve kısa ömürlü beton, içindeki demiri dış etkilere maruz bırakarak donatının paslanmasına yol açar [48].

Beton yerleştirileceği yere veya çok yakın bir bölgesine dökülmelidir. Özellikle döşeme betonlarında hem zaman ve iş gücü kaybı, hem de betonun ayrışma tehlikesi açısından betonu belirli bir bölgeye yığıp oradan kürekle yerine yerleştirme yönteminden kaçınılmalıdır. Beton homojen tabakalar halinde yerleştirilmelidir. Yerleştirme esnasında büyük yığınların veya eğimli tabakaların oluşturulmasına engel olunmalıdır. Duvar ve kolon gibi düşey taşıyıcı yapı elemanlarında, beton kalıbına 30-45cm'lik tabakalar halinde yerleştirilmelidir. Bu kalınlık brüt beton uygulamasında ve eldeki mevcut vibratörün uzunluğuna bağlı olarak 30cm ile de sınırlandırılabilir. Beton kalıba fazla yüksekte dökülmemeli, yerine mümkün olduğunca hızlı yerleştirilmelidir. Fakat bu işlem sıkıştırma yönteminden ve sıkıştırma ekipmanının yetiştirebileceğinden de hızlı olmamalıdır. Kısaca betonun yerleştirme ve sıkıştırma hızları uyum içinde ve eşit olmalıdır.

Brüt beton yüzeyli kolon ve duvarlarda betonun kalıp içinde yükselme hızı 2 m/saat'ten fazla olmalıdır. Gecikme ve duraklamalara meydan verilmemelidir. Bu tür uygulamalarda yüzeyde oluşması muhtemel hava kabarcıklarını azaltmak için kalıp ince ve homojen bir yağ tabakasıyla yağlanmalı, betonun bileşimi ise iri agregası azaltılmış ve uygun kıvamlı (8-12 cm çökme) olacak şekilde ayarlanmalıdır [51].

4.1.5.1. Betonun Vibratörle Sıkıştırılmasının Önemi

Modern beton pratiğinde ve inşaat teknolojisinde beton dökümünde sıkıştırma işlemi, vibratör kullanılarak yapılır. Betonu vibratör kullanmadan sıkıştırmada fazla beden gayreti gerekir. Sarf edilen bu gayrete karşı netice ancak çok küçük kesitli yerlerde alınabilir. Genel olarak, vibratör kullanılarak sıkıştırılmış betona nispetle çok boşluklu, geçirimli, daha düşük mukavemet ve dayanıklılıkta olur. Vibratörsüz sıkıştırmada bol su ve ince agregalı, dolayısıyla işlenebilirliği çok kolay bir beton gerekecektir. Hâlbuki aşırı su ve kum oranı, iyi beton kalitesi bakımından betonda istenilmeyen bir özelliktir. El yöntemi ile betonu istenilen yoğunlukta ve yüzey kalitesinde sıkıştırmak zor bir iştir. Beton yüzeyi muntazam bitirilirse bile alt kısım gereği şekilde sıkışmadığı için özellikle yol kaplama betonlarında yapının ömrü, hava, çevre etkilerine ve yük şartlarına karşı azalacaktır [5].

Betondan istenilen verimin elde edilmesi için standartlara uygun, kaliteli üretim kadar doğru yerleştirme ve uygulama da önemlidir. Fazla akıcı olmayan, plastik kıvamdaki taze

betonun, özellikle çok katlı yapılarda, döküleceği kalıplara ulaştırılması zaman zaman sorun olabilmektedir. Ancak, betonu transmikserden alarak istenen yükseklik ve açıklıklara aktarabilen beton pompaları ile bu sorun aşılmaktadır. Özellikle kule vinci olmayan yüksek yapılarda olduğu gibi betonu elle veya diğer gereçlerle taşımanın çok güç olduğu durumlarda; yüksek miktarlardaki betonun hızla işlenmesi ve betonu getiren transmikserin döküm noktasına yeterince yanaşması mümkün olmayan durumlarda, sabit veya taşınabilir beton pompalarının kullanılması zorunludur. Pompa kullanılmadan beton dökümü yapıldığında, saatte ortalama 10-12 m³ beton dökülebilirken, modern beton pompalama teknolojisiyle yerleştirme hızı ise saatte 70 m³'e kadar ulaşabilmektedir [51].

Vibrasyonun beton sıkışmasına etkisi; vibrasyon esnasında çimento hamurunun akıcılığı artar, agrega tanelerinin birbirleri üzerindeki sürtünme mukavemetleri azalır ve kolayca birbirleri arasındaki boşluklara kayabilirler. Önceden az çok sert olan beton, vibrasyon tesiri altında akıcı karakter alır, kolayca şekil değiştirebilir ve dar boşlukları emniyetle doldurabilir. Ağır taneler dibe doğru çöker, hava ve çimento şerbeti yukarı doğru itilir. Vibrasyon sayesinde elde edilen netice yoğurma suyunu artırmakla elde edilen neticenin aynıdır. Bu hadise beton inşaatı aşağıdaki imkânları sağlamaktadır;

- Normal granülometride daha az yoğurma suyu kullanmak (mukavemetin artması veya aynı mukavemet için çimentodan tasarruf).
- Granülometride kullanılabilir bölgenin sınırlarını genişletmek.

En ideal vibrasyon tesiri beton kıvamını ve granülometrisini uygun limitler dahilinde tutmaya bağlıdır. Yalnız nemli toprak kıvamına yakın betonlar vibre edilmelidir, sulu betonu vibre etmenin hiçbir manası yoktur. İyi bir vibrasyon tesiri elde etmek için agrega granülometrisi en iyi bölge içerisinde bulunmalı, kum nispeti tabii agrega için %45'den ve kırma agrega için %50'den az olmamalıdır. Vibrasyonun iyi nakledilebilmesi için karışımda en ince tanelerin yeterli miktarda bulunması gerekir. Bu sebeple dozajı 300'den az olan karışımlara taş unu ilavesi gerekmektedir. Sıkıştırılması biten betonun açıkta kalan üst yüzünü işlemek yani düzeltmek gerekir. Bu iş kürek, mala, çelik master gibi aletlerle yapılır. Satış ince bir harç tabakası tarafından iyice örtülmüş ve bütün boşlukları kapanmış olur [22].

Beton vibrasyonunda dikkat edilmesi gereken noktalar;

- Vibratör daldırıldığı kesimde, beton karışımına ve kullanılan vibratör cinsine bağlı olarak beton yüzeyinde ince bir şerbet tabakası belirip, beton içinde sıkışan havanın yüzeye çıkmasını sağlayana kadar en az 15 sn kadar sabit tutulmalı, daha iyisi küçük düşey hareketler yaptırılmalıdır. Brüt beton uygulamasında vibrasyon süresi gerekirse 30 sn'ye kadar uzatılmalıdır. Vibratör betonun içinden yavaşça çekilmelidir (-8cm/sn). Böylece sıkılama esnasında vibratörün, beton içinde oluşturduğu boşluğun kapanması sağlanacaktır. Kuru

karışımlarda şayet bu başarılamıyorsa vibratörün yeniden bir kaç santim kadar betona daldırılması problemi çözecektir. Eğer yeniden daldırma etkili olamıyorsa karışımı veya vibratörü değiştirmek gerekecektir.

- Vibratör sıkılama esnasında beton yığınının tam tepesinden daldırılmamalıdır. Bir yığını düzlemek için vibratörü yığma kenardan daldırıp yerleşmeye başlayan tabaka üzerinde ilerletmek gerekir. Yığın düzlendikten sonra sıkıştırma başlatılmalıdır. Vibratör betona düşey olarak daldırılmalı ve daldırma aralığı vibratörlerin etki yarıçaplarına bağlı olarak 45-50 cm'yi geçmemelidir. Küçük çaplı vibratör kullanılması halinde ve brüt beton uygulamasında daldırma aralıklarının daha da düşürülmesi gerekir. Vibrasyon esnasında vibratörün her defasında bir önceki tabakaya 10 cm kadar girmesine dikkat etmek gerekir. Böylece iki tabakanın birbiriyle kaynaşması sağlanacaktır. Vibratörün kalıp yüzeyine temas etmesini önlemek gerekir. Bu, kalıp yüzeyinin hasar görmesini önleyeceği gibi vibratöründe hasar görmesine engel olacaktır. Emniyetli tarafta kalmak için vibratörü kalıptan 75-100 mm uzakta tutmak gerekir.

- Vibrasyon esnasında vibratörün betonarme donatılarına teması önlemelidir. Böylece donatıların kalıp içerisindeki konumunun bozulması önlenecektir. Vibrasyon esnasında vibratör iğnesinin tamamen betona gömülmesini sağlamak gerekir. Beton içinde olmadığı zaman vibratör çalıştırılmamalıdır. Yüzey görünümünün çok önemli olduğu yerlerde ilave vibrasyon uygulayarak yüzeydeki boşluk sayısını azaltma yoluna gidilmelidir. Taze beton, içinde hava boşlukları kalmayacak biçimde mümkün olan en yüksek yoğunluğa kadar sıkıştırılmalıdır [51].

Genelde vibrasyon çatlakları beton yerleştirildikten sonra priz süresinde oluşur. Titreşim kaynakları yakın çevredeki trafik akışı, şahmerdanla çakma, kazı işlemleri, ayrıca vibratörle yapılan gecikmiş sıkıştırma dikkatsiz işçilerin veya ekipmanın kalıp titreşimine neden olur. Bu olguları önlemek için, beton katılabilirken işçilerin kalıpları tezgâh gibi kullanmasına izin verilmemelidir. El arabalarının kalıpların üstünden gidip gelmesine izin verilmemelidir. Az veya orta sıkıştırma yapılmış yumuşak toprakta çalışma yapan şahmerdan, beton dökülen alandan en az 15 m uzakta çalışmalıdır. Masif balçık veya silt şeklindeki kütlelerde beton tamamen sertleşmeden kazık çakma işlemi yapılmamalıdır. Beton sertleşirken ağır ekipmanlarla üzerinde yürünmemelidir. Şeritler halinde beton dökme işlemlerinde; yeni dökülen betona vibrasyon yapılması yeni sertleşmeye başlayan eski betonda hasar oluşturabilir. Bu nedenle ya daha önce dökülen beton priz yapmamış olmalı ya da mukavemetini tamamen kazanmış olmalıdır. Ağır trafiği olan yollara yakın çalışırken trafiğin etkisi düşünülerek gerekli önlemler alınmalıdır [34].

4.1.6. Beton Bakım ve Kürü

Betonun dayanımının zaman içerisinde gelişimi ortam koşullarına bağlıdır. Bu koşulları etkileyen faktörler havanın sıcaklığı, nem derecesi ve rüzgârlı olmasıdır. Betonun bakım ve kürünün yapılmaması, betonda çatlakların oluşmasına neden olur. Bütün bu çatlaklar kür edilmesiyle önlenir. Bu nedenle betonun dökümü ilk saatlerinde kür edilmesi çok önemlidir [48].

Bünyesindeki çimentonun su ile yapacağı hidrasyon reaksiyonlarının sürekliliği dayanımı etkiler. Hidrasyon olayının normal bir şekilde gelişmesini engelleyen koruma koşulları ile ilgili faktörler havanın sıcaklık, nem derecesi ve rüzgârlı olmasıdır. Hava sıcaklığının düşük olması hidrasyonu yavaşlatacak, buna bağlı olarak da beton yavaş dayanım kazanacaktır. Şayet havanın sıcaklığı fazla ise bu durumda da buharlaşma olacak ve hidrasyon için gerekli su miktarında azalma olacaktır. Havanın rüzgârlı olması da buharlaşmayı arttıracaktır. Bu durumda buharlaşmanın önlenmesi ancak betona yeterli bir rutubet kaynağı sağlamakla mümkün olur. Betonda bu etkiler sonucu oluşan su kaybı önlenemezse ani kurumadan dolayı betonda büzülme olacak ve çatlaklar meydana gelecektir.

Karışım suyunu belirli bir süre betonun bünyesinde tutabilmek için genelde iki yöntem uygulanmaktadır. Birincisi betonu sık sık ve devamlı sulama, ıslak çuvallarla örtme, buhar verme, kum, nemli toprak veya saman sererek sürekli ıslatmak gibi önlemlerdir. İkincisi ise mastarı biter bitmez beton yüzeyini sıvı kür maddeleri ile kaplamaktır. Bu maddeler, püskürtme yoluyla veya fırça ile beton yüzeyine uygulanırlar ve yüzeyde geçirimsiz bir tabaka oluşturarak beton karışım suyunun kaybolmasına engel olurlar.

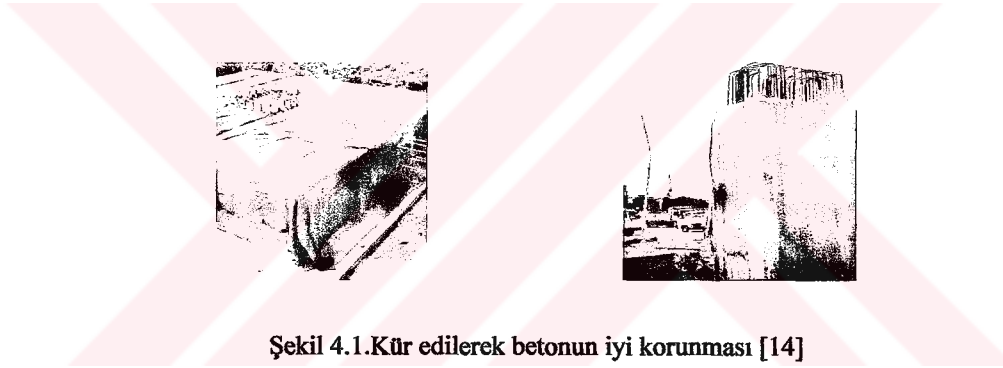
Soğuk havalarda, gerek don etkisine karşı gerekse kalıp alma süresini kısaltmak için betonu, bir çadır altında ve içerisinde gerekli ısıyı sağlamak için ateş yakarak, sıcak hava veya buhar üfleyerek veya benzeri ısıtma yöntemlerini kullanarak muhafaza etmek gerekir. Ortaya çıkacak CO (karbonmonoksit) gazı için gerekli önlemler alınmalıdır. Sıcak veya soğuk havada beton dökerken dikkat edilecek hususlarda daha ayrıntılı bilgi için TS 1248'e başvurulabilir [51,55,57].

Beton dayanımı ve dayanıklılığı üzerinde kürün çok önemli işlevi vardır. Kür, çimento hidrasyonunu ilerletmek üzere yapılan bir işlemdir. Bilindiği üzere betonda hidrasyon yıllarca devam eder. Hidrasyon derecesinin yüksek olması beton kalitesini olumlu yönde etkiler. Betonun boşluklu yapısı ve geçirgenliği üzerinde beton kürünün önemli bir etkisi vardır. İyi kürlenmiş betonlar boşluksuz ve geçirimsizdir. Bu betonların boşluk boyutu ve kapileritesi azaldığından su emerek doygun hale gelmesi ve akabinde dondan etkilenmesi oldukça güçleşir. Hava sürüklenmiş beton bir iki donma-çözülme devresine dayanabilmesi için 35 kgf/cm²'lik bir basınç dayanımına ihtiyaç duyar. Şiddetli hava koşullarında ise beton donmaya maruz kalmadan

önce en az 280 kgf/cm²'dir. Yani beton donmaya maruz kalmadan önce belli bir dayanıma sahip olmalıdır. Bu nedenle beton dökümünden belirli bir süre sonraya kadar, beton uygun bir şekilde kür edilerek dayanıklılığı arttırılmalıdır.

Betonun kür süresi değişik etkenlere bağlıdır. Ancak, normal betonarme yapılarda bu süre yaz aylarında en az bir hafta olmalıdır. Bu süre içinde günde en az 3 defa sulama yapılmalıdır. Sulama için kullanılan su şehir suyu değilse, içinde betonarme için zararlı olan sülfat, asit ve tuz gibi kimyasal maddeler bulunmamalıdır. Güneş ve rüzgârın doğrudan etkisine karşı betonu korumak için açıkta kalan yüzeyler, ıslak çuval ve plastik örtü gibi malzemelerle örtülmelidir [56]. Özellikle döşeme ve saha betonlarının “curing compound” adı verilen bakım maddeleri ile kaplanıp, buharlaşmanın geciktirilmesi yararlıdır. Bu işlem yüzeydeki parlaklık sona erinceye kadar beklendikten sonra yapılmalıdır. Ayrıca spreyle su püskürterek veya suya doymuş talaş, ıslak kum gibi maddeler ile kaplayarak yüzeyin nemli tutulması sağlanmalıdır.

Rüzgâra karşı korumak için rüzgâr kırıcı engeller oluşturulur. Beton yüzeyini doğrudan güneş ışınlarından korumak için beyaz renkli yansıtıcı plastik örtüler ile kaplamak gerekir [44].



Şekil 4.1. Kür edilerek betonun iyi korunması [14]

Özel önlemler; bazı durumlarda betonda hava sürükleyici katkı kullanımı ile birlikte başka önlemlerin alınmasında fayda vardır. Bu önlemler içerisinde en etkin olanı beton yüzeyinin kaplama malzemeleri ile kaplanmasıdır. Kaplama malzemeleri öncelikle beton içerisine nüfuz ederek ve yüzeyi bir tabaka ile kaplayarak, suyun beton içerisine girmesini önler. Bu amaçla zift, katran, polimerik reçine, silikon esaslı malzemeler kullanılarak beton emprenye edilir.

Seçilen malzemenin kalitesi de malzemenin işlevini yerine getirebilmesi açısından oldukça önemlidir. Emprenye işleminde amaç boşlukların tıkanması ve yüzeyin kaplanması değildir. Bu işlem sırasında tatbik edilen malzeme derinlere kadar işlemelidir. Kaplama şeklindeki uygulamalardaki ise iyi bir koruma sağlanmasına karşın çoğu zaman beton ile kaplama malzemesi arasında boşluk kalabilir. Bunun sonucunda burada biriken su donmaya neden olabilir. Ayrıca betonda silis dumanı, uçucu kül vb. kullanılması da boşluksuz bir beton dokusu oluşturabilmek amacıyla yapılacak işler arasında sayılabilir [44].

Taze betonun kür süresi de değişik etkenlere bağlıdır. Ancak normal betonarme yapılarında bu süre yaz aylarında en az bir hafta olmalıdır. Bu süre içinde ise günde en az üç kez sulama yapılmalıdır. Sulama için kullanılacak su, şehir suyu değilse içinde betonarme elemanları için zararlı olacak sülfat, asit, tuz gibi kimyasal maddeler bulunmamalıdır.

Kısıtlanmış rötre çatlakları aşağıdaki önlemler alınarak azaltılabilir;

- Betonda su/çimento oranı düşük tutulmalı,
- Kalıp alma süresi uzatılmalı, doğru ve standart kür uygulaması yapılmalı,
- Üretim sırasında sadece perde gibi betonarme elemanları için beton içine kısa kesilmiş polietilen lif veya çelik tel katılmalı,
- Perdelerdeki düşey ve özellikle yatay donatıların yeterli olup olmadığı kontrol edilmelidir.

Plastik rötre, oturma çatlakları ve kısıtlanmış rötre çatlaklarının onarımı betonun durabilitesi açısından yararlıdır. Bu çatlaklar, genişliklerine bağlı olarak uygulamada mevcut onarım harçları veya su kıvamındaki epoksi kullanılarak ve elle uygulama yapılarak doldurulup betonun uzun süreli performansı artırılabilir. Böylece olası donatı korozyonu önlenmiş olur [1]. Taze betonun bilhassa ilk 7 gün zarfında rutubetli olarak muhafaza edilmesi, yoğurma suyunun tabahhur etmeyerek çimentoyu hidrate etmesi gerekir.

•5° den düşük sıcaklıklarda çalışılacağı vakit beton sıcaklığının kâfi derece yüksek olmasını temin edecek tedbirler almak icap eder. Karışımın sıcaklığı daimi olarak kontrol edilmeli ve hiçbir zaman + 5° den aşağıya düşmemelidir. Donmuş agrega kullanılmamalıdır. İlmal edilmiş beton kâfi derecede sertleşinceye kadar soğuktan muhafaza edilmelidir.

•3° ye kadar olan geçici donlarda yoğurma suyunu veya agregayı ısıtmak suretiyle beton üretimi yapılır. Devamlı donlarda veya - 3° nin altına inen donlarda ancak özel tedbirler almak suretiyle beton imal edilebilir. Bu tedbirler arasında yoğurma suyunun ve agreganın ısıtılması sayılabilir. Soğuk memleketlerde yapının etrafı ve üstü çadır bezleriyle kapatılıp içerisi buharla ısıtılmak suretiyle beton imal edilmektedir.

Sertleşmesini tamamlamış betonun yüksek sıcaklıklara maruz kalması, yeter derecede rutubet mevcutsa faydalıdır. Sıcaklık hidratasyon olayını süratlendirmektedir. Beton eşya fabrikaları yüksek tazyikli buhar kazanlarında betonu sertleştirerek çok kısa zamanda yüksek mukavemet kazanmasını ve derhal kalıptan çıkarılıp piyasa şevkini temin etmektedirler [22].

Bağlayıcı maddenin ancak devamlı bir şekilde hidratasyon yapması halinde betonun mukavemeti normal bir seyir göstererek artar. Sıcaklığın düşük olması yani havanın soğuk olması hidratasyonu yavaşlatır. Sıcaklığın çok yüksek olması da buharlaşmayı arttırması bakımından sakıncalıdır. Havanın rutubet derecesinin düşük olması havanın rüzgârlı olmasıdır. Havanın soğuk olması dışında diğer haller buharlaşmayı arttırmakla suyun beton içinde

azalmasına neden olur ve hidrasyonun normal bir şekilde gelişmesini engeller. Bu durumda bir rutubet kaynağı oluşturmak suretiyle (betonu sulamak veya ıslak çuvallar altında tutmak) veya betonun yüzeyinde geçirimsiz bir tabaka meydana getirerek mani olunabilir. Ayrıca beton aynı sebepten güneşin ışınlarından korunmalıdır. Kalıba dökülmüş henüz katılaşmamış veya yeni katılaşmış beton üzerine, gerekli önlemler alınarak yağmur sularının düşmesi önlenmelidir. Ayrıca beton, en az bir hafta herhangi bir sarsıntıya ve vibrasyona maruz kalmamalıdır [33,43,57].

Tablo 4.2. Kalıp ve dikmelerin emniyetle sökülmesi için gerekli koruma süreleri ve mukavemet yüzdeleri

Koruma Süresi Sonunda Beklenen Ortalama Sıcaklık	13 °C Kür Sıcaklığında			13 °C Kür Sıcaklığında		
	Erişilmesi Gerekli Olan Hesap Mukavemet Yüzdesi	Gerekli Koruma Süresi (Gün)		Erişilmesi Gerekli Olan Hesap Mukavemet Yüzdesi	Gerekli Koruma Süresi (Gün)	
		PÇ 325 KPÇ 325	PÇ 400 VE PÇ 500		PÇ 325 KPÇ 325	PÇ 400 VE PÇ 500
+ 5 °C ile ± 0 °C arası (1)	50	6	3	50	4	3
± 0 °C ile - 5 °C arası (1)	65	11	5	65	8	4
- 5 °C ile - 10 °C arası (2)	85	21	16	85	16	12
- 10 °C'den aşağı (2)	95	28	25	95	23	20

Bu çizelgedeki değerler kalıpların kısımlar halinde sökülmesi ve kalıbı sökülen yerlere tekrar yeterli sayıda dikmeler konulması şartı ile geçerlidir. Bu koruma süreleri için koruma şartlarında kür edilmiş deney numuneleri gerekli değildir. Bu koruma süreleri için koruma şartlarında kür edilmiş deney numunelerinden elde edilecek mukavemet sonuçlarda göz önünde bulundurulmalıdır [57].

4.2. Betonda Uygulama Kökenli Çatlaklar

Bu tip çatlaklar taze veya yaşlanmış betonlarda görülür.

4.2.1.Taze Beton Çatlakları-Rötre

Beton sertleşirken oluşan kimyasal reaksiyonlar çok geniş bir zaman periyodunda meydana gelir. Bu sertleşmiş beton rötresi veya rötre olarak bilinen hacim küçülmesidir. Yapı bu hacim değişiminin serbestçe oluşmasına direnç gösterirse, oluşan gerilmeler beton kütesinin çatlamasına neden olabilir.

Bu rötre, sertleşmiş beton içindeki jel suyunun buharlaşması ve sonuçta jeldeki katı öğelerin birbirini daha kuvvetli elektrostatik kuvvetlerle çekmesi sonucu oluşur. Hidrolik rötreği arttıran faktörler; beton içindeki çimento miktarı (dozaj) fazlalığı (450 kg/m³ten fazla olamaz), beton karma suyunun fazlalığı (fazla suyun buharlaşması rötreği artırır), agreganın inceliği (ıslatma suyu artar) ve elastik modülünün düşüklüğüdür. Rötreği arttıran dış faktörler ise dış ortamın kuru, rüzgârlı ve sıcak olmasıdır. Havaya açık yüzeyi fazla olan yapı elemanlarında rötre oranı daha yüksektir. Elemanın serbestçe rötre yapmasına izin verilmezse çatlaklar oluşacaktır. Bu çatlaklar çok ince yerlerde, dal ve hurdi döşemelerde, derz bırakılmayan döşemelerde, donatısız plaklarda daha fazla meydana gelir.

Önlemler;

Sertleşmiş beton rötre miktarı, erken yüksek dayanımlı çimento kullanılarak azaltılabilir. Verilen karışım ve çimento cinsi rötre oranını bir miktar azaltılabilir. Rötreği azaltmak için;

a) Dilatasyon derzlerinin yapıda sık kullanılması ile yapının büzölmeye karşı gösterdiği direnci azaltılır ya da önlenir,

b) Çatlakların oluşumunu ve büyüklüğünü azaltacak ve gerilmeleri dağıtabilecek yeterli miktarda donatı sağlanmalıdır,

c) Agregası ve karışım suyu soğutulabilir [34].

Taze beton çatlakları, betonun kalıba yerleştirilmesini izleyen ilk 30 dk. ile 5 sa. arasında, genelde döşeme gibi geniş yüzeye uygulanan betonlarda görülür. Bu çatlaklar, 10 cm'ye erişen derinlikte ve birkaç cm'den başlayarak, 2 m'ye varan uzunluklarda olabilir. Derin ve uzun çatlaklar betonun mukavemeti ve dayanıklılığı açısından son derece zararlı olabilir. Taze beton çatlaklarının en önemli iki nedeni olarak oturma farklılıkları ve plastik rötre (büzölme) sayılabilir [51]. Taze beton çatlaklarına karşı beton bileşenleri bakımından alınacak önlemler;

Betonda yüzey/hacim oranı yüksek olan ince malzemeler fazla ise, betonda plastik rötre riski vardır. Belirli bir su/çimento oranı için, ince malzeme ve çimento dozajı arttıkça, plastik rötreğin arttığı deneylerle kanıtlanmıştır. Betonda yeteri kadar ince malzeme var ve beton az boşluklu ise beton terleme suyunun yukarı çıkması güçleşir. Yüzeyden buharlaşan suyun yerine terleme suyu gelmeyince beton yüzeyi kurur ve çatlaklar oluşur. Böyle bir durumda başka

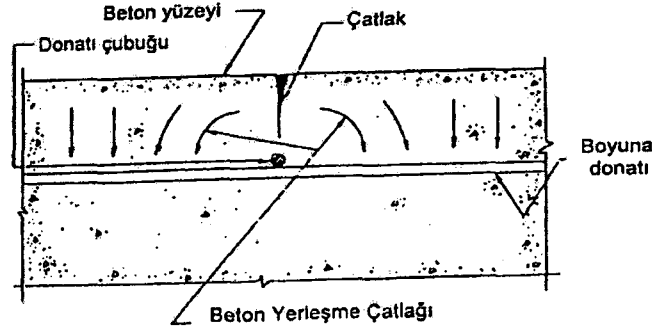
etkileri göz önüne alarak, ince malzeme ve gereğinden fazla çimento kullanılmasına sınırlama getirilebilir [59].

4.2.1.1.Taze Betonun Ayrışması-Plastik Rötire

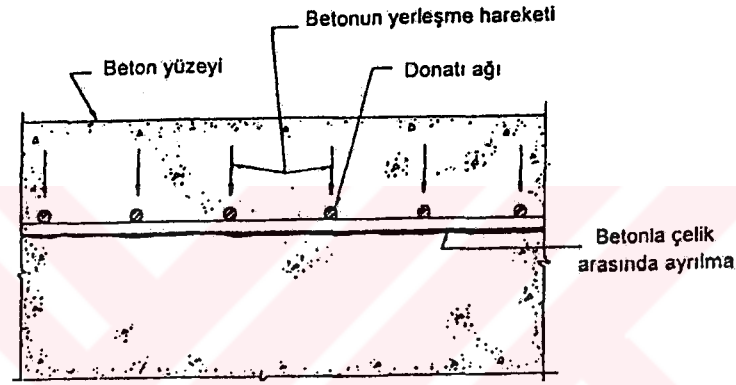
Beton döküldüğü sırada meydana gelen erken beton rötresi nedeniyle oluşan çatlaklardır. Genellikle beton matraste hafif olan su betonun üst yüzeyinde birikir. Bu olaya betonun “su kusması” ya da “terleme” adı verilmektedir. Terleme, ıslanan çimento taneciklerinin bir süre sonra yumuşaması ve iri tanelerin dibe çökmesi sonucu meydana gelir. Terlemede buharlaşan su fazla, terleyen su az ise plastik-erken rötire meydana gelir. Beton yüzeyindeki suyun hızla buharlaşması ani yüzeysel büzölmelere ve derin çatlaklara yol açar. Sertleşen kısım ile alt tabakalarda henüz sertleşmemiş kısım arasında çekme gerilmeleri oluşması yüzeye yayılmış çatlakları oluşturur. Plastik rötire geniş beton yüzeylerde oluşmaktadır, rüzgâr, bağıl nem ve sıcaklık büyük etkindir.

Daha önce yerleştirilmiş beton, donatı veya kalıp tarafından lokal olarak önlenirse çatlaklar ve/veya boşluklar oluşacaktır. Örneğin; etriye betonun serbestçe dökülmesini önleyecek ve yüzeyde çatlaklar oluşturacaktır. Donatılar betonun serbestçe yerleşmesine izin verirse bu tip çatlaklar önlenecektir. Bu tip yüzey çatlakları Şekil 4.2.a da gösterilmiştir. Kötü düzenlenmiş ve ağır hasar şeklinde aralıkları dar donatı çubukları nedeniyle beton aşağıya tam geçemiyorsa ani plastik rötreden ötürü donatı ile beton arasındaki aderans ortadan kalkar. Şekil 4.2.b deki gibi ayrılma düzleminin varlığı suyun donması veya çeliğin paslanması nedeniyle hasarların oluşmasına neden olur. Çok esnek ve su sızdıran kalıplar kullanılması ve yetersiz vibrasyon yerleşme çatlaklarının derecesini artırabilir.

Şekil 4.2.a'daki gibi yüzey çatlakları yüzey bitirme işleminin geciktirilmesiyle kapanabilir. Beton dökükten sonra kür işlemlerine başlamak ve betonun yüzeyinin sertleşmesini geciktirmek iyi bir önlem olabilir. Kuru iklimlerde, rüzgârlı günlerde ve sıcak havada betonun üzerini örterek korumak ve hemen kür uygulayarak önlem almak gereklidir. Yüzey iyi korunamıyorsa betona hava sürükleyici madde katarak plastik rötire önlenabilir. Yoğun, düşük çökme (slump) yapan plastik karışım tavsiye edilir. Mutlaka vibratörle sıkıştırma yapılmalıdır. Bitirmeyi geciktirmek ve hemen kürlenme yapmak içteki düzlemsel ayrılma şeklini düzeltmeyecek veya önlemeyecektir. Kalın kütleli ve yoğun donatılı yapıda oluşabilecek böyle bir düzlemsel sürekli zayıflık düşünülerek izin verilebilecek yapışma (aderans) gerilmelerinin azalmasını dikkate alarak ve tekrar vibrasyon yaparak bu bozulmalar önlenmelidir.



Şekil 4.2.a. Serbest dökülemeyen betonda çatlak



Şekil.4.2.b. Sık donatıdan ötürü betonun ayrışması

Şekil 4.2. Betonda plastik rötre çatlakları [34].

Bu tip çatlaklar, özellikle sıcak, kuru, rüzgârlı günlerde dökümü yapılan betonlarda (döşeme, yer, yol, pist betonları) görülen; rasgele dağılmış, çeşitli boylarda ve genişliklerdeki çatlaklardır. Genelde çatlak genişliği 1mm den azdır ve yüzeyseldir, derine gitmez, yapı güvenliği açısından tehlikesi yoktur.

Döşeme betonu dökülünce üst yüzeyindeki su buharlaşmaya başlar, betonu terk ederek havaya karışır, bu suyun yerine betonun bünyesindeki su yukarı, üst yüze doğru gelir (kusulan su). Buharlaşma hızı, su kuma hızından yüksekse betonun yüzeyi kurumaya, dolayısıyla büzülmeye ve çatlamaya başlar. Aynı çatlaklar, yeni dökülen betonun altındaki eski, ıslatılmamış betonun veya asmolon tabliyelerindeki briket gibi diğer malzemelerin beton suyunu emmesi sonucu da oluşabilir [51].

Betonun su kuma hızını etkileyen iki temel faktör; betonun doluluğu ve agreganın granülometrisidir. Agreganın granülometrisi ne kadar az boşluklu ise betonun mukavemeti o kadar yüksek olur ama boşluk olmadığından kuma suyunun yukarı çıkması zorlaşır, gecikir; su

kusma hızı azalır. Buharlaşma suyunun yerine kusma suyu gelemeyince betonun yüzeyi kurur ve çatlaklar. Hazır betonda granülometri iyi ayarlandığından su kusma zorlaşır, plastik rötre çatlakları artar. Plastik rötreyi ve buna bağlı çatlakları azaltmak için alınacak önlemler şunlardır;

- Beton döküleceği kalıbı ve donatı demirlerini nemlendirerek, kalıp elemanlarının, betonun suyunu emerek kurumasını hızlandırmaları engellenir,
- Beton güneşten (gölgelik yaparak veya akşam dökerek), sıcaktan (akşam dökerek) ve rüzgârdan (rüzgârlık yaparak) korunmalı,
- Suyun buharlaşmasını önlenmeli (ıslak çuval, naylon örtü örtterek veya kür maddesi sürterek veya püskürtterek),
- Betonu hızlı dökülerek, masterlanır ve hemen küre başlanır, en az 3 gün boyunca kür sürdürülür.

Plastik rötre çatlakları yarım saat-kırk beş dakika içinde, yani daha beton dökme işi tamamlanmadan çok önce başlayabilir. Bu nedenle beton dökme işi devam ederken bitirilen bölümlerde koruma önlemlerinin alınması gerekebilir. Masterlanan bölgelere naylon örtülerek, nemli örtü örtülerek, kür maddesi sürülerek bu önlemler alınmış olur. Önlem alınmadığı takdirde, beton sıcaklık, rutubet ve rüzgâr durumuna göre az veya çok çatlaklar [51].

4.2.1.2. Oturma Çatlakları

Bu çatlaklar, yeni dökülmüş, pas payı bırakılmamış, kürü uygulanmamış, gereğinden fazla su ile karılmış betonlarda, boşluklu betonarme elemanlarda, donatının fazla olduğu bölgelerde ve betonun uygun yerleştirilmediği durumlarda, üst yüzeye yakın donatıların üzerinde oluşurlar. Taze betonda iri agrega taneleri dibe doğru çökerken, çimento partiküllerini içeren su yüzeye çıkar. Yüzeye yakın kiriş ve döşeme donatıları bu yer değişimine karşı koyar ve taze beton bu bölgelerde tam olarak oturamaz.

Oturmasını yapamayan beton demir boyunca çatlaklar. Döşemeler ince olduğu için oturma azdır, pek çatlama görülmez. Kirişler daha derin olduğu için oturma çok olabilir ve demirlerin haritası beton yüzeyine çıkar, çatlaklar donatıların yerini belli eder. Betonun suyu arttıkça oturma artar. Beton iyi yerleştirilmez, sıkılaşmaz, vibrasyon uygulanmazsa oturma yine artar. Bu çatlakları önlemenin yolu normal kıvamda (-12cm çökme) beton kullanıp yüksek kıvamlı aşırı sulu betonlardan kaçınmak ve betona iyi vibrasyon uygulamaktır [58]. Oturma çatlaklarının oluşumunda ise aşırı su kullanımının işlevi büyüktür. Böyle bir durumda da su tutucu maddelerin miktarını arttırmak gerekir. Dozaj ve ince agrega artırılabilir, puzolanlar da yarar sağlayabilir böylece kohezyon artar. Hava sürükleyici katkının kullanılması terlemeyi azaltır, dolayısıyla oturma çatlağı önlenabilir [1].

4.2.1.3. Tanelerin Ayrışması-Segregasyon

Betonun hazırlanması, taşınması, yerleştirilmesi ve sıkıştırılması sırasında iri tanelerin ince tanelerden ayrışması olayına “segregasyon” denir. Segregasyon ya iri agregaların eğik düzlem boyunca ince agregalardan daha çabuk yol almaları şeklinde ya da özellikle sulu karışımlarda iri agregaların çökmesi biçiminde meydana gelmektedir. Eğer betonun yerleştirileceği yere kısa mesafede taşınması mümkün olabilirse, segregasyon tehlikesi azalır.

Betonu oldukça yüksek yerden düşürmek, oluktan geçirmek, iletim yönünde değişiklikler yapmak, bir engelle karşılaştırmak segregasyonu artırır. Böyle durumlarda kendini tutabilen kohezyonlu beton kullanılmalıdır. Betonun iyi bir şekilde üretilmesi, ulaştırılması ve yerleştirilmesi segregasyonu önemli ölçüde azaltır. Vibrasyon işlemi betonun iyi bir şekilde sıkıştırılmasını sağlar, fakat yanlış kullanımı ve uzun süre işleme tabi tutulması, kaba malzemenin aşağıda, çimento hamurunun ise yüzeyde toplanmasına, dolayısıyla betonun zayıf olmasına neden olur. Hava sürükleyici katkı maddesi içeren betonda segregasyon azalır [58].

4.3. Betonarme Demir İşleri

4.3.1. B.A. Demiri Hazırlama

Projelerde demir boy ve adetlerinde hata olabileceği her zaman için düşünülmeli, demir boy ve biçimlerinin betonarme elemanlarına uygunluğu bir şekilde kontrol edilmelidir. Kesme bükme ekipmanlarının kapasiteleri ilgili mühendis ve formen tarafından iyi bilinmelidir (max. çap kaç olacak, saatlik üretim nedir gibi). Kesme makinasının kaçlık ve kaç adet demiri aynı zamanda kesebileceği mutlaka bilinmelidir. Çok fazla sayıda demir aynı anda kesilmemelidir. Aynı proje paftalarının demirleri; belli yerlere stok edilir. Her demir grubunun üzerine o grubu tanıtan plakalar konulmalıdır.

Demirler, stok alanında yağmurda çamurlanmayacak bir yüzey üzerinde istif edilmelidir. Demir keserken zayıtın minimum olacağı bir yöntem izlenmelidir. Demir imalatındaki zayıt %3'ü geçmemelidir, kalan demirler ankrajda kullanılabileceği gibi, kalıpların zemine tespitinde, kot kazığı olarak kullanılabilirler. Nervürlü demirlerin büküm yerlerinde çatlaklar oluşabilir. Rutubetli iklime sahip olan bölgelerde stok edilmiş demirlerin kısa sürede paslanma tehlikesi vardır. Buna rağmen stok miktarının yüksek tutulma zorunluluğu varsa demirlerin üstü branda ile örtülebilir. Pas temizleme işi demir fırçalar ile ya da kumlama sureti ile olur.

4.3.2. Betonarme Demiri Döşeme

- Paspayları ahşap veya ahşap içeren bir malzeme olmamalıdır.

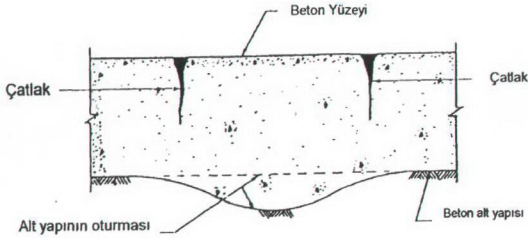
- Bağ tellerinin kalıp yüzeylerine değmemesine özen gösterilmelidir.
- İnce demirlerle döşenmiş yerlerde demirlere basarak yürünmez. Bunun için araya ahşap sehpa konabilir.
- İnce döşemelerde alt sıra demir döşendikten sonra üst sıra demir döşenir. Demir sehpa konur ve üst sıra sehpa üzerine alınır. Kalın döşemelerde ise alt sıra döşendikten sonra sehpa konur. Son kademede üst sıra demirler yerleştirilir [47,57].



Şekil 4.3. Beton demirinin yanlış bağlama uygulaması

4.4. Altyapının ya da Kalıpların Yerel Oturması

Grobeton yol hava meydanı kaplamalarının alt yapısında bölgesel zayıf kısımlar ya da hava cepleri veya çukurlar varsa beton üzeri yerleştirildiğinde kütleliğin ağırlığı nedeniyle, beton yerel olarak oturabilir. Bu oturmalar beton yüzeyinin masterlanmasıyla sonra oluşursa oturmaları çatlaklar izleyebilir. Bu oluşumlar alt yapının özenle sıkıştırılması ve drenajın yapılması ile önlenir. İşçilerin kalıp üzerinde yürümeleri ve kalıp altında hava ceplerinin oluşumu önlenmelidir. Bu tip çatlaklar; son bitirme işlemi yapılmadan önce ortaya çıkarsa yüzey düzeltildiğinde kapanabilir. Bu nedenle masterlamadan sonra malayla düzelterek yüzey bitirme işlemi geciktirilmelidir. Bu geciktirme süresi betonun yüzeyinin işlenebilmesi için gerekli olan süreyi geçmemelidir. Beton hafif suyunu çektiikten sonra tme yapılsa çatlak oluşmaz, çatlaklar kapandığında bir daha görünmez.



Şekil 4.4. Yapım süresince alt yapının yerel oturması nedeniyle oluşan çatlaklar

yüzeyleri de kullanılmaktadır. Mesnet konstrüksiyonlar ise kalıp taşıyıcıları, dikmeler ve bağlantı elemanlarıdır. Bir kalıptan beklenen genel özellikler;

- Kalıp temiz, ölçülere uygun ve sızdırmaz olmalıdır,
- Az parça ile kurulabilmelidir (hareketli parça sayısı az olmalıdır),
- Kalıp elemanlarını birleştiren bağlantı elemanlarının kullanılışı kolay olmalıdır,
- Beton ağırlığından ve beton dökümünden dolayı ortaya çıkan yükleri şartnamelerin öngördüğü güvenlikle taşınmalıdır,
- Büyük yüzeyli kalıp elemanlarının ağırlıkları vinç kapasitesini aşmamalıdır,
- Basit detaylarla çözülebilmelidir,
- Usta gereksinimi az olmalıdır,
- Yapıdan ve plandan bağımsız olmalıdır,
- Ekonomik olmalıdır.

Düzgün bir kalıp, panolarındaki özenle birlikte kalıp iskelesi ve desteklerinin düzgünlüğü ve sağlamlığını da gerektirir. Kalıp ve iskele dakikada 6-8.000 devirli vibratör etkisine dayanabilmelidir. Kalıbın düzgünlüğünde en önemli hususlardan biri de kalıp yüzeylerinin birbirlerine paralelliği, ara mesafelerinin değişmezliğidir. İçlerine düşecek ahşap parçaları, talaş vb. artıkları dışarı atabilmek için kolon diplerinde kapakçıklar bırakılmalıdır. Beton dökülürken kalıbın gerekebilecek yerlerini sağlamlaştırmak, bitişlerde döşeme kenarlarının düzgünlüğünü üstü açık kanal, havuz vb. kenarların birbirlerine paralelliğini sağlamak üzere döküm süresince bir kalıpcı işe nezaret etmelidir. Sökülen kalıp elemanları üzerindeki harç parçaları hemen temizlenmeli, gereksiz çiviler çıkarılmalı, kalıp ayırıcı yağ ile dökümden en az 24 saat önce yağlanmalıdır (daha kısa süre önce sürülen yağ beton yüzeyini öldürebilir. Kullanılmış motor yağı ise beton yüzeyinde siyah lekeler bırakacağından iyice kurumuş olmasına dikkat edilmelidir).

Kolon köşeleri ve perde üst ağızları betonlarının kırılmamaları ve düzgünlükleri için kalıpta bu köşelere 20/20- 30/30mm. plastik ya da ahşaptan üçgen çıtalar konmalıdır [51,57]. Kullanılacak kalıplar, su absorpsiyonu düşük, plywood benzeri bir malzemeden seçilmelidir. Kalıpların temiz olmasına ve çimento pastasının vibrasyon esnasında kalıptan sızmasına dikkat edilmelidir [48].

Kalıp sökümü; kalıp ve iskelenin alınması müddeti; beton yeterli derecede prizini yapmadan, aşağıdaki asgari bekleme müddetlerini doldurmadan ve kontrol tarafından muayene edilip iskele ve kalıpların alınmasına izin verilmeden hiç bir iskele ve kalıp alınamaz. Beton dökümü bittikten sonra iskele ve kalıpların bekleme süreleri kullanılan çimento ve dökülen beton cins ve özelliğine, imalatın büyüklüğüne, gerilmelerin önemine, hava şartlarına göre

değişir. Normal Portland çimentosu kullanılan inşaatlarda hava sıcaklığı $+3^{\circ}\text{C}$ nin üstünde kaldığı müddetçe;

A -Lento, hatıl, 3.00 m den küçük açıklıktaki kiriş ve kemer, kolon perde gibi imalatın yan kalıplan üç gün,

B -Küçük kenarı 3.00 m den küçük döşeme, iskele ve kalıpları sekiz gün,

C -Küçük kenarı 3.00 m den daha büyük açıklıkta döşemelerin, açıklıkları 3.00 m den büyük kiriş ve kemerlerin iskele ve kalıpları yirmi bir gün geçmeden alınmaz.

Traslı çimento kullanılması halinde bu bekleme süreleri bir misli arttırılır. Priz devresinde hava ısı $+3^{\circ}\text{C}$ 'nin altına düştüğünde ısınin tekrar $+3^{\circ}\text{C}$ dereceye çıkmasına kadar geçen müddet iskele ve kalıp alma müddetinde sayılmaz. Düşük ısılarda özel kalıp hallerinde değişik çimento cinslerinde, büyük açıklıklarda, çerçeve ve önemli inşaatta gerek görüldüğünde özel fenni şartnamesinde gerekli şartlar tespit edilerek bu bekleme müddeti arttırılır [42,57]. Kalıp, betonun yeter bir mukavemete sahip olduğu deneylerle anlaşıldıktan sonra alınmalıdır. Erken kalıp alındığı vakit, betonun mukavemeti yeterli değerde bulunmadığından, yapı olduğu gibi yıkılarak önemli ve tehlikeli kazalar vuku bulmaktadır [33,42].

Erken kalıp alma; inşaatın çabuk yürümesi, özellikle aynı kalıpların tekrar kullanılması zorunluluğu erken kalıp alma eğilimini doğurur, özellikle kolon kalıpları, kiriş yan kalıpları, perde kalıpları sakıncalar olmayacağı gerekçesi ile sökülür. Bazı durumlarda bu davranış yeni dökülmüş betonun yatay yönde şişmesine, deplasmanına ve düşey çatlakların oluşmasına neden olur. Bu çatlaklar içte kalarak, tehlikeli olabilir. Taşıyıcı iskenenin erken sökülmesi çok tehlikelidir [2].

4.7. Binaların Yalıtım Uygulamalarında Yapılan Hatalar

Birbiri ile uyumlulukları (su buharı geçirgenlikleri, su emme değerleri, yapışma ve kopma değerleri, genleşme ve shrink özellikleri vb.) test edilmemiş malzemeler arasındaki ısı farklılıklar sonucu boyut değişimleri ve bu değişim sırasında malzemelerin birbirini itmesi nedeniyle hasar oluşmaktadır. İlk maliyeti ucuz gibi görünen bu uygulamada, hasar yıllar içinde devam edeceğinden uygulama maliyetleri yüksektir. İç yüzeylerde yapılan yalıtımlarda, ısı köprüleri için önlem alınmadığında, özellikle ısı yalıtımı yapılan cephelere komşu olan, kiriş ve döşemelerde yoğunlaşma oluşmakta, dolayısı ile ısı kayıpları kaçınılmaz hale gelmektedir. Genel uygulama hataları:

- Dübel montajlarının yanlış uygulanması,
- Dübel deliğinin yanlış açılması,
- Kalitesiz dübel kullanılması (düşük sıcaklıklarda kırılanlaşan, taşıma gücü zayıf vb.)

Bina rüzgâr yüklerinin dikkate alınmaması sonucu eksik dübel kullanımı,

- Isı yalıtım levhası sıvasının ince yapılması (2 mm) sonucu sıvada dökülme problemleri,
- Isı yalıtım levhalarının şaşırtmacalı olarak yerleştirilmemesi,
- Donatı filesinin kalitesiz olması, alkali dirençli olmaması,
- Donatı filesi uygulamasında file bindirmelerinin yapılmaması,
- Su yalıtımı ile ısı yalıtımının birleşim detaylarının iyi çözülmemesi,
- Binalardaki parapet üstlerinin bir harpuşa ile korunmaması,
- Ahşap, kiriş, sundurma direkleri gibi elemanlar ile ısı yalıtım sistemi birleşim detaylarının doğru çözülmemesi,
- Yağmur borularının ve paratoner hatlarının sistemin içine gömülmesi, balkon ve bina çıkımlarındaki detayların çözülememesi nedeni ile ısı köprülerinin oluşması, dilatasyonlar da profil kullanılmaması veya yanlış ve uygun olmayan profillerin kullanılması, yağmur ve kar sularının birikebileceği yanlış detayların sonucunda sistemin su emmesi, ısı yalıtım sisteminde hasarlar oluşturan problem kaynaklarıdır [29].

Son beş yıldır, gittikçe artan bir ivme ile uygulanan ısı yalıtım (mantolama) sistemleri hızlı bir şekilde yayılmaya başlamıştır. Bu süreçte, bazı uygulamalarda bilgi ve tecrübe eksikliği nedeni ile yapılan hatalar sonucunda, yalıtım sistemlerinin uygulandığı binalarda, yalıtımından beklenen performansın aksine, performans kayıpları ve bazı hasarlar gözlemlenmektedir [61].

4.7.1. Döbel Montajında Dikkat Edilmesi Gerekenler

Yalıtım levhalarının dübellemesi; dübellemeye başlamadan önce, yapıştırıcının tamamen kuruması beklenmelidir. Bu nedenle dübelleme işlemine yalıtım plakalarının yüzeye yapıştırılmasından en az 24 saat sonra uygulamaya başlanmalıdır. Dübellerin tespiti için duvar ve levha matkapla delinir. Dübelller tüm levha köşelerine ve iki adet levha ortasına gelecek şekilde yerleştirilir ve çivileri çakılır. Düzgün bir dış cephe yüzeyi elde edebilmek için, döbel kafaları yalıtım levhası yüzeyi ile aynı seviyede olacak şekilde monte edilmelidir. Kullanılacak döbel ve açılacak deliğin derinlik seçimi, uygulanacak duvar özelliklerine uygun olarak yapılmalıdır. Döbel yüzeyde en az 3 cm genişlikte bir tutunma yüzeyine sabitlenmeli, gaz beton duvarlara minimum 6 cm, tuğla duvarlara minimum 5 cm ve beton duvarlara minimum 4cm girmelidir. Delik boyu, döbel boyundan 1cm büyük olacak şekilde açılmalıdır.

4.7.2. Kenar ve Köşelerin Oluşturulması

Isı yalıtım sistemi uygulamalarında, pencere, kapı ve duvar yüzeylerinin oluşturduğu köşelerde düzgün bir kenar oluşturabilmek için köşe profilleri kullanılmalıdır. Köşe profilleri, sıva katmanının oluşturulmasından önce köşeye yerleştirilerek üzeri sıva ile kapatılır. Köşe

profillerinden başlamak üzere donatı sıvası tüm yüzeye mala ile uygulanmaya başlanır. Sıva içerisine gömülecek olan donatı filesi (sıva filesi), ilave olarak pencere ve kapı köşelerinde yaklaşık 30x40 cm. ebatlarında, yatayla 45°lik açı yapacak şekilde uygulanmalıdır. Kenar ve köşelerin oluşturulmasında, köşe profilleri daha iyi yapışma için bir miktar sıva ile birlikte tatbik edilmelidir. Binalarda dilatasyon bölgelerinin oluşturulması da dikkat edilmesi gereken bir konudur. Yapıda açılması gereken dilatasyonun, dış cephe ısı yalıtım sistemi üzerinde de devam etmesi gerekir. Ayrıca yalıtım levhasının kapı veya pencere doğramaları ile birleşim noktaları açık kalmayacak şekilde su sızdırmazlık bandı veya poliüretan esaslı dolgu mastiği ile kapatılmalıdır.

Dübel tespit işleminde problem olabilecek malzemeler ile örülmüş yüzeyler veya duvarlar üzerine kaba sıva yapılmıyorsa, dübellerin yapıştırma harcı öbeğinin üzerine rastlayacak şekilde tespit edilmesi gerekir. Kenar bitişleri (köşe, çatı saçakları vb.) güçlendirmek amacıyla, tek sıra dübel takviyesi yapılır [61].

4.8. Boya Uygulama Esasları ve Ortaya Çıkabilecek Hasarlar

Boya uygulamalarında dikkat edilmesi gereken ilkeler şöyle sıralanmaktadır;

a- Bir boyama işleminde; daima aynı sisteme, markaya ait ürünler kullanılmalıdır. Uygulamadan önce iyice karıştırılmalı uygun koşullarda saklanmalıdır. Malzeme seçildikten sonra ona en uyumlu uygulama sistemi seçilmeli ve tatbik edilmelidir.

b- Boyalar hiç bir şekilde kirli ve nemli yüzeylere uygulanmamalı, yüzey öngörülen tavsiye edilen biçime göre temizlenmelidir. Ön kontrol yapılmadan boya işlemine başlanmamalıdır. Uygulamada boya ve verniklerin fırça ile tatbikinde iz kalmamasına özen gösterilmelidir. Uygulama genel kural gereğince -5 °C sıcaklığın altında ve %80 nem oranının üzerinde yapılmamalıdır. Yüzey yağ, küf, toz, is gibi kirlerden arındırılmalı, boyanacak yeni sıva ve beton yüzeylerin prizini tamamlanmış olmasına özen gösterilmelidir.

c- Ahşap elemanların, özellikle dış doğramalarının tüm yüzeylerine montajdan önce ilk kat astar uygulanmalıdır. Diğer malzemelerde macun uygulama sırasına benzer olarak iki kat astardan sonra olmalıdır. Üst üste boya yapılabilmesi için alt tabakanın dokunma kuruluğuna gelmesi beklenmelidir.

Yüzey koruyucular ahşaba fırça, daldırma ya da tabanca ile uygulanabilirler; Her boya her tür uygulamaya uygun değildir. En iyi sonucu alabilmek için boyanın uygulanacağı ortam, işçiliği yapacakların deneyimleri göz önünde bulundurulmalıdır. Şantiyede tabanca kullanmaktan geniş yüzeyli panellere fırça ile boya yapmaktan kaçınılmalıdır. Göz önünde bulundurulması gereken başka bir konu ise kullanılan boyanın kuruma hızıdır.

Kireç astarlı yüzeylere doğrudan boya sürmek yanlış bir uygulamadır. Kireç astar yüzeyde kuruduktan sonra toz tabakası oluşturur, bunun üzerine sürülen boya tabakası yüzeye tutunamayacağından zamanla dökülmelere neden olur. Bu yüzeyleri sert bir fırçayla temizleyip, şeffaf astar ya da saten alçı astarlarıyla astarlamadan boya sürülmemelidir. Yüzeyi zımparalarken ve astarlarken, kenar birleşim yerlerinde işlem yapılmayan yerlerde boyanın yüzeye yapışmayacağı ve boyanın ilk olarak bu noktalarda problem çıkarabileceği unutulmamalıdır [45].

Boyadan beklentiler; boya yapılacak yüzey yeni ise, çimento reaksiyonun tamamlanması için beklenir (en az dört hafta) sonra astar uygulaması yapılır ve boyaya geçilir. Daha önce uygulanırsa boyada dökülmeler oluşur. Boyama işleminden önce en önemli konu yüzey hazırlığıdır. Boya öncesi kullanılması gereken astar, mutlaka üzerine uygulanacak boyaya uygun olarak seçilmelidir. Bir boyanın dayanıklılığı, boyanın yapısı kadar uygulandığı yüzeyin özelliklerine de bağlıdır. Dış ortam ahşap boyaları doğrudan temiz ahşabın üzerine sürülmelidir. Bezir yağı, dolgu malzemeleri ve özellikle macun, dış ortam boyalarının en büyük düşmanlarıdır. Genelde son görüntünün düzgün ve pürüzsüz olması istendiğinden boya öncesi planya ve zımpara önerilse de, dış ortamda yüzey ne kadar pürüzlü ise boya ömrü de o kadar fazladır. Kumlanmış ya da sadece şeritten geçmiş dış cephe kaplamaları üzerinde boyanın hizmet ömrü çok daha uzundur. Güneşten etkilenmiş yüzeylerde (solmuş ya da kararmış) boya performansı kötüdür. Ahşap malzeme boyanmadan doğa şartlarında bekletilmemeli, güneşten etkilenmiş yüzeyler ise boyanmadan önce iyice zımparalanarak solmuş ya da kararmış tabaka tamamen kaldırılmalıdır. Budaklardan reçine sızmasını engellemek ya da boya sökmek için yüzeyin yakılması da boyanın hizmet ömrünü azaltır. Yanmış yüzey, boyanın ahşaba nüfuz etmesini engeller ve ömrünü kısaltır.

Eski ahşap yüzeylerin boyanmasında; eski ahşap yüzeylere dış ortam ahşap boyaları uygulanmadan önce eski boyanın, özellikle boya yüzeyinde çatlaklar, kabarmalar, dökülmeler varsa, tamamen sökülmesi güneş etkisiyle kararmış ve lif tahribatına uğramış yüzeylerin zımpara ile temizlenmesi gerekir. Eğer eski boyanın ahşap yüzeye tutunması tam ise sadece bir yüzey temizlemesi yeterli olabilir.

Boya uygulamalarında dikkat edilmesi gerekenler; öncelikle, yüzeyin yeterli sertliğe ulaşabilmesi için, gevşek tabakaları zımpara, spatula, tel fırça vb. aletlerle rasalayarak temizlenmelidir. Yüzeyde, boya ve onarım yapılmayacak bölümler varsa, üzerleri bantla kapatılarak korumaya alınır. Yüzeyin doygun, temiz ve sert olması için, boya işleminden önce uygun bir astar kullanılması gerekir. Dış cephelerin astarlama ve boyama işlemlerini, direk güneş altında, sert rüzgârda, yoğun yağışta, yüksek nem oranında ve 5° altında yapılmamalıdır. Gerekirse koruyucu brandalar kullanılır. Brüt betonlarda yüzeyden kopma ve ayrılımların

önemli nedenlerinden biri, betonun yüzeyine yakın demirin paslanarak hacimsel olarak genişlemesidir. Bu sorunla karşılaşıldığında, temiz metal bölüm görününceye kadar demir yüzeyi zımparalayın ve capalac antipas ile astarlarının mineral yüzeylerde yapılan onarımlardan kalıcı sonuçlar almak için;

Yüzeyde temizlenmiş kalıp yağı bırakılmamalıdır, yüzeydeki tozlanma uygun bir astar kullanarak giderilmelidir. Astar, ortamdaki tozu yüzeye bağlamalı, yüzeyde camsı bir tabaka oluşturmamalıdır. Kullanılan tamir harcı dolgu performansının üzerine çıkarak, harcı aşırı kalınlıkta uygulanmamalıdır, dolgu yapılacak yüzeye uygun tamir harcı seçilerek uygulanmalıdır. Farklı çalışan iki yüzey arasında derz çatlakları oluşmaması için, elastik derz dolguları kullanılmalı ve üzeri boyanmamalıdır [45].

4.9. Çelik Uygulamalarında Dikkat Edilmesi Gereken Hususlar

4.9.1. Çelik Karkas ve Çatılar

Çelik kolonların tam yerinde olmaları ve düşeyliklerine son derece özen gösterilmelidir. Çünkü sonradan düzeltilmesi olanaksızdır. Dikilen ve civatalarla bağlanan kolonlar çaprazlarla güvenceye alınmadan bırakılmamalıdır. Üst kısımların yapım ve kesin bağlantılarına ancak kolonların teraziye alınarak, beton-çelik bağlantıları civatalarının sağlamlaşması, taban levha altlarının harçla doldurulması ve harcın kurumasından sonra devam edilmelidir (çift somun tercih edilmelidir).

Kolon-kiriş bağlantılarında hem montaja kolaylık hem de sağlamlık bakımından bir destek köşebent kullanmak yararlıdır. Uç uca eklemeler yanlara ve olanak varsa alt ve üste konacak berkitme levhaları ile sağlanmalıdır. Rüzgâr ve deprem bağlantıları duvar ya da sıva içinde kalmamalı, sıvadan 1-2 cm dışarıda kalacak biçimde düzenlenmelidir. U ve I demirleri civatalı bağlantılarında yanak şevini düzeltmek üzere eğik rondelâlar kullanılmalıdır. Bütün serbest kenar ve köşeler en az 3 mm yarıçaplı olarak yuvarlatılmalıdır. Özellikle geniş açıklıklı çatı makası ve kirişlerde alt başlığa ters eğim vermek ihmal edilmemelidir. Boru yapımlarda, uzun ve boylu boyunca olmamak üzere su kaçaklı, çatlak borular kullanılabilir (içten çürümeleri için serbest uçlar kapatılmalıdır). Aşıkların birbirine civata ile bağlanmaları montaj bakımından kolaylık; makasa oturdukları yerlerde eğim tarafına gelen kısımlarına birer destek konması ise statik bakımından yarar sağlar.

4.9.2. Merdivenler, Platformlar, Korkuluklar

- Saç levha merdivenlerde limon kiriş bağlantı altlarına birer köşebent konması yararlıdır. Projede böyle bir detay yoksa kaynaklar altlı üstlü yapılmalıdır.

- Açıkta olan çelik yapı döşemeleri ile platformlar ve merdiven basamaklarına yağmur ve yıkama suyunun toplanmaması için eğim verilir (Bu cins yapıların oturduğu beton döşeme ve temellerde de aynı eğim ihmal edilmemelidir).
- Rampalarda hele saçları düzse yürürken kayılmaması için 50-60 cm de bir enine ters köşebent vb. profillerle çıkıntılar düzenlenmelidir. Özellikle sarsıntılı mahallelerde tutunmak için ayrıca küpeşte yapılmalıdır.
- Döşeme ve platform boşluk yanlarına ve de merdivenleri 90-110 cm yüksekliğinde korkuluk şarttır. En büyük ara 50-55 cm olmak üzere, korkuluğun en az bir adet yatay elemanı olacaktır.
- Korkuluk profil demirlerinden ise düz kenarlar iç yüze getirilir. Boru korkuluklarda dikme ve küpeşte en az 1.1/4 parmak borudan yapılır (kaynak kolaylığı ve düzgünlüğü bakımlarından saplanan borunun saplandığından küçük boy olması tercih edilir. Aksi halde saplanan borunun ucu hafifçe ezilir).
- Kayıp sakatlananları ve de aşağıya takım, gereç vb.nin düşmelerini önlemek için döşeme ve platform korkuluklarının alt tarafına, döşemeden en çok 1 cm boşluk bırakılarak bir (etek) konur.
- Herhangi bir zeminden 6m ve daha fazla yüksekliğe çıkan dikey merdivenlerde (güvenlik kafesi) şarttır. Kafes yerine gre 2.2-3 m yüksekten başlar.

4.9.3. Perçin ve Cıvata İşleri

Perçin ve cıvata delikleri matkapla açılır. Üst ve alt çaplar arasındaki fark 1 mm'yi geçmemek koşulu ile 20 mm'ye kadar deliklerde zımba kullanılabilir, ancak kaynakla delik açılmaz ve genişletilemez. Delikler cıvatalardan 2 mm, perçinlerden 1 mm'den büyük olmamalıdır.

İki delikli parça üst üste geldiğinde delikten proje boyundan 2 mm daha ince bir çubuk rahatça geçebilmelidir. Bu durumdaki delikler rayba ile aynı hizaya getirilebilir. Delik doldurulup; ek levha kaynatılıp yeniden delinebilir.

4.9.4. Birleşim Levhaları

Bayraklar düzgün kesilmiş olmalı gerektiğinde taşlanmalıdır. Düğümlerde hiç bir bayrak köşesi açıkta gözükmemeli, çift çapraz orta düğümünde dikdörtgen bayrak kenarlarının yatay ve düşey ortalamalarına özen gösterilmelidir. Borulu yapılarda bayrak kullanılıyorsa boru yarılıp levha içine sokularak altlı üstlü kaynaklanır.

4.9.5. Çelik Malzemede Kaynak Yapımı

- Belirtilmedikçe sadece elektrik kaynağı kullanılmalıdır.
- Elektrotlar kaynaklanacak gerecin türüne göre seçilir. Soğuk ve nemli havalarda kullanılmadan önce fırınlanmalıdır.
- Kaynak yapılacak yüzeylerde pürüz, cüruf vb. kusurlar ile yağ gibi zararlı maddeler bulunmamalı, kaynaktan hemen önce zımpara, tel fırça, keski vb. ile iyice temizlenmelidir.
- Küt (ucuca) ek kaynaklarında kaynak ağzı açmak şarttır.
- Kaynaktan sonra hiç bir deformasyon olmamalıdır. Bunun için önce karşılıklı olarak punta kaynağı yapılmalıdır.
- Kaynaktan sonra kaynaklar çekiçe cüruflardan temizlenmeli, keski, taşlama vb. yöntemlerle düzenlenmelidir.
- Kaynakların gözle düzgünlük ve kalınlığının; çekiçe sağlamlık ve çatlayıp çatlamayacağını kontrolü genellikle yeterli olur. Önemli işlerde kontrol (röntgen aygıtı) ile yapılır.
- Kaynaklar temizlenip düzenlenmeden ve de kontrol edilmeden boyaya başlanmaz.

Bilindiği üzere, gerek TS 500'de ve gerekse TS 11222'de (Hazır beton harçları) yer alan BS 14-BS50 betonlarında olması gereken küp-silindir basınç mukavemetlerinin elde edilebilmesi için öncelikle uygun malzemenin TS 802'de belirlenen karışım oranları hesap yöntemleri de dikkate alınarak imal edilen betonun yerine konulması sırasında kurallara uyulması ve priz süresince de gerekli önlemlerin alınarak bakımının yapılması çok önemlidir. Ayrıca hava koşullarının uygun olmadığı zamanlarda beton dökülme zorunluluğu varsa alınacak önlemler daha da önem kazanmaktadır.



Şekil 4.6. Çelik çatıda kaynak hataları

Bu imalatlarda ek yerlerinin projeye göre moment noktalarına göre ayarlanması gerekmektedir, ek yerlerinin de detaylandırılıp gerek ek parça ve gerekse tekniğine uygun dikiş kaynak yapılması gerekir. Amaç eksik gelen bölümü kaynakla tamamlamak olmamalı iki

çeliğin birleşim noktasının dikiş kaynağı vb. ile iki parçayı tek parça olarak çalışmasını sağlamak olmalı ama bu çalışmalarda bu durumlardan söz edemeyiz. Fotoğrafta bir kısım B.A. perde üzerine oturuyor diğer kısımlarda çelik profil ayaklara bu durum farklı çalışmalara sebep olabileceğinden çatı kapılmasında ve altta yapılacak olan asma tavan malzemesinde farklı gerilmelere sebep olabilir [57].

4.10. Hatalı İmalat Kayıplarını Önleme Yolları

İmalat hataları kalitesiz işçilikten çok şantiyenin ihmali ve kontrol noksanlığından ileri gelir. Bunun neden olacağı zayıtın yanında yıkma ve hatalı işlerden kurtulabilmek için;

1. İmalata geçmeden öncem mimari, betonarme, çelik ve detay projelerinin birbirleri ile uygunluklarının yanında bunların tesisat, elektrik ve montaj projeleri ile uygunlukları da sağlanmalıdır. Çeşitli tesisat delik ve boşlukları, montaj delikleri, tesisat ve su kanalları, makine kaideleri, ankraj delik ve plakalarının projedeki durumları özenle incelenmeli, özellikle kaideler ve delikleri katalogları ile de karşılaştırılmalıdır.

2. Sonradan oyma, delme ve kırılmalara neden olmamak için beton dökmeden önce, ankastre elektrik tesisatının döşenmiş, gerekli tesisat deliklerinin, geçiş parçalarının, ankraj plaka ve civatalarının, sonradan rahatça çıkarılabilecek şekilde hazırlanmış delik takozlarının, dilatasyon ve derz çıtalarının yerlerine uygun olarak konmuş bulunmalarına dikkat edilmelidir. İleride yerlerinden çıkarılmaları çok zor ve masraflı olacağından, ahşap takoz ve çıtalar beton içinden zamanında ancak beton kenarları hırpanmadan çıkarılmalıdır.

3. Sonradan neden olunacak yıkma, tadil, tamir, temel ve zemin dolguları, sıva ile düzeltmeler vb. işlerden kaçınılabilmek için sonradan değil, iş sırasında kontrol edilerek;

- Temellerin, gereğinden derin kazılmamasına, dolguların son derecede iyi sıkıştırılmasına dikkat edilmelidir.
- Kalıpların ipinde, şakülünde ve terazisinde yapılması sağlanmalıdır.
- Duvarların ipinde, şakülünde ve gönyesinde yapılmasına, tuğla/briket sıralarının yatay; kapı ve pencerelerin yerlerinde, kenarlarının şakülünde olmasına özen gösterilmeli, kapı-pencere açıkları projeden 1-2 cm geniş tutulmalıdır.
- İzole iyice kontrol edilmeden, üzerine ve dışına yapılacak imalata başlanmamalı, sonraki imalat sırasında izolenin bozulmamasına özen gösterilmelidir.
- Boya işlerinde katalog ve örnek renklere uymaya dikkat edilmeli, tamamen mutabık kalınmadan ve her iş bitmeden son katlar vurulmamalıdır.

4. Uygulamada hiç bir zaman hafızaya güvenmemeli, bir iş esnasında kesinlikle şartname ve projeye bakmalıdır [47].

5. BETON HASARLARINI TEŞHİS YÖNTEMİ

Teşhis için probleme belirli bir yöntemle yaklaşılmalı, nedenler irdelenmeli ve belirgin sebepler elimine edilmelidir. Bu işlemler uygulandığında her zaman tek bir sonuca varılamaz. Bunun nedeni yapının şimdiki durumundaki bilinmeyenlerdir. Yapının geçmişi hakkındaki bilgi eksiklikleri çok fazla olabilir, bunlar; yapıda kullanılan çimentonun tipi, agreganın kaynağı, yapım sırasındaki iklim durumu gibi bilgiler olabildiği gibi donatı miktarı, donatı yüzdesi ve elemanların yetersizliği de olabilir.

Bu bölümde beton yapıların hasarlarındaki ana nedeni saptamak üzere geliştirilen bir yöntem açıklanmıştır. Yöntemin esası eliminasyondur; yani hasara yol açabilecek olan nedenleri metodik bir sırayla elimine ederek (inceleme dışı bırakarak) ana nedene varmaktır. Önerilen eliminasyon beş aşamadan oluşmaktadır:

- Projede hatalar aramak,
- Belirgin hasar nedenlerini elemek,
- İleri ve detaylı incelemelere girişmek,
- Verileri değerlendirmek,
- Sentez.

Her aşamada yapılacak analizlerle sonuca varmak veya sonuç çıkaramamak mümkündür.

5.1. Projede Hatalar Aramak

Projelerin hatalı oluşu sonucu meydana gelen hasarlar genellikle yükleme sonucu ortaya çıkan aşırı zorlamalardan doğar. Önce saptanan arızaların (septomların) hangi tür gerilmeler tarafından oluşabileceği incelenmelidir. Tekil çatlaklar genellikle çekme gerilmelerinin varlığına bağlıdır. Basınç ve kayma gerilmelerinin yoğunlaştığı bölgelerde ise çok sayıda nispeten paralel çatlaklara rastlanır, bu durumda parça atmaları ve ayrılmalar da meydana gelebilir. Salt basınç gerilmeleri durumunda çatlakların paralelliği gerilme yönündedir. Ancak bölgede basınç ve kayma gerilmeleri birlikte mevcutsa asal basınç gerilmelerinin yönünü bulmak gerekir, zira çatlaklar büyük asal basınç gerilmelerine paralel olarak gelişir.

Projedeki hata, çatlakların olduğu yerde ve yönde aşırı gerilme durumunun veya gerilme birikmesinin dikkate alınmadığı şeklinde değerlendirilebilir, bölgede gerilme yığılmasını (birikmesini) karşılayacak donatının eksikliği ilk akla gelen yorumdur. Çatlak ve parça atmaları dışında yüzeysel bir ayrışmanın varlığı ise aşırı gerilme değerlendirmesinin doğruluğunu tartışılır hale getirir. Basınç, çekme ve makaslama gerilmelerinin maksimum olabileceği yerler tahmin edilir. Mesela bir kirişte; açıklıkta çekme gerilmeleri alt başlıkta, basınç gerilmeleri üst başlıkta maksimum değerler alırlar, mesnetlerde durum tersine gelişir,

makaslama (kayma) gerilmeleri ise kirişlerin ortalarında; tarafsız eksenler üzerinde maksimum olurlar. Moment alan kolonları da benzer şekilde değerlendirmek mümkündür. Nervürlü veya asmolon döşemeleri tek taraflı taşıyan dış kirişlerde de burulma momentleri oluşur. Burulma momentlerinin dikkettörtgen kesitli elemanlarda meydana getirdiğı kayma gerilmeleri kirişin orta kesitinde maksimum olur ve kiriş eksenini ile 45° yapan asal çekme ve basınç gerilmeleri meydana gelmesi sonucunda kiriş ortalarında 45° eğimli çekme çatlaklarına rastlanır. Burulma helisel merdivenlerde ve oturdukları kirişlerde sorun oluşturabilir. Çatlaklarla gerilmelerin uyuşmaması durumunda aşırı yüklemeye ve aşırı gerilme olasılığı elimine edilebilir.

Aşırı gerilme ve gerilme yığılması sorunlarının hesaplama yönünden belirsizlik gösteren köşe, kesit değışmesi ve bağlantı noktaları gibi yerlerde oluşacağı dikkate alınmalıdır. Hasar durumu aşırı gerilme olabilecek yerlerle oluşuyorsa çatlakların binanın genel konumuyla birlikte incelenmesi yararlıdır. Bu incelemede rötre, sıcaklık gibi yükten bağımsız çatlak nedenleri dikkate alınmaz, ancak temel oturmalarının doğurduğu gerilmeler dikkate alınır. Hasarın gerilme durumu ile uyuşmaması halinde birinci aşamadan diğer aşamaya geçilir. Ancak tüm inceleme, sentez sonucunda çözüm getirmezse bu konuya tekrar dönülür.

5.2. Belirgin Hasar Nedenlerini Elemek

Bazı hasar semptomlarını gözlemlere dayanarak bir nedene bağlamak mümkündür. Bunlar donatı paslanmasına bağılı çatlamlar ve çok dalgalan sonucu oluşan parça atmalardır.

5.2.1. Donatının Paslanması

Donatı paslanması sonucu donatıyı izleyen bir çatlağın meydana geldiğı, paslanma ilerleyince bu çatlağın pas rengi ile kirlendiğı ve paspayı betonun kopup düşerek donatıyı açığa çıkarmaktadır. Paslanmaya yol açan nedenin elektrik akımı veya kimyasal ağırlıklı olup olmadığını saptamak önemlidir. Özellikle akıma bağılı bir neden varsa ve onarma sırasında bu neden ortadan kaldırılmamışsa yapılan onarım tamamen anlamsızdır. Bu durumda elektrik akımının kesilmesi veya elektrolitik ortamın nötrleştirilmesi onarımın esasını teşkil edecektir.

Hava ve rutubete bağılı kimyasal ağırlıklı paslanmada ise paslanan çelikler temizlendikten sonra donatı çevresinin su geçirmeyen polimerle modifiye edilmiş bir harçla doldurulması yeterli olur. Tabii paslanmanın donatıda büyük bir kesit azalmasına yol açmamış düzeyde kalmış olması, bu çözümde aranacak en önemli koşuldur.

Paslanmanın yerel mi, yoksa yapının tüm betonlarına özgü bir yetersizliğinden mi kaynaklandığı araştırılmalıdır. Eğer beton üretiminde büyük hatalar yapılmış ve tüm betonlar kötü üretilmişse onarım geniş kapsamlı olacaktır. Gözlenen kısıtlı sayıdaki paslanma hasarları, yaygın bir paslanmanın varlığını da düşündürür, böylece ileride oluşacak kapsamlı bir hasar

oluşmasını önlemeye olanak sağlar. Yapı betonunun kalitesi hasarlı ve hasarsız bölgeden alınacak beton numunelerinin yoğunluğu saptanarak incelenebilir.

5.2.2. Şok Dalgaları Hasarı

Şok dalgaları parça kopması hasarlarına yol açmaktadır. Hasarın yeni ve eski olması sorunu vardır. Yeni hasarlarda kopma yüzeyleri temizdir, donatı açığa çıkmışsa donatı yüzeyinde de paslanma azdır veya yoktur, parça kopmaları derindir, kabuk şeklinde yüzeysel değildir. Yapının sürekli olarak bu tür etkilere maruz kalması incelemeyi kolaylaştırır. Ancak şok etkisi bir kaza sonucu meydana gelmiş olabilir, bu durum şahit dinlenerek olay açığa çıkarılabilir.

5.3. İleri ve Detaylı İncelemelere Girişmek

İleri ve detaylı incelemeler gerekli dataların toplanması ile başlar. Bu tip dalındaki anamnez çalışmalarına benzer. İncelemeleri üç bölümde özetlemek mümkündür:

- Yapının tarihçesi,
- Genel görünüşteki aykırılıklar,
- Hasarın genel durumu.

Yapının tarihçesi saptanırken aşağıdaki sorular yanıtlanmaya çalışılır:

Yapı hangi tarihte inşa edildi? Kim tarafından inşa edildi? Hangi mevsimde inşa edildi? İklim koşulları ne idi? Yapı betonlarındaki malzemeler nelerdi? Çimento türü, agrega kökeni neydi? İnşaat yöntemi nasıldı? Betonyer, vibratör kullanıldı mı? Hazır betondan, pompa betonundan yararlanıldı mı? Beton üretiminde ağırlık veya hacim esaslarından hangisi, hangi düzeyde kullanıldı? Betonun kür işlemine ne denli özen gösterildi?

Yapının genel görünüşündeki aykırılıklar da şunlardır:

Bina düşey midir? Kat düzeylerinde döşemeler yatay mıdır? Binada tadilat yapılmış mıdır? İlave kat, ilave blok var mıdır? Bina bitişik nizamda mıdır? Bitişik bina önce mi sonra mı yapılmıştır? İlk mimari projeye oranla ne tür değişiklikler vardır? Hasarın genel durumunun saptanması sırasında yapılacak çalışmaları ise aşağıdaki gibi sıralayabiliriz:

Hasar binanın nerelerinde olmuştur? Hangi bölümlerde, cephelerde, katlarda hasarın şiddeti daha yüksektir? Hasarın semptomların metodik olarak belirlemek, hangi bölgelerde hangi tür hasarların hangi şiddette oluştuğunu saptamak gereklidir.

5.4. Eldeki Tüm Verileri Değerlendirmek

Bu dördüncü aşama karar vermeye imkân sağlaması açısından çok önemlidir ayrıca düşünme ve irdeleme tekniği açısından ilginçtir. Sonuca bilgi, tecrübe, sağduyu ve metodik çalışma bilinciyle varılabilir.

Beton yapı hasarları için belirtilen nedenlere göre sıra ile elimine edilerek (elenerek) sonuca yaklaşılmaya çalışılır. Aşağıdaki Tablo 5.1'de bu 11 neden, hasar semptomları dikkate alınarak ve hasarın kararlı veya aktif karakterleri vurgulanarak verilmiştir. Parça kopması semptomu parça kopması (Ca) ve kabarma-şişme (b) gibi iki türe ayrı belirtilmiştir.

Tablo 5.1. Hasar nedeni ve semptomları arasındaki bağlantılar

Hasar nedeni	Bulgulanan hasar semptomu			Hasarın durumu
	Çatlama	Parça kopma(a)(b)	Ayrışma	
1. İnşaat sırasında olagelen hatalar	X	-	-	I
2. Sertleşmiş beton rötresi	X	-	-	I
3. Termik gerilmeler	X	-	-	I veya II
a-Hava sıcaklığı değişmesi b-İç sıcaklık değişmesi	X	X(a,b)	-	
4. Betonun su emmesi	x	X(b)	-	Iı
5. Donatı paslanması	x	X(a)	-	Iı
6. Kimyasal reaksiyon	x	X(a,b)	x	Iı
7. Atmosferik etkiler	-	X(a)	-	I
8. Şok dalgalar	x	X(a)	-	I
9. Aşınma	-	-	x	Iı
10. Hatalı detaylar	x	X	-	I veya II
11. Projelendirme hataları	x	X(a)	-	I veya II

Not: I=kararlı, II=aktif, a=parça atma, b=kabarma, şişme

Tablo 5.1 'in ışığında aşağıda açıklanan irdelemeleri aşama aşama yapmakla hasar ana sebebinin teşhiste bir yöntem geliştirilebilir.

I. Beton yapıda gözlenen hasar semptomları yüzeysel ayrışmalar ise hasarın nedeni kimyasal reaksiyonların varlığında, atmosferik etkilerde (donma, çözülme, güneş, yağmur vb.) ve aşınma probleminde aramak gerekir.

Kimyasal reaksiyonların varlığı için önce beton yapımında kullanılan malzemenin zararlı olarak nitelendirilen öğeler içerip içermediği araştırılır. Bunlar, sülfat yüzdesi veya serbest kireç ve magnezyum oranı yüksek, alkali oksitleri (Na_2O , K_2O) fazla çimentolar, aktif silisli (kalseduan, opal, kristoballit, riolit, andezit) agregalar; agregaların içinde düşük dayanımlı, su alınca şişip dağılabilen parçalar, kömür kül, yanma artıkları, organik maddeler kil

gibi maddelerdir. Çok önceden üretilmiş bir betonda bunların saptanması kolay olmaz, mamafih betondan numuneler alıp testler yaparak, hatta gözlemlerle agregalar hakkında yaklaşık bilgiler elde edilebilir.

Alkali-silis reaksiyonları içyapıdan kaynaklanan bir hasar türü olduğundan betonun bileşenlerinin incelenmesi zorunludur, bu hasar türünde yüzeysel ayrışmadan önce ağ düzeninde çatlakların meydana geleceği dikkate alınmalıdır. Sülfat hasarında ise dış ortamın kimyasal yapısı, betonun bileşenlerinin zararlı oranda SO_3^{2-} içermesinden daha çok etkili olur. Bu bakımdan betonla temas halindeki suyun ve zeminin kimyasal birleşiminin araştırılması gerekir. Agregasilis reaktivitesinin agregasanelerinde ve bunların çimento fazına yakın yüzeylerinde, sülfat etkisinin ise çimento fazında hasara neden olduğu unutulmamalıdır. Alkali-silis hasarının, donma çözülme, sülfat etkisi, çiçeklenme gibi hasarlardan ayırt edilmesi için beton yüzeyine uranil asetat sürülmesi ve ultraviyole ışığına tutulması yöntemi kullanılır. Hasar sonucu oluşan jel bu ışık altında yeşil, sarı renk alır.

Ayrışma semptomuna bağlanabilen ikinci hasar türü donma-çözülme olarak gösterilmiştir. Çevrenin iklim koşulları incelenerek donma-çözülmenin hasar nedeni olup olmadığına karar vermek mümkündür. Ancak çevrenin donma çözülme hasarıyla birlikte kimyasal hasara da yol açması olasıdır. Bu yüzden iki hasarı ayırt etmek gerekebilir. Kimyasal etki daha derin bölgelere yayılır, buna karşı donma-çözülme sonucu ayrışma yüzeyseldir, ayrıca kimyasal etki çimento hamur fazını bozar ve bu faz aderans niteliğini kaybeder. Donmanın etkisi tamamen fizikselidir. Sağlam ve hasar görmüş kısımlardan çıkarılacak numunelerde yapılacak kimyasal analizler bu iki hasar nedenini ayırt etmeye olanak verir, zira hasarlı kısımda çimento hamurunun kimyasal yapısı reaksiyon sonucu değişmiştir.

Yüzeysel ayrışma semptomunun bağlanabildiği üçüncü hasar nedeni olan aşınma hasarı diğerlerinden oldukça farklıdır, genellikle yol, hava alanı pistlerinde gözlenen bu hasarda agregayüzeyleri parlaktır, trafik yönüne ve virajlara uyan aşınma çizgileri de oluşmuştur. Sürtünmeye artıran döküntü tozların ve/veya aşınma sırasında betondan sökülerek oluşan tozların varlığı ayrıca önemli bir kanıttır.

II. Betonda kabarma-şişme şeklinde gözlenen semptomlar da Tablo 5.1'de betonun su emmesi, kimyasal reaksiyonlar sonucu bozulması veya kütlelerinin sıcaklığının artması gibi üç hasar nedeni ile ilişkilendirilmiştir. Kabarma-şişme olayında beton bazı durumlarda çatlamadan kabarmabilir, ancak çoğunlukla kabarmada çatlamanın varlığı da gözlenir. Yoğun çatlama durumunda kimyasal etkileri ve özellikle alkali-silis reaksiyonunun öncelikle ele alınması gerekir. Çatlakların tekil ve seyrek bir görünüş arz etmesi iç sıcaklık değişmelerine bağlı olabilir, bu durum genellikle termik rötreinin etkinleştiği büyük hacimli kütle betonlarına özgüdür. Betonun su emerek genişmesi daha sonra kuruyarak büzülmesi de çatlaklı bir

kabarmaya yol açar. İstinat duvarlarında, galerilerde, barajlarda su emmeye bağlı kabarmalara oldukça sık rastlanır. Hasar yeriyle suyun girdiği yer arasında bağlantı kurmak oldukça güçtür, zira su en kısa yolu değil, en kolay geçebildiği yolu tercih eder. Bina içlerinde çatı derelerinin altındaki duvarlarda, temiz veya pis su tesisatının geçtiği bölümlere yakın duvarlarda kabarma-şişme hasarları meydana gelir. Bu hasarlar daha ziyade sıvanın kabarması, dökülmesi şeklindedir, çiçeklenmenin varlığı suyun kökenini saptamada yararlı olur.

III. Yapıda parça kopması semptomunun hasar nedenleri Tablo 5.1'de 7 adettir. Bunlar arasındaki donatı paslanması ve şok dalgaları incelemenin ilk aşamasında belirgin bulgular arasında elimine edilmiş, proje hatalarından doğan aşırı gerilme durumu da incelenmiştir. Bu durumda hasar nedenleri 4'e indirilmiş olmaktadır. Eğer hasar yerel ise, hasarın olduğu yerde hatalı detay incelemesine girişmek uygundur, ancak yerel kimyasal etki olasılığı da gözden uzaklaştırılmamalıdır. Eğer hasar genel ise paslanma olasılığına tekrar dönmek ve nedenin kesinlikle bu olmadığına karar vermek gerekir. Hasar nedenin bu olmadığı saptanırsa sebepleri aşağıdakiler olabilir:

- İç sıcaklık yükselmesi,
- Atmosfer etkisi,
- Kimyasal reaksiyon.

Bunlar arasında yapılacak seçimin kıstasları yukarıda yüzeysel ayrışma konusunda ele alınmıştır.

IV. Çatlama semptomlarının hasar nedenlerinin araştırılması oldukça uzun irdelemeleri gerektirebilir. Betonun kabarma-şişme hasarında gözlenen çatlakların değerlendirilmesi önceki aşamada yapıldığına göre bu hasar türünün çatlama semptomunun nedenini aşağıdaki hasar türlerinde aramak uygundur:

- Rötire gerilmeleri,
- Sıcaklık değişmesi sonucu oluşan genleşme, büzülme gerilmeleri,
- İnşaat sırasında veya akabinde yapılan hatalar,
- Hatalı detaylar
- Kimyasal reaksiyonların etkileri.

Öncelikle rötire ve sıcaklık değişimleri faktörleri üzerine eğilmek doğrudur. Bunlar için tüm yapı ve yapı elemanı gözden geçirilmelidir. Bu incelemede dikkat edilecek hususları hatırlamakta yarar vardır;

Çatlamalar rötire ve sıcaklık değişmelerinin gerilme birikimine yol açabileceği yerlerde oluşurlar. Örneğin kapı, pencere boşluklarının köşeleri, ankastre döşenmiş elektrik ve su borularının geçtiği yerler, tesisat kanallarının çevreleri, kesit değişmelerinin bulunduğu bölgeler. Sıcaklık değişmelerinin neden olduğunu kanıtlamak, basit genleşme hesapları

yapmakla mümkündür. Sıcaklık farkları ve kesit bilindiğine, termik genleşme katsayısı ve beton veya harcın elastisite modülü de tahmin edilebildiğine göre bu hesaplar kolaydır. Eğer bir termik gradyan oluşumu ihtimali varsa, incelenen elemanda peçlenme ve kabarmalar da meydana gelebilir. Böyle bir ek bulgunun tespiti, sıcaklık değişiminin ana hasar nedeni olduğu kanıtını destekler.

Bu arada çatlamış yapı elemanındaki gerilme ve termik gradient yayılışlarını şematik biçimde çizmek ve çatlaklarla karşılaştırmak yararlıdır. Çatlakların basınç izostatiklerine dik olması, peçlenmelerin termik gradienti izlemeleri, yargıları kuvvetlendiren delillerdir. Peçlenmeler farklı zamanlarda dökülmüş, farklı malzemelerle üretilmiş katmanlı elemanların farklı rötreleri ve genleşmelerine bağlı olarak da meydana gelirler.

Esas nedenin rötre veya sıcaklık olduğuna kesinlikle karar verince onarım aşamasında yapılacak fazla bir şey olamaz. Olayın şiddetine göre, estetik kaygılar da dikkate alınarak ya bir şey yapılmaz, ya da olay sırasında ortaya çıkan gerilmeleri serbest bırakacak önlemler alınır.

Rötre ve sıcaklık faktörlerinin etkinlik taşımamaları durumunda inşaat sırasında yapılmış hatalara yönelinir. Beton kalıplarının yerel çökmeleri, kalıp kanatlarının ayrılması, kalıpların şişmesi, yan kalıpların erken alınması sonucu taze betonun kendi veya taşıdığı döşemenin ağırlığı ile yanal genişlemesi vb. türdeki olaylar özel nitelikte çatlamalara yol açabilir.

Tekil çatlamalar durumunda rötre ve sıcaklık faktörleri elimine edildiğine göre dış yüklemeler ve yetersiz proje konusuna tekrar dönülmelidir. Yetersiz proje faktörü, gerilme yayılışının çatlaklarla karşılaştırması yapılarak kesinlikle incelenebilir. Çatlak incelemesi sırasında aşağıdaki sorulan sormak ve cevaplamak gereklidir:

1) Çatlak sadece kirişin çekme bölgesinde mi kalmıştır, yoksa tarafsız eksenini aşarak basınç bölgesine geçmiş midir?

2) Çatlak kirişin tüm kesitini mi kat etmektedir, yoksa bir tarafında mı kalmaktadır? Bu iki soru kiriş üzerindeki yükün sınırlı sınırı aşıp aşmadığını, yüklemenin ve/veya donatının simetrisini belirlemeye yarar.

3) Çatlak yüzeysel midir? Derin midir? Hem derin, hem yüzeysel çatlaklar var mıdır? Yüzeysel çatlaklar rötreye, iç çatlaklar kalıp oynamasına, iç ve derin çatlaklar sıcaklık, rutubet değişmesine, kimyasal etkilere bağlanabilir.

4) Çatlaklar kirişlerde çekme donatısının kesildiği, pilye olarak büküldüğü yere mi rastlamaktadır? Çatlaklar etrilyelerin bulunduğu kesitlerde mi? Bu sorular donatılarda yetersiz boy nedeniyle yetersiz aderansa yol açıldığını, pas payının ince olduğunu belirler.

5) Çatlak ağı betonlama sırasındaki soğuk inşaat derzlerine mi, sonradan ilave edilmiş bir kısma mı rastlamaktadır? Bu kesit ilk projeden farklı bir yüklemenin uygulandığı kesit olabilir.

6) Hasar yeni mi, yoksa eski mi görünüşlüdür? Bu sünme ve yorulma olaylarını düşünmeye imkân veren bir yaklaşımdır.

7) Hasar nerede son buluyor? Neden?

5. 5. Sentez

Eliminasyon yöntemiyle aşamalarla yapılan araştırmalar, olayı ortaya koyma ve analiz etme olanağını sağlamıştır. Bundan sonra bu inceleme sonuçlarını sentez halinde toplamak ve hataların tekrarını önleyecek bir onarım yöntemi önermek gerekir. Hataların tekrarı konusu bir örnekle açıklanmıştır: Portland çimentosu ile üretilen deniz etkisine maruz bir iskelenin betonarme ayakları korozyona uğramıştır. Hasarı gören betonların sökülmesi, donatıların paslarının temizlenmesi ve kolonların mantarlaşması ile onarım yapılması istenmektedir. Ancak mantolamada portland çimento kullanılırsa eski hasar tekrarlanacaktır, farklı bir çimento kullanılması durumunda ise eski ve yeni betonlar uyummayacaktır. Mantolamadan vazgeçilmesi veya deniz suyuna dayanıklı çimento ile eskisinin uyumunun sağlanması veya eski çimento kullanılması ancak mantolanan bölümün dıştan korunmaya alınması gerekecektir.

Analiz çalışmalarının sentezi çok sayıda etkenin varlığını belirtecektir. Bu durumda onarım sadece ana hasar nedenine dayandırılarak planlanmayacak, daha kapsamlı ikincil etkenleri de dikkate alan bir projelendirmeyle gerçekleştirilecektir.

Tablo 5.2. Önerilen hasar teşhis yönteminin aşamaları ve yapılan analizle bir akış diyagramı

Birinci aşama	Projelendirme hatalarını dikkate alma.11(*)
	Etkin semptomlar: Çatlama, parça kopma
İkinci aşama	Analiz: Yüklemeden doğan gerilmeler ve şekil değiştirmelerin hesabı, çatlak ve parça atmaların yerleri
	Belirgin hasar nedenlerinin eliminasyonu 5,8(*)
	Etkin semptomlar: Çatlama, parça kopma
Üçüncü aşama	İleri ve detaylı incelemelere girişme
	Analiz: veri toplama, yapının tarihçesi, genel görünüş, hasar türleri ve yerleri
Dördüncü aşama	Berilerin değerlendirilmesi
	Analiz: Semptom türüne göre hasar saptaması
	Ayrışma: 6,7,9(*)
	Kabarma, şişme: 3,4,6(*)
	Parça kopma: 3,6,7,10(*): Birinci ve ikinci aşamadan 5,8,11
	Çatlama:1,2,3,6,10(*); birinci ve ikinci aşamadan 5,8,11
Beşinci aşama	Sentez

Not(*)Bu sayılar Tablo 5.1'deki hasar nedenlerini göstermektedir [2].

6. SONUÇ VE ÖNERİLER

Yapıların çeşitli etkiler sonucu hasara uğraması birçok faktöre bağlıdır. Bunlar; zemin durumu, uygun temel seçilmemesi, deprem hesabını da içeren statik bir projenin bulunmaması ya da yeterli olmaması, projenin değiştirilerek uygulanması, yumuşak kat ya da kısa kolon gibi yapısal sorunlar, projede belirtilen sınıfta beton kullanılmaması, çelik donatı sınıfının yeterli olmaması, çelik donatının doğru çapta, sayıda ve şekilde yerleştirilmemesi, filiz boylarının yeterli olmaması, etriyelerin yerleştirilmesinde ve işçiliğindeki hatalar olarak sayılabilir.

Yapılarda hasar oluşumunu engellemek için öncelikle buna neden olan etkenleri ortaya çıkarmak daha sonra bu etkenlerin ortadan kaldırılması için çalışmak gerekir. Üretim teknolojileri malzeme özelliklerine göre geliştirilmeli ve yeni bilgilerle desteklenmelidir. Doğru malzeme seçimi yapılabilmesi için özelliklerinin bilinmesi gerekir. Hangi malzemenin nerede, hangi detayda ve ne amaçla kullanılacağı çok iyi bilinmelidir. Farklı özelliklere sahip malzemelerin bir arada kullanılmasına, malzeme seçimine, detay tasarımlarına ve uygulamalarına gereken özen gösterilerek, yönetmelik ve şartnamelere uyularak yapılar üretilmeli ayrıca inşaat sırasında kontroller yapılmalıdır. Hasar oluşumunu azaltmak, yapı fiziki ile ilgili sorunları çözümlenmiş yalıtım ve koruma malzemeleri ile sağlanmaya çalışılmalıdır. Aksi takdirde çatlama, deformasyon, parçalanma gibi hasar oluşumları kaçınılmazdır, hatta daha ileri boyutlarda yıkılmalar dahi görülebilir. Hasar ve bozulmaların önlenmesinin mümkün olmadığı durumlarda, yapılarda onarım ve güçlendirme yapılmalı ya da yapı boşaltılmalıdır.

Yapının kendisinden beklenen işlevleri sağlayabilmesi için malzemenin nerede ve hangi amaçla kullanılacağına karar verilirken malzeme özelliklerinin iyi bilinmesi gereklidir. Hasar nedenleri bilindiği takdirde hasarı ortadan kaldırmak ya da oluşumunu önlemek mümkündür. Buda malzeme özelliklerinin bilinmesine ve uygun yerde kullanılmalarına bağlıdır. Kalitesiz malzeme kullanımı; kullanılan yapı malzemelerinin öngörülen standartların altında olması halinde beklenen dayanım süresinden önce eskimeye uğrar. Yapı malzemesi hakkında yetersiz bilgidir kaynaklanan yanlış malzeme seçimi ve yanlış uygulama nedeni ile malzemeden beklenen hizmet süresi gerçekleşmez. Sorumluluk eksikliğinden ileri gelen hatalı uygulama; malzeme ve işgücü israfını doğurur. Bu elemanların temini ve malzemelerin tekrar uygulanması zorunluluğu ortaya çıkar. Hatalı malzeme kullanımı; kullanılan malzemelerin iyi nitelikte olmaması yapıların bozulmasını hızlandırmaktadır.

Yapı malzemelerinin iç ve dış etkenleri karşılayabilmedeki yetersizliği; yapıda hasarların oluşması, kullanıcı sağlığının bozulması, kaynak kaybı ve enerji sarfıyatı, gereksiz onarım masrafları gibi sorunlara yol açmaktadır. Bu durumda onarıma gitmek yapıyı korumak değildir. Önemli olan hasara yol açan nedenleri belirleyerek ortadan kaldırmak için çalışmak ve önlem almak, yeni yapılacak yapılarda bu faktörleri göz önünde bulundurmaktır. Ekonomik

olması amacıyla yapım sırasında ucuz olduğu için tercih edilen yetersiz ve uygun olmayan malzemeler, kullanım sürecinde büyük ekonomik kayıplara yol açabilmektedir. Kalitesiz ve öngörülen standartların altında olması halinde malzeme beklenen dayanım süresinden önce eskimeye uğrar.

Bu çalışmada; yapının inşası sırasında niteliksiz malzeme seçimi, detay tasarımı ve uygulamalarında çeşitli nedenlerle yapılan hatalar sonucu yapıda o anda ya da zamanla ortaya çıkan hasarlar incelenerek çözüm önerileri sunulmuştur. Yapının kalitesi; kullanılacak malzemelerin özelliklerine, bir arada kullanılacak malzeme uygunluğuna ve uygulama koşullarına bağıldır. Malzemeler belirli yapısal özelliklere sahip olduğundan iç ve dış kaynaklı birçok olumsuz etkilerle karşı karşıya kaldığında bozulmalar oluşmaktadır. Yapısal özellikleri bilinerek kullanılacağı amaca göre seçilen malzemeler kendisinden beklenen performansı gösterebilir. Yapı malzemesi hakkında yetersiz bilgidен kaynaklanan yanlış malzeme seçimi ve yanlış uygulama nedeni ile malzemedен beklenen hizmet süresi gerçekleşmez.

Detay tasarımına gerekli özen gösterilmemesi, yönetmelik ve şartnamelerine uyulmaması sonucu ortaya çıkan hasarlar; yapıda bozulmalara ve yıkımlara neden olmaktadır. Bu hasarlar, yapının tasarım aşamasında şartname ve yönetmelikler dikkate alınarak yapılan özenli çalışma ile hazırlanan proje ve detaylarla çözülebilir.

Farklı özelliklere sahip malzemelerin bir arada nasıl kullanılmasına, malzeme seçimine, detay tasarımlarına ve uygulamalara gereken özen gösterilerek, yönetmelik ve şartnamelere uyularak yapılar üretilmeli ayrıca inşaat sırasında kontroller yapılmalıdır. Aksi takdirde çatlama, deformasyon, parçalanma gibi hasar oluşumları kaçınılmazdır. Yapı dışta ve içte oluşabilecek hasarlarla karşı dayanıklı, yapım amacına uygun, estetik ve ekonomik olmalıdır. Yapısal sistemin oluşturulmasında yapılan yanlışlar, depreme dayanıklı yapı tasarımı kuralları ve deprem yönetmeliğimizde son derece detaylı olarak incelenmektedir. Bu kurallara uyularak projelendirilen ve inşa edilen yapılarda çeşitli etkiler sonucunda hasar oluşması veya göçme meydana gelmesi çok az bir olasılıktır. Bu kayıpların önlenmesi için yönetmelik ve şartnamelere göre, uygulama sırasında ve sonrasında gerekli kontrollerin belirli periyotlarla yapılması ve çeşitli dış etkilerden korunması gerekir.

Kaynaklar

1. Aka, İ., 1998, "Betonarme Yapıların Projelendirilmesinde Bazı Özel Konular" İ.M.O. Meslek İçi Eğitim Seminerleri, İstanbul.
2. Akman, S., 2000, Yapı Hasarları ve Onarım İlkeleri, TMMOB Yayınları, İstanbul.
3. Aksoy, N., Cilason, N., 2000, Beton Yapı Hasarları Onarım ve Korunması ve Sıcak İklimlerde Beton, Lebib Yalkın Yayınları, İstanbul.
4. Bayülke, N., 2003, 1994 Northridge Kaliforniya Depremi Sonrasında Moment Taşıyan Çelik Kolon-Kiriş Birleşim Yerleri Üzerinde Yapılan Deneyler, Sf: 23-39, TMHD, 48-3 Sayı: 425.
5. Cilason, N., 1980, Beton, STFA Yayınları, İstanbul.
6. Çelik, O.C., Çılı, F., Özgen, K., 2000, 17 Ağustos 1999 Kocaeli (İzmit) Depremi'nden Gözlemler, Yap218, Sf: 66-76 .
7. Çılı, F., Özgen, K., Çelik, O.C., 28 August- 2 September 1994, "Evaluation of Seismic Damages to RC Buildings during 1992 Erzincan Earthquake" Proceedings Of 10 Th European Conference On Earthquake Engineering, Volume 1, Pg. 773-778.
8. Doğan, D., 1997, Ahşap Malzemenin Atmosfer Koşullarındaki Davranışı Sonucu Meydana Gelen Sorunlar ve Koruma Yöntemleri, Yüksek Lisans Tezi, YTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
9. Duman, N., Ökten, S., 1988, Ahşap Yapı Dersleri 1., Yem Yayınları, İstanbul
10. Ekinci, C.E., 2004, Yapı ve Tasarımcının El Kitabı 3.baskı, Üniversite Kitapevi, Elazığ.
11. Enüstün, B., 1947, Yapı Malzemesi; Harç, Beton, Bayındırlık Bakanlığı Yayınları, Ankara.
12. Ergün, A., 2002, Ülkemizdeki Depremler ve Meydana Gelen Yapısal Hasarlar, Tütev Teknik Dergisi Yıl: 2 Sayı: 4 Sf: 12-17.
13. Eriç, M., 1994, Yapı Fiziği ve Malzemesi, Literatür Yayınları, İstanbul.
14. Firuzan, B., 2003, İnşaat Uygulamalarında Yanlışlar ve Doğrular, Yapı Yayınları, İstanbul.
15. Gülkan, P., Utkuoglu, D., Okul Binalarının Deprem Güvenliği İçin Minimum Dizayn Kriterleri. Sf: 13-23. TMHD, Yıl: 48/2003-3 Sayı: 425. Perde Duvarı Neye Denir?).
16. Gürdal, E., Tanaçan, L., Toydemir, N., 2000, Yapı Elamanı Tasarımında Malzeme, Literatür Yayınları, İstanbul.

17. Handisycle. C.,C, 1967, Building Materials Science and Practice, Arcihitectural Press, London.
18. Işık, B., Temmuz 1994, Ahşap Doğramada Hasar, Yapı 152, Sf: 67-74.
19. İbrahimoglu, M., Türk. E., Kasım-Aralık 2003, İzolasyon Dünyası (Isı, Ses, Su ve Yangın Yalıtımı Dergisi, Sayı: 44 Sf: 66-69.
20. İ.M.O., 1975-1998, "Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik". İ.M.O. Yayın No: 25, İzmir.
21. Kocataşkın, F., 1972 ,Yapı Malzemesi Bilimi, İTÜ. İnşaat Fak., İstanbul.
22. Kocataşkın. F., 1959, Beton Teknolojisi Kutulmuş Matbaası, İstanbul.
23. Limoncu,S., Aylar, E., Aralık 2001, Yapı Malzemesi Olarak Ahşap ve Ahşap Yapı Sistemleri., YAPI 241, SF: 87-91.
24. Mavi.Ö., 2000, Kireç Harçları ve Sıvaların Fiziksel ve Mekanik Özelliklerinin İyileştirilmesi, Yüksek Lisans Tezi, İTÜ., Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul
25. Onaran K.,1999, Malzeme Bilimi, İTÜ.Matbaası, İstanbul.
26. Özgen, K., F.Çelik, O.C.; Ağustos 1992, "Erzincan Depreminden Gözlemler" Yapı 129, S: 35- 41.
27. Özgen,K"Kısa Kolon Uygulamaları Ve Yönetmelik İlkeleri" Yapı 123, Sf: 75- 76, Şubat .
28. Özgen, K., 1992, "Konsol Ucunda Kolon Uygulamaları" TMMOB İnşaat Mühendisleri Odası, İstanbul Şubesi, Sayı:17, Ağustos-Eylül1994.
29. Özkarakaya. O., Temmuz-Ağustos 2004, Binalarda Isı Yalıtım Uygulamalarında Yapılan Hatalar Yapı ve Yalıtım Teknik Dergisi / Yıl: 9 Sayı :49 Sf: 52-53.
30. Özkul, H., Taşdemir, M.A., Tokyay, M., Uyan.M., Aralık 1999, Her Yönüyle Beton, Türkiye Hazır Beton Birliği, İstanbul.
31. Özmen, G., 2000, Plan Geometrisinin Burulma Düzensizliğine Etkisi T.M.H Dergisi Sayı.410- Sf: 37-41.
32. Postacıoğlu, B., 1969, Yapı Malzemesi Dersleri; Bağlayıcı Maddeler, Agregalar, Beton, İTÜ.İnşaat Fak., İstanbul.
33. Postacıoğlu, B., 1987, Beton, Teknik Kitaplar Yayınevi Cilt 2, İstanbul.
34. Sevik. F., Yapı Hasarları ve Hasarların İyileştirilmesi Üzerine Bir İnceleme. Y.T.Ü./Fen Bilimleri Enstitüsü İnşaat Müh. Anabilim Dalı Doktora Tezi.
35. Smith, R.C., Andres,C. K., 1988, Materials of Construction, Mc Graw-Hill, New York.
36. Sucuoğlu.H., 1999, Türkiye Mühendislik Haberleri Dergisi, Yıl: 44-3/Sayı: 401 Yüksek Yapılar İçin Tasarım Depremi Tanımı Sf: 45-50.

37. Taşdemir, M.A., Özkul, M.H. ve Atahan, H.N., 1999 , “Türkiye’deki Son Depremler ve Beton”, II.Ulusal Kentsel Altyapı Sempozyumu, İMO, S.9-19, Adana.
38. Taşdemir, M.A., Bayramov, F ., Kocatürk ,A. N., Yerlikaya, M., Kocaeli Betonun Performansa Göre Tasarımı: Performans Sınıfları, Hazır Beton ve Beton Fabrikaları A.Ş., İstanbul.
39. Tekin, N., 2003, Malzeme Özelliklerinin Yapı Hasarlarındaki Rolü ve Dış Duvarlarda Isı-Su Etkisinde Davranışı, İ.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
40. Toydemir, N., 2002, Çağdaş Yapı Malzemesi Yüksek Lisans Ders Notları, İTÜ Mimarlık Fakültesi, İstanbul.
41. TS 500, Nisan 1984, Betonarme Yapıların Hesap ve Yapım Kuralları”, Türk Standartları Enstitüsü.
42. TS 802, Beton Genel Teknik Şartnamesi.
43. TS.80, Beton Genel Teknik Şartnamesi.
44. Uğurlu, U., 31 Ocak-Şubat 99 , Hazır Beton Dergisi Yıl: 6, Sayı:5, Sf: 34- 39.
45. www.boyex.com/4800.asp
46. www.probina.com
47. www.yapirehberi.net
48. <http://www.cimsa.com.tr>
49. www.ahşap.com/tr
50. www.tbsbeton.com
51. www.thbb.org/engine
52. www.kimyaokulu/ödev/beton
53. <http://www.lafarge.com.tr/>
54. www.akcansa.com.tr
55. www.arkitera.com/malzeme
56. www.betonsa.com.tr
57. www.civilturk.com.
58. www.agrega.org.
59. [www.imoistanbul.org.tr.kurs notları](http://www.imoistanbul.org.tr/kurs/notları).
60. www.esyapi.com
61. www.izoder.org.tr/dergi/46/uygulama.htm.
62. [www. restorasyon.org/güçlendirme](http://www.restorasyon.org/güçlendirme).

Özgeçmiş

Yapı Öğretmeni Nilüfer İşçi, 07.04.1978 Amasya doğumludur. 1994-1996 yılında önlisans eğitimini 19 Mayıs Üniversitesi A.M.Y.O. İnşaat Bölümünde, 1997-2001 Lisans eğitimini Fırat Üniversitesi Yapı Eğitimi Bölümünde tamamlamıştır. 2003 yılında Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yapı Eğitimi Anabilim Dalı Yapı Eğitimi Bölümünde yüksek lisans eğitimine başlamıştır. 1 Ekim-23 Aralık tarihlerinde Fırat Üniversitesi adına İspanya' da Yapı Biyolojisi çalışmasına katılmıştır.