

T.C.
FIRAT ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**PREFABRİK KALIPSIZ DÖŞEME SİSTEMLERİNDEN ÖNGERİLMELİ
İÇİ BOŞLUKLU DÖŞEME ELEMANLARIN ARAŞTIRILMASI**

Ufuk Teoman AKSOY

YÜKSEK LİSANS TEZİ

YAPI EĞİTİMİ ANABİLİM DALI

Danışman : Yrd. Doç. Dr. Mehmet TUĞAL

ELAZIĞ

1996

T.C.
FIRAT ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**PREFABRİK KALIPSIZ DÖŞEME SİSTEMLERİNDEN ÖN GERİLMELİ
İÇİ BOŞLUKLU DÖŞEME ELEMANLARININ ARAŞTIRILMASI**

Ufuk Teoman AKSOY

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
YAPI EĞİTİMİ ANABİLİM DALI**

Bu tez,.....tarihinde, aşağıda belirtilen jüri tarafından oybirliği/
oy çokluğu ile başarılı/başarısız olarak değerlendirilmiştir.

Danışman
(İmza)

Üye
(İmza)

Üye
(İmza)

.....
Yrd.Doç.Dr. Mehmet TUĞAL

ÖZET

İnsanoğlunun bugüne kadar bulduğu en verimli yapı malzemesi betonarmeyi, en verimli bir biçimde kullanma tekniği olan prefabrikasyon: daha ekonomik, daha kaliteli daha hızlı, daha estetik yapı üretimini garanti eden ve gün geçtikçe gelişen bir endüstrileşme sürecidir.

Bu çalışmada da, "hızlı konut üretim teknolojilerinden" biri olan prefabrik ön gerilmeli içi boşluklu döşeme elemanların, bir yapı elemanı olarak kullanılabilirliği araştırılmıştır. İçi boşluklu döşeme elemanlar, ölü ağırlığı çok az muhafaza ederek, hem basınç hem de çekme bölgelerinde, müsaade edilen beton en kesit tasarımına optimal kullanım sağlar. Otomatik imal etme yöntemleri vardır. Sıkıştırma yöntemleri, özellikle betonu, çok yüksek ve güvenilir bir kalite de sonuçlandırır.

Bu çalışmada önce, prefabrikasyon, öngerilmeli beton ve içi boşluklu döşeme paneller hakkında genel bilgiler verilmiş, içi boşluklu döşeme panellerin, şekillenışı, kesit kapasiteleri ve özellikleri, birleşim bağlantıları, kullanım kolaylıkları ve uygulanması incelenmiştir. Gerekli detay çizimleriyle birlikte tasarım ilkeleri getirilmeye çalışılmıştır.

Tüm bu bilgiler yardımı ile içi boşluklu döşeme paneller ile geleneksel yapm sistemli döşeme elemanlar; yük kapasiteleri, fiyat analizleri, ısı ve ses yalıtımları ve kullanım kolaylıkları açısından karşılaştırılmışlardır.

SUMMARY

Prefabrication, Which is the most effective way of using concrete, and is the best construction material invented so far by human being, is an industrialising process developing continuously and guaranteing more quality, more economic and faster structure production .

In this study the usability of the precast prestressed hollow core floors, which are one of the fast building production ways was investigated as a construction element. The design of the cross - section allows the concrete to be used optimally both in compression and tension zones, while the dead weight is kept very low. There are automatic manufacturing methods. Extrusion processes, in particular, result in a very high and reliable quality of concrete.

In this study, initially, a general information about prefabrication, prestressed concrete and hollow core floors were given and the forming, cross - sectional capacity properties, joint ties, usage advantages and their applications of hollow core floors were studied. The design principals were explained together with the detailed drawings required.

The hollow core floors were compared with the conventional floors with respect to load capacity, noise and heat insulation, usage advantages and cost analysis.

ÖNSÖZ

“Prefabrik ön gerilmeli içi boşluklu döşeme elemanların araştırılması” konulu yapmış olduğum tez çalışmasında beni çalışmaya teşvik eden ve çalışmalarım sırasında yardımcı olan danışman hocam ve Teknik Eğitim Fakültesi Yapı Eğitimi Bölümü Başkanı Sayın Yrd. Doç. Dr. Mehmet TUĞAL' a, ayrıca veri toplama ve boşluklu döşeme panellerin üretimi ve uygulaması konusunda yardımcı olan başta Türkiye Prefabrik Birliği olmak üzere YAPI MERKEZİ A.Ş. ve ESTON A.Ş. yetkililerine teşekkürlerimi sunarım.



İÇİNDEKİLER

Özet	I
Summary	II
Önsöz	III
İçindekiler	IV
Şekiller Listesi	VII
Tablolar Listesi	X
Simgeler Listesi	XI
1. GİRİŞ	1
1.1. Prefabrikasyon	1
1.1.1. İnşaat Sektöründeki Yeri	1
1.2. Öngerilmeli Beton	2
1.2.1. Öngerilmeli Beton Üretimi	3
1.2.1.1. Önceden Öngerme	3
1.2.1.2. Sonradan Öngerme	3
1.3. Prefabrik Öngerilmeli Boşluklu Döşeme Elemanı	4
1.3.1. Üretim	4
2. PREFABRİK ÖNGERİLMELİ BOŞLUKLU DÖŞEME ELEMAN TASARIMI	5
2.1. Boşluklu Döşeme Eleman Kesit Tipleri	6
2.2. Boşluklu Döşeme Eleman Yüksekliği	6
2.3. Boşluklar Arası Kalınlık	6
2.4. Boşluklu Döşeme Eleman Flanj (Kenar) Kalınlığı	7
2.5. Öngerilme Çeliklerinin Yerleşimi	8
2.6. Beton Örtü (Kaplama)	8
2.7. Boşluklu Döşeme Eleman Birleşim Yüzeyi	9
2.7.1. Minimum Birleşim Genişliği	9
2.8. Kesme Dayanımı	10
2.9. Diyafram Hareketi	12
2.9.1. Bağ Hatılları	13
2.9.2. Bağ Çubukları	14
2.9.3. Diyafram Analizi	15

2.9.4.	Kesme Sürtünmesi	17
2.9.5.	Bağ Sisteminde En Az Teçhizat	19
3.	PREFABRİK ÖNGERİLMELİ İÇİ BOŞLUKLU DÖŞEME ELEMEN BAĞLANTILARI	22
3.1.	Genel	22
3.2.	Tasarım İlkeleri	23
3.3.	Döşeme Bağlantı Tipleri	24
3.4.	Taşıyıcı Uzunluk	25
3.5.	Bağ Düzenlemeleri	26
3.6.	Taşıyıcılarda Sıkıştırma (Zorlama)	29
3.7.	Uzunlamasına Birleşimde Bağlantılar	32
3.7.1.	Uzunlamasına Ortadaki Birleşimler	32
3.7.2.	Kenar Birleşimlerde Bağlantılar	33
3.7.2.1.	Enine Kuvvetlendirme	34
3.7.2.2.	Birleşim Suluharcı	34
3.8.	Taşıyıcı - Döşeme Bağlantıları	34
3.8.1	Bağ Kirişlerinin Enine Yerleşimi	34
3.8.2.	Uzunlamasına Bağ Çubuklarının Döşemeye Ankrajı	36
3.8.3.	Kritik Bölgede Döşemenin Kuvvetlendirilmesi	38
3.9.	Özel Durumlar	40
3.9.1.	Konsol Döşemeler	40
3.9.2.	Duvarlar Üzerinde Döşemeler	41
3.9.2.1.	Büyük Duvar Yüklerine Karşı Çözümler	41
3.9.2.2.	Sınırlı Duvar Yüklerine Karşı Çözümler	43
3.9.3.	Kirişler Üzerindeki Döşemeler	44
3.9.3.1.	Normal Genişlikteki Dikdörtgen Kirişler Üzerindeki Çözümler	44
3.9.3.2.	Geniş Dikdörtgen Kiriş Üzerindeki Çözümler	45
3.9.3.3.	Bina Cephesindeki Dar Kirişler Üzerindeki Çözümler	46
3.9.3.4.	Çelik Kirişler Üzerindeki Çözümler	47
4.	TOLERANSLAR	51
5.	PREFABRİKE ÖNGERİLMELİ BOŞLUKLU DÖŞEME ELEMEN ÖZELLİKLERİ	51

5.1.	Döşeme Kesit Özellikleri ve Kapasiteleri	51
5.2.	Yalıtım Özellikleri	55
5.2.1.	Ses Yalıtımı	55
5.2.2.	Isı Yalıtımı	56
5.2.3.	Diğer Özellikler	58
5.2.3.1.	Tavan Askıları	58
5.2.3.2.	Gömülü Çelik Levhalar	59
5.2.3.3.	Dübelli Bulon Uygulaması	59
5.2.3.4.	Boşluklar	60
6.	İÇİ BOŞLUKLU DÖŞEME ELEMANLARIN UYGULAMASI	61
6.1.	İstif	61
6.2.	Taşıma	62
6.3.	Montaj	62
6.3.1.	Genel	62
6.3.2.	Montaj Ekibi	65
6.3.3.	Döşeme Montajı	66
6.3.3.1.	Delik, Kesik ve Askılı Boşluklar	68
6.3.3.2.	Bağ Elemanlarının Yerleştirilmesi	69
6.3.3.3.	Düzleme Getirme	69
6.3.3.4.	Dolgu Harcı ve Betonu	71
6.3.3.5.	Kesme	71
6.3.3.6.	Kaynak	72
6.3.4.	Yapısal Kaplamalı Döşeme	72
7.	PREFABRİK ÖNGERİLMELİ İÇİ BOŞLUKLU DÖŞEME ELEMAN İLE GELENEKSEL BETONARME DÖŞEME ELEMAN KARŞILAŞTIRILMASI	73
7.1.	Yük Kapasitesi	73
7.2.	Fiyat Analizi	75
7.3.	Isı Yalıtımı	79
7.4.	Ses Yalıtımı	81
7.5.	Kullanım Kolaylıkları ve Diğer Üstünlükleri	83
8.	SONUÇ VE ÖNERİLER	84
	KAYNAKLAR	87

ŞEKİLLER LİSTESİ

- Şekil 2.1 : Boşluklu döşeme panel kesit tipleri.
- Şekil 2.2 : Döşeme panel, boşlukları arası kalınlık.
- Şekil 2.3 : Boşluklu döşeme panel alt ve üst başlık (flanj) kalınlıkları.
- Şekil 2.4 : Boşluklu döşeme panel, öngerme çelikleri yerleşimi.
- Şekil 2.5 : Minumum beton kaplama (örtü).
- Şekil 2.6 : Minumum birleşim genişliği.
- Şekil 2.7 : Boşluklu döşeme panel kenarındaki uzunlamasına çentikler.
- Şekil 2.8 : Boşluklu döşeme panel diyafram hareketi.
- Şekil 2.9 : Bağ hatılı.
- Şekil 2.10 : Bağ çubukları.
- Şekil 2.11 : Diyafram düzleminde başlık kuvvetleri.
- Şekil 2.12 : Diyafram ara kenetleri.
- Şekil 2.13 : Çatlak yüzeyi.
- Şekil 2.14 : Bağ sisteminde T kuvvetleri.
- Şekil 2.15 : Bağ sisteminde en az yükler.
- Şekil 3.1 : Boşluklu döşeme panel taşıyıcı uzunluğu.
- Şekil 3.2 : Bağ düzenlemeleri (kenarda).
- Şekil 3.3 : Bağ düzenlemeleri (ortada).
- Şekil 3.4 : Bağ düzenlemeleri.
- Şekil 3.5 : Bağ düzenlemesinde sıkışma.
- Şekil 3.6 : Bağ düzenlemede beton doldurma
- Şekil 3.7 : Bağ düzenlemede duvar yükünün aktarılması
- Şekil 3.8 : Bağ kirişlerinin enine yerleşimi (donatının)
- Şekil 3.9 : Bağ kirişlerinin enine yerleşimi (donatının)
- Şekil 3.10 : Bağ çubuğunun döşemeye ankraji.
- Şekil 3.11 : Bağ çubukları için döşeme oyukları ve delikleri
- Şekil 3.12 : Taşıyıcı ve döşeme arasındaki kritik bölge
- Şekil 3.13 : Taşıyıcı ve döşeme arasındaki kritik bölge uzunlukları
- Şekil 3.14 : Kritik bölge için ek uzunluk.
- Şekil 3.15 : Konsol, boşluklu döşeme paneller.

- Şekil 3.16. : Duvarlar üzerindeki boşluklu döşeme panel bağlantıları (Büyük yükler)
- Şekil 3.17. : Duvarlar üzerindeki boşluklu döşeme panel bağlantıları (Büyük yükler)
- Şekil 3.18. : Duvarlar üzerindeki boşluklu döşeme panel bağlantıları (Büyük yükler)
- Şekil 3.19. : Duvarlar üzerindeki boşluklu döşeme panel bağlantıları (Büyük yükler)
- Şekil 3.20. : Duvarlar üzerindeki boşluklu döşeme panel bağlantıları (Sınırlı yükler)
- Şekil 3.21. : Duvarlar üzerindeki boşluklu döşeme panel bağlantıları (Sınırlı yükler)
- Şekil 3.22. : Kirişler üzerindeki boşluklu döşeme panel bağlantıları (Normal genişlikteki kirişler üzerinde)
- Şekil 3.23. : Kirişler üzerindeki boşluklu döşeme panel bağlantıları (Normal genişlikteki kirişler üzerinde)
- Şekil 3.24. : Geniş kolonlar üzerindeki boşluklu döşeme panel bağlantısı
- Şekil 3.25. : Geniş kirişler üzerindeki boşluklu döşeme panel bağlantısı
- Şekil 3.26. : Geniş kirişler üzerindeki boşluklu döşeme panel bağlantısı
- Şekil 3.27. : Dar kirişler üzerindeki boşluklu döşeme panel bağlantısı
- Şekil 3.28. : Çelik kirişler üzerindeki boşluklu döşeme panel bağlantısı.
- Şekil 3.29. : Çelik kirişler üzerindeki boşluklu döşeme panel bağlantısı.
- Şekil 4.1. : Boşluklu döşeme panel üretim toleransları
- Şekil 4.2. : Boşluklu döşeme panel montaj toleransları
- Şekil 5.1. : Boşluklu döşeme panel kesit özellikleri
- Şekil 5.2. : Boşluklu döşeme panel kullanım kolaylıkları (Tavan askıları)
- Şekil 5.3. : Boşluklu döşeme panel kullanım kolaylıkları (Gömülü çelik levha)
- Şekil 5.4. : Boşluklu döşeme panel kullanım kolaylıkları (Dübelli bulon uygulaması)
- Şekil 5.5. : Çeşitli tesisatlar için boşluklu döşeme panelden yararlanma şekilleri
- Şekil 6.1. : Boşluklu döşeme panel istifi

- Şekil 6.2. : Boşluklu döşeme panel montajı
- Şekil 6.3. : Boşluklu döşeme panel montajı (Boşluklara montaj)
- Şekil 6.4. : Boşluklu döşeme paneli düzleme getirme
- Şekil 6.5. : Boşluklu döşeme paneli düzleme getirme
- Şekil 7.1. : Bina kütle boyutları (Fiyat analizi için)
- Şekil 7.2. : Geleneksel sistem döşeme kesiti (Isı yalıtımı için)
- Şekil 7.3. : Boşluklu döşeme panel kesiti (Isı yalıtımı için)



TABLolar LİSTESİ

- Tablo 2.1. : Normal betonlar için sürtünme katsayıları
- Tablo 5.1. : Boşluklu döşeme panel kesit özellikleri
- Tablo 5.2. : Ara kat yüklerine göre boşluklu döşeme panel açıklıkları
- Tablo 5.3. : Ara kat yüklerine göre 5 cm yapısal kaplamalı boşluklu döşeme panel açıklıkları
- Tablo 5.4. : Boşluklu döşeme panel ile havada oluşan ses yalıtımı (db)
- Tablo 5.5. : 200 mm' lik boşluklu döşeme panel ile darbe sesi yalıtımı (db)
- Tablo 5.6. : Yalıtımsız, boşluklu döşeme panel için ısı geçirme direnci.
- Tablo 5.7. : Yalıtım üzerinde 5 cm koruma betonu ile boşluklu döşeme panel ısı geçirgenliği katsayısı.
- Tablo 6.1. : Boşluklu döşeme panel istif katları sayısı.
- Tablo 6.2. : Boşluklu döşeme panel montaj akış şeması.
- Tablo 7.1. : Boşluklu döşeme panel yük tablosu.

SİMGELER LİSTESİ

A_{cr}	: Çatlak yüzeyi
A_{sf}	: İncetilmiş mesnette eğilme teçhizatı
A_n	: Temas yüzeyine dik teçhizat alanı
A_{cj}	: j günlük beton alanı
A_G	: Geleneksel sistem döşeme alanı
A_0	: Boşluklu döşeme panel alanı
A_s	: Öngerilmesiz çekme donatı alanı
a	: Boşluklu döşeme panelde bir (1) boşluk genişliği
b	: Genişlik
b_w	: Gövde genişliği
c	: Öngerme çeliği altındaki beton kaplama kalınlığı
D_r	: Darbe ses yalıtım indeksi
d_1, d_2, d_3	: Tabaka kalınlıkları
d	: Faydalı yükseklik
e_0	: Öngerilme kuvvetinin eksantriği
F_{st}	: Bağ düzeninin çekme kapasitesi
f_{ccj}	: j günlük betonun silindir basınç dayanımı
f_{ctk}	: Beton karakteristik çekme dayanımı
f_{cu}	: Betonun 28 günlük karakteristik küp basınç dayanımı
f_{ck}	: Betonun 28 günlük karakteristik silindir basınç dayanımı
$f_{ctk (0.05)}$	: Karakteristik çekme mukavemeti alt değerleri
f_{ctj}	: j günlük beton çekme dayanımı
f_{ct}	: Beton çekme dayanımı
f_{etkj}	: j günlük betonun karakteristik çekme dayanımı
f_{yk}	: Öngerilmesiz betonarme çeliği akma dayanımı
G	: Ölü yük
h	: Yükseklik
H_d	: Prefabrik eleman üzerindeki yatay kuvvet
K	: Isı geçirme katsayısı

L	: Açıklık
L_t	: Öngermeden dolayı; öngerme çeliğinde meydana gelen gerilmelerinin yayılma uzunluğu
L_{add}	: Ek ankraj uzunluğu
L_b	: Teçhizat çubuğu kenetleme boyu
L_{crit}	: Kritik bölge uzunluğu
M	: Eğilme momenti
M_d	: Taşıma gücü hesap momenti
m_e	: Sürtünme katsayısı
m	: Beton dökümü ve pürüzlüğe bağlı katsayı
N	: Eksenel kuvvet
P_0	: Öngerme çeliğinde kayıplardan önceki öngerme kuvveti
R	: Isı geçirgenlik direnci
R_r	: Boşluktaki ses yalıtım indeksi
T	: Bağ çubuklarındaki çekme kuvveti
V	: Kesme kuvveti
V_d	: Hesap kesme kuvveti
V_r	: Kesme kuvveti altında taşıma gücü
W_{cj}	: Birleşim arayüzündeki beton alanının sabit değeridir.
α_n, α_0	: İç ve dış hava ısı iletim katsayıları
α_c	: Beton için azalma faktörü
γ_{n1}	: Katsayı
λ	: Beton yoğunluk katsayısı
$\lambda_1, \lambda_2, \lambda_3$	: Tabaka ısı iletim katsayısı
u	: Gövde çevresi
μ_t	: Sürtünme katsayısı (üstte)
μ_b	: Sürtünme katsayısı (altta)
γ_c	: Güvenlik katsayısı
σ_c	: Betondaki gerilme
σ_{ctf}	: Bütün yük altında betondaki eğilme çekme gerilmesi

- σ_1 : Küçük asal gerilme
 σ_{sp} : Öngermeden dolayı meydana gelen iç gerilme (kabarma gerilmesi)
 σ_{po} : Öngerme çeliğide kayıplardan sonraki gerilme
 τ : Kayma gerilmesi
 Q : Hareketli yük
 $\varnothing$: Çubuk çapı



1. GİRİŞ

1.1 Prefabrikasyon

Bir yapıyı oluşturan taşıyıcı sistemin veya taşıyıcı olmayan unsurlarının veya makina ve techizatının bant tekniğinde fabrikalarda seri olarak imal edilip, iş yerinde monte edilmesi işlemine "Prefabrikasyon" denir (Tezcan, 1991). Kısaca Prefabrikasyon, yapı elemanlarının endüstriyel üretim tesislerinde üretilmesi ve bunların şantiyede birleştirilmesidir. Dolayısı ile, bu tarife göre prefabrike kolon ve kirişlerden ibaret bir taşıyıcı sistem prefabrikasyona girdiği gibi, hiç taşıyıcılığı bulunmayan seramik duvar kaplamaları hazır pencere ve kapı doğramaları da prefabrikasyon sayılır (Teczan, 1987).

Dünya da ilk uygulamaları 1860' larda başlamış ve özellikle 2. Dünya Savaşı sonrasında yaygınlaşmıştır. Türkiye' deki uygulamalar ise 1960' lı yıllarda başlamış ve teknolojik açıdan gelişerek devam etmektedir. Önceleri sanayi yapıları, küçük sanayi siteleri gibi yapıları kapsayan bu uygulamalar giderek gelişmiş ve konutlar, okullar, sağlık yapıları, spor salonları, köprüler, viyadükler ve çeşitli altyapı ve çevre düzeni elemanları gibi geniş bir yelpazeyi kapsar hale gelmiştir.

1.1.1. İnşaat sektöründeki yeri

Bugün gelinen aşama değerlendirildiğinde, Türk beton prefabrikasyon sektörünün, bilgi ve teknoloji birikimine erişmiş potansiyelinin yüksek, ancak pazardan alabileceğinin çok altında bir paya sahip olduğu görülmektedir. Prefabrikasyonun toplam inşaat sektörü içerisindeki pazar payını değerlendirirsek, %4 ile %6 arasında değişir. Ortalama olarak % 5 diyebiliriz. Avrupa ve özellikle Doğu Avrupa ülkeleri ve Rusya ile kıyaslandığı zaman, son derece düşük bir değerdir. Avrupa ülkelerinde bu değer % 40 - 70 arasında değişmekte ve Doğu Avrupa ülkeleri ve Rusya' da ise bu değer % 80 - 90 ' dır (Yücesoy, 1991). Olaya bu açıdan bakıldığında Türkiye' deki % 5 ' lik payın gerçekte son derece düşük, yani prefabrikasyonun yeterince uygulama alanı bulamamış olduğunu görmekteyiz.

Prefabrikasyonun;

1. Üretimde büyük miktarda artış
2. Kalitede artış
3. Bütün yıl boyunca üretim imkanı
4. Süratli montaj
5. Ucuzluk

gibi, avantajlarını da düşünürsek, prefabrikasyonun toplam yapı üretimindeki payını artması, ülke ekonomisine sağlayacağı yararlar açısından önemlidir (Tokmaz, 1992). Özetle prefabrikasyon, makro ölçekte tasarruf sağlayan , üretim hızı ve ürün kalitesi yüksek bir yapım teknolojisidir.

Prefabrikasyonun ülkenin gelişmesine sağladığı katkıların önemi açısından Türkiye' de de uygulama alanlarını genişletebilmek için örgütlü bir çalışma ihtiyacı doğmuş ve 1984 yılında Türkiye Prefabrik Birliği kurulmuştur. Türkiye Prefabrik Birliği' nin amacı, Türkiye de prefabrikasyonu ve prefabrikasyon firmalarını temsil etmek, bu faaliyet ve firmalarla ilgili bir referans müessesesi olmak, prefabrikasyonun doğru ve nitelikli bir biçimde uygulanmasını ve yaygınlaşmasını sağlamaktır.

1.2. Öngerilmeli Beton

Öngerilmeli beton, elemana gelecek yüklerin etkilerinin, çeliğin gerilmesi ile istenilen şekilde dengelendiği, yani, eğilmeye zıt yönde eğme sağlayabilen kuvvetlerin uygulandığı betondur.

Pasif bir betonarme sistemde, betonun basınç mukavemeti yüksek olmakla birlikte, çekme mukavemeti nispeten zayıftır. Bu sebepten betona çelik çubuklar yerleştirilerek çekme gerilmeleri karşılanmaktadır. Buna mukabil, öngerilmeli beton; yüksek mukavemetli beton ile yüksek mukavemetli çeliği bir araya getirir. Çeliğin sünekliğinden dolayı öngerme sayesinde oldukça yüksek oranda gerilen çelik, yapı elemanında enerji depolar. Bu enerji yapı elemanının alt kısmında sıkışma meydana getirir, hafif bir ters sehim oluşur. Böylece alt kısımda oldukça fazla bir basınç gerilmesi elde edilir ve çekme gerilmeleri

dengelenir. Öngerme işlemiyle betonun zayıf olan çekme kapasitesinden doğan mahzur yok edilir ve yüksek mukavemetli söz konusu iki malzemenin ideal bir birleşimi sağlanır (1. Ön Gerilmeli Beton ve Uyg. Semp., 1986).

1.2.1. Öngerilmeli Beton Üretimi.

En az, 300 kgf/cm^2 (30 N/mm^2) küp, 250 kgf/cm^2 (25 N/mm^2) silindir basınç dayanımlı beton (BS 25) ve TS 3721' e uygun çelik ile üretilen öngerilmeli beton ile;

1. Yapı elemanlarının bütün kesitinden istifade edilir,
2. Daha küçük kesitli ve cazip yapı elemanları ortaya çıkarılır,
3. Ağırlığın azalmasına ve büyük ekonomik açıklıklara imkan sağlanır,
4. Eğilme ve çatlakların daha iyi kontrolü sağlanır.

Öngerme prensip olarak iki şekilde tatbik edilir.

1.2.1.1. Önceden öngerme

Bu metotda, kalıp içine yerleştirilen öngerme çeliklerine öngerme verildikten sonra beton dökülür. İstenilen beton mukavemetine erişilince beton dışında kalan çelikler kesilir. Öngerme çeliği ile beton arasındaki aderans sayesinde çeliğe önceden verilmiş gerilme betona aktarılmış olur. Bu yöntem hemen sadece prefabrike elemanda kullanılır. Yerinde dökme betonda kullanılması pratikte mümkün olmaz (1. Ön Gerilmeli Beton ve Uyg. Semp., 1986).

1.2.1.2. Sonradan Öngerme

Bu metotda, öngerme çelikleri kılıf borular içerisinde bulunur ve diğer donatıyla beraber kalıba yerleştirilir, beton dökülür. Beton yeterli mukavemete eriştikten sonra öngerme çelikleri gerilir, elman uçlarına ankraj edilir. Daha sonra kılıf borusu ile öngerme çeliği arasındaki boşluk özel bir çimento harcı veya şerbeti enjekte edilir. Genellikle şantiye imalatına uygun bir yöntemdir (1. Ön Gerilmeli Beton ve Uyg. Semp., 1986).

1.3. Prefabrik Öngerilmeli Boşluklu Döşeme Elemanı

II. Dünya savaşı sonrasında özellikle Orta Avrupa' da ortaya çıkan konut problemi prefabrikasyon teknolojisinin hızla gelişmesine ve uygulanmasına neden oldu. 1957 yılında Alman Weiler GMBH Firması kayar kalıp sistemi ile öngerilmeli asmolen döşeme kirişlerinin üretimini yapan tesisi geliştirdi ve aynı teknik ile 1960 yılında boşluklu döşeme ve duvar panelleri üretimine başladı. Boşluklu döşeme paneller özellikle inşaat mevsimi kısa süreli olan İskandinavya ve Kanada gibi kuzey ülkelerinde çok yaygın bir biçimde kullanılmaktadır.

1980' li yıllardan itibaren Türk İnşaat sektörüne giren boşluklu döşeme elemanları, 1990 yılından itibaren de prefabrik yapıda yaygın bir şekilde görülmeye başlamıştır.

1.3.1 Üretim.

Boşluklu döşeme elemanlar kayar kalıp sistemiyle, BS 30 (Silindirik örneklerde 28 günlük basınç dayanımı en az 300 kg/cm^2) sıfır çökmeli beton, en az 15000 kg/cm^2 çekme dayanımlı nitelikli öngerme çelikleri ile 120 m boyundaki yataklarda, 120 cm standart genişlikte ve farklı kalınlıkta (10, 15, 16, 20, 24, 25, 30, 38 cm) dökülmektedir. Döşeme elemanları genelde alt donatılıdır, kalınlığı ve donatısı, projedeki boyutlarına ve yüklerine bağlı olarak seçilir. Beton dökümünden önce belirli sayı ve düzendeki öngerme donatısı yatağın her iki ucundaki babalar arasına hassas cihazlarla gerilir. Bu kuvvet 8 mm' lik öngerme telleri için 5840 kg, 1/2 parmaklık öngerme toronu için 12123 kg' dir. Hareketli yan kalıplar ve iç boşluk kalıpları, betonu döken ve sıkıştıran özel makinaya bağlı olarak yatak boyunca ilerler. Makinadaki ayrı kovalardan alt başlık, boşluklar boyunca uzanan gövde kısımları ve üst başlık üç ayrı tabaka da dökülür ve tabakalar ayrı ayrı sıkıştırılır. Beton dayanımı istenilen düzeye eriştikten sonra donatının babalara bağlı uçları kesilir ve donatıdaki kuvvet betona aktarılmış ve öngerilme tamamlanmış olur. (Panelton El Kitabı, 1991)

Boşluklu döşeme eleman üretiminde normal şartlarda NPÇ tipi çimento, agrega olarak yıkanmış ve elenmiş taş tozu ve kum ile 9 mm irilikte mıcır kullanılmaktadır. Donatı olarak sadece 8 mm' ye kadar öngerme telleri ve 1/2 parmağa kadar öngerme toronları kullanılmaktadır. (Panelton El Kitabı, 1991)

2. PREFABRİK ÖN GERİLMELİ BOŞLUKLU DÖŞEME ELEMAN TASARIMI

İçi boşluklu döşemelerin yatay kesit ölçüleri, öngerilme etkileri altında kullanışlı ve dayanım için gerekli ihtiyaçları yerine getirmeli. Aşağıdaki kriterleride karşılamalı.

- a) Ölçülerdeki minör değişikliklere, imal etme yöntemleri sebep olur, döşeme ünitelerin direncini ve performansını önemi etkilememelidir.
- b) Öngerilme gücünün neden olduğu yayılma bölgesindeki çekme gerilmeleri çatlaktan kaçınmak için yeterince küçük olmalıdır.
- c) Döşeme üniteler, taşıma esnasında maruz kaldığı basıncı desteklemek için yeterince kuvvetli olmalıdır. (Tellord, 1988)

Tasarımı istenilen içi boşluklu döşeme elemanı, aşağıdaki kriterler göz önünde tutularak projelendirilir.

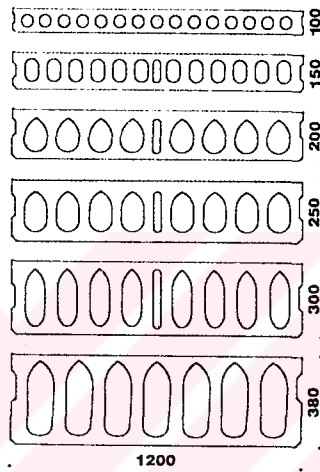
- Mimari kaplama ağırlığı.
- Hareketli yük veya kullanım amacı.
- Döşeme üstünde olabilecek ekipman vb. özel yük.
- Çizgisel yükler, duvar cinsi, kalınlığı ve yüksekliği.
- Aks açıklığı ve mesnet genişliği.
- Döşeme mesnet cinsi.
- Konsol istenip istenmediği ve ölçüsü.
- Merdiven vb. boşluk ile kolon kesitleri konum ve boyutları. (Panelton El Kitabı, 1991)

Toplam, % 33 - 42 boşluk oranı ile boylu boyunca bırakılan boşluklar, beton sarfiyatından ve ağırlıktan kazandırarak taşıma kapasitesi artırılmakta ve

yığma, betonarme ve çelik çerçeve sistemli inşaatlarda rahatlıkla kullanılmaktadır. (Eston, 1984)

2.1. Boşluklu Döşeme Eleman Kesit Tipleri

Elemanlar, çelik sacdan pistler üzerinde, öngerilim çeliği ile donatılmış olarak, boşluklu eleman makinası (extruder) ile 120 cm standart genişlikte ve farklı kalınlıklarda dökülmektedir. Boşluklu eleman kesit tipleri Şekil 2.1' de gösterilmektedir.



Şekil 2.1 Boşluklu döşeme panel kesit tipleri.

2.2. Boşluklu Döşeme Eleman Yüksekliği.

Boşluklu döşeme eleman yüksekliği T.S. 9967' ye göre $h \geq 8$ cm olmalı. Bugün, boşluklu elemanlar 12 cm ile 38 cm arasında farklı yüksekliklerde üretimi yapılmaktadır. Projelerin yük ve açıklık ihtiyaçlarına göre de istenilen h yüksekliği seçilir.

2.3. Boşluklar Arası Kalınlık

Boşluklar arası mesafe için genel bir kabul yoktur. Ancak uygulanan öngerilme kuvvetinden dolayı elemanda meydana gelen kabarma kuvveti düşünülerek bu mesafenin 25 mm' den az olmaması gerekmektedir. Şekil 2.2.

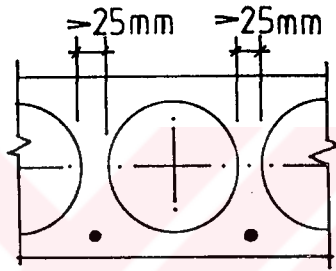
Kabarma kuvveti; gövde yüksekliğine öngerilme kuvvetine, öngerilme çeliğinin burkulma boyuna ve öngerilme kuvvet eksantriğine bağlıdır ve

$$\sigma_{SP} = \frac{P_0}{b_w \cdot e_0} \times \frac{2(0.02 + 4\alpha_c^{2.3})(\alpha_c + 1/6)}{(0.1 + 0.5\alpha_c)\{1 + 1.5(l_t / e_0)^{1.5}(\alpha_c + 1/6)^{1.5}\}} \quad \text{ile bulunur.}$$

Burada, $\alpha_c = (e_0 - k) / h$, $l_{t0.05} = 7\phi (\sigma_{po} / f_{cu})^{0.5}$ dir.

Kabarma kuvveti için kabul edilen hesap sınırı,

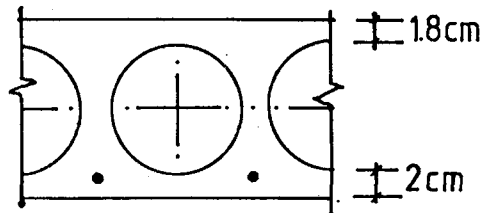
$$\sigma_{SP} \leq f_{ctk} / \gamma_0 \quad \text{dir} \quad \text{ve} \quad \gamma_0 = 1 \text{ alınır.}$$



Şekil 2.2. Döşeme panel, boşlukları arası kalınlık

2.4 Boşluklu Döşeme Eleman Flanj (Kenar) Kalınlığı

Üstteki ve alttaki flanjın ortalama kalınlığı $1.6 \sqrt{h}$ mm' den küçük olmamalı. (Tellord, 1988) Bu değer TS 9967' ye göre üst flanj kalınlığı 1.8 cm, alt flanj kalınlığı 2 cm' dir. Şekil 2.3.



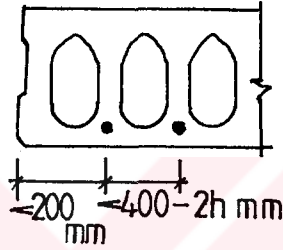
Şekil 2.3. Boşluklu döşeme panel alt üst başlık (Flanj) kalınlıkları.

2.5. Öngerilme Çeliklerinin Yerleşimi

Öngerilme Çelikleri gövdenin altına yerleştirilmeli ve içi boşluklu döşemenin genişliğine göre üniform dağılmalı . Çelikler içi boş döşemelerin kenarından max. 200 mm veya $1.1h$ mm mesafede olmalı. Şekil 2.4. Çelikler arasındaki max. mesafe ise;

- a) 400 mm
- b) $2h$

değerlerinden küçük olanını geçmemelidir. Şekil 2.4. (Tellord, 1988)



Şekil 2.4. Boşluklu döşeme panel, öngerme çelikleri yerleşimi.

2.6. Beton Örtü (Kaplama)

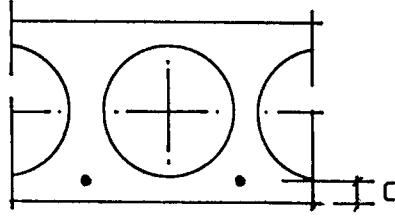
Öngerilme çelikleri için min. beton kaplama ;

- a) Korozyondan korunma
- b) Öngerilmeden dolayı yarma ve ve kopma (kırılma) hareketi yüzünden uzunlamasına çatlaklara karşı güvenlik,
- c) yangın emniyeti

sağlamalıdır.

$$\text{Min. beton kaplama değeri, } c \geq \frac{0,05 \sqrt{(\sigma_{p0} f_{ccj})}}{f_{etkj}} \text{ olmalı. Şekil 2.5.}$$

(Tellord, 1988)



Şekil 2.5. Minumum beton kaplama (örtü).

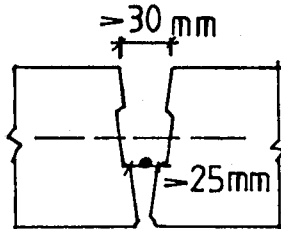
2.7 Boşluklu Döşeme Eleman Birleşim Yüzeyi

İçi boşluklu döşeme elemanlar, yapıda bir araya getirildiklerinde birleşimi sağlayacak bağlantı, dikey ve uzunlamasına kesme gücün nakline imkan vermelidir. Birleşim, ara yüzeyi dolduracak harç işlemini kolaylaştırmak için yeterince geniş olmalı ve birleşimin tüm yüksekliğini sulu harçla doldurmayı mümkün kılmalı. Ayrıca birleşimin altı ve üstü, taze sulu harcın sızmasını önlemek için de dar olmalı.

2.7.1. Min. birleşim genişliği

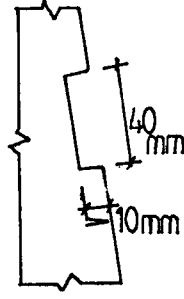
Gerekli minimum birleşim genişliği, taze sulu harcın kalitesine, harcın yapılışına ve birleşimin demir ile donatılıp donatılmadığına bağlıdır.

Birleşimin üstteki birleşim genişliği en az 30 mm. olmalı. Şekil 2.6. Eğer demir çubuklar birleşime yerleştirilirse birleşim, çubukları komple sarmak ve mükemmel bir bağı mümkün kılmak için demir çubuklar seviyesinde yeterince geniş olmalı ve çubuk çapının en az iki (2) katı olmalıdır. Fakat 25 mm' den az olmamalıdır. Şekil 2.6.



Şekil 2.6. Minimum birleşim genişliği.

Birleşim yüzeyi, pürüzlü olmalı ve düşey uzunlamasına çentikler ile donatılmalıdır. İçi boşluklu ünitelerin uzunlamasına birleşim yüzeyi, üretim yöntemleri sonucu doğal bir pürüzlülüğe sahiptir. Üretim yöntemi sonucu oluşturulan düşey - uzunlamasına çentiklerin derinliği en az 10 mm, yüksekliği ise en az 40 mm alınır. Şekil 2.7.



Şekil 2.7. Boşluklu döşeme panel kenarındaki uzunlamasına çentikler.

2.8. Kesme Dayanımı

Kesme gerilmesi, elemanın eksenine dik olarak etki eden kuvvete karşı, elemanın kesit alanında meydana gelen ve kuvvete ters iç gerilmelerdir.

İçi boşluklu döşeme elemanın kesme mukavemetini tesbit için, betonun taşıyabileceği kesme kuvveti aşağıda gösterilen formüllerle hesaplanır. Zorunlu durumlarda elemanın kesme mukavemetini artırmak için boşluklardan bir kısmı, ya komple, yada kısmi olarak beton plastik kıvamda iken doldurulur.

İçi boşluklu döşeme elemanın, hesap kesme mukavemeti,

$$V_d = \frac{(1.4 \times G + 1.6Q) \times L}{2}$$

Kesme kuvveti altında taşıma gücü,

$$V_r = (0.043\sqrt{f_{ck}} + 4.25 \frac{V_d}{M_d} \cdot d) b_w \cdot d \text{ ' dir.}$$

Buradaki , $b_w = b - a$ ve $b_w > \frac{b}{4}$ olmalıdır.

$$M_d = \frac{(14 \cdot G + 16 \cdot Q) \times L^2}{8} \text{ ile bulunur .}$$

Hesap kesme mukavemeti ve kesme kuvveti altında taşıma gücü arasında,

$$V_d < V_r \text{ şartı sağlanmalıdır.}$$

Ayrıca, $\frac{V_d \cdot d}{M_d} < 1.0$ ve $0.17\sqrt{f_{ck}} b_w \cdot d < V_r < 0.4\sqrt{f_{ck}} b_w \cdot d$ şartları sağlanmalıdır.

İçi boşluklu döşeme ünitelerde öngerilme donatıları boyuna yerleştirildiğinden, altta meydana gelecek enine yöndeki çekme gerilmesi,

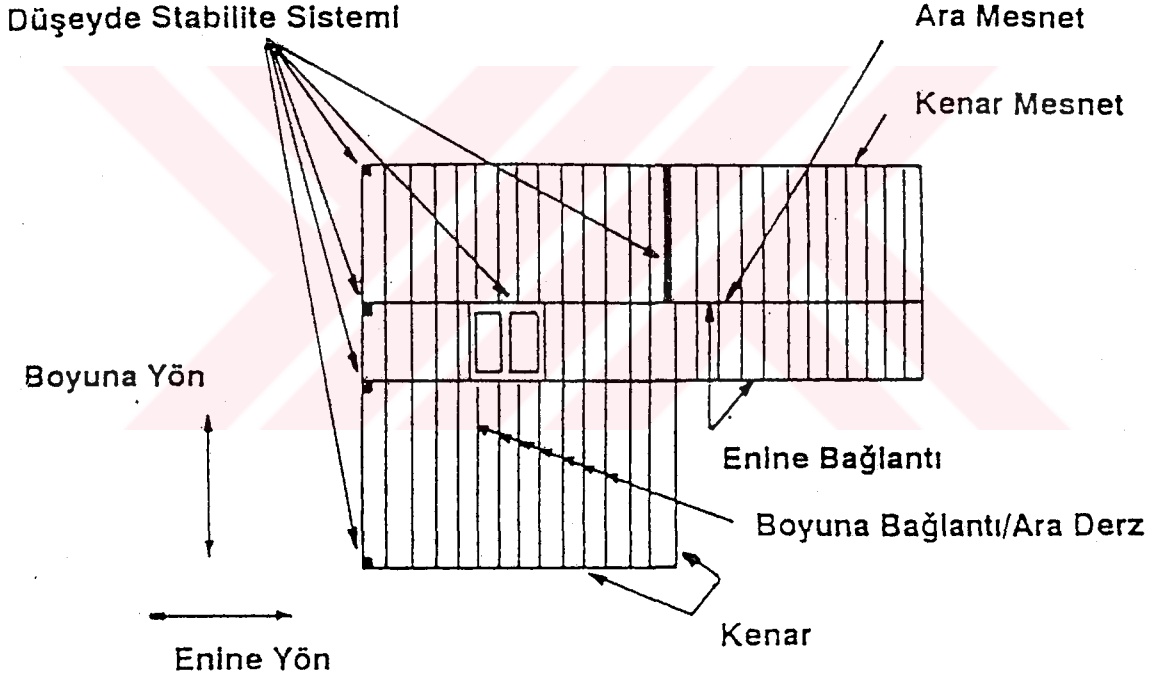
$$\sigma_{ctf} \leq f_{ctk(0.05)} / 1.5' \text{ ğu geçmemelidir.}$$

$$\sigma_{ctf} = 0.8\sqrt{f_{ctk}} \text{ kg / cm}^2 \text{ (} 0.25\sqrt{f_{ctk}} \text{ ' N / mm}^2 \text{)}$$

$$\text{ve } f_{ctk(0.05)} = 1.1\sqrt{f_{ck}} \text{ kg / cm}^2 \text{ (} 0.35\sqrt{f_{ck}} \text{ ' N / mm}^2 \text{) dir.}$$

2.9. Diyafram Hareketi.

Diyafram etkisi, bir döşemeyi teşkil eden bir veya daha fazla elemanın bir makas veya derin kiriş gibi çalışarak kendisine etkiyen yatay yükleri düşey elemanlara aktarmasıdır. Şekil 2.8. Döşemelerde, rüzgar vb. yüklere karşı veya bütünlük sağlamak için istenmekle beraber deprem bölgelerinde diyafram etkisi dahada önem kazanmaktadır. Bu amaç için, döşeme düzlemi içindeki (Eğilme, kesme, çekme) etkilerinden oluşan çekme kuvvetlerine karşı koyan bir bağ sistemi gereklidir. Zorunlu haller dışında donatılı yapısal kaplama ile diyafram oluşturmak tercih edilmektedir; çünkü ilave süre, işçilik ve malzeme sarfına sebep olmaktadır. Ancak inşaat bünyesine giren tüm önerilmeli yatay elemanlarda ters sehim oluşacağı açısından tasarım irdelenmelidir.



Şekil 2.8. Boşluklu döşeme panel diyafram hareketi.

İç boşluklu döşeme elemanlarla, bir diyafram oluşturma, bu elemanların birbirlerine bağlanması ve bütün döşemenin bir demir sistemi ile donatılmasıyla sağlanır. Bu bağ sistemi, (demir sistemi) döşemenin hem uzunlamasına hemde enine devam etmeli ve tüm gerilme güçlerine dirençli olabilmelidir. Bağ

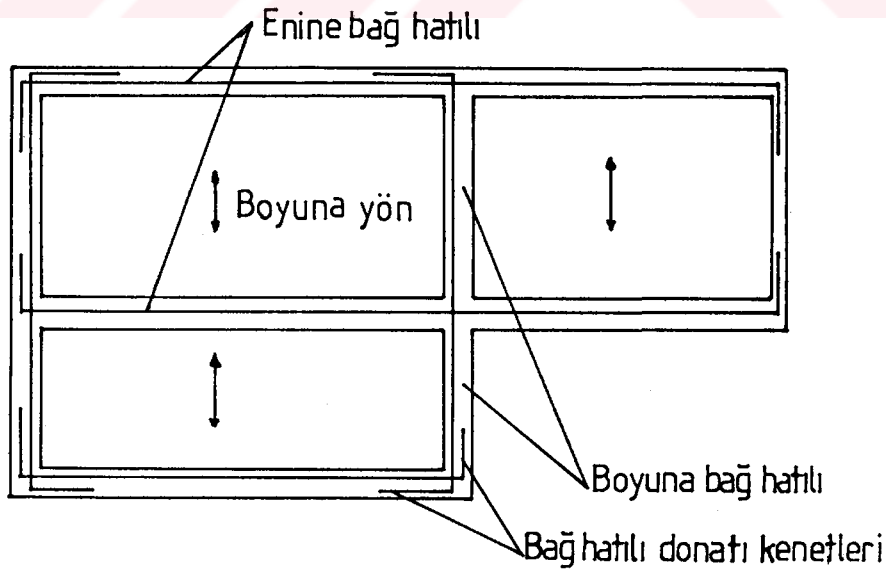
sistemini meydana getiren demir çubuklar, döşeme ünitelere bağlanmalı ve döşeme çevresinin iç köşelerinde kesişene kadar iki kenar üzerinde düz devam etmelidir. Bağ sistemi, bağ hatılları ve bağ çubuklarından meydana gelir.

2.9.1. Bağ hatılları

Genellikle kiriş, duvar, perde, çekirdek gibi taşıyıcı konstrüksiyon ile döşeme kenarları boyunca yerinde dökülerek oluşturulan elemanlardır. Döşemede oluşan çekme kuvvetlerini, stabiliteyi sağlayacak konstrüksiyona aktarmaya yarar.

Ankastre bağ çubukları ile beraber kullanılmak kaydıyla yerinde dökme veya prefabrik kirişler bağ hatılı olarak kullanılabilir.

Bağ hatılı donatısı uç taşıyıcılara aderans boyu kadar saplanmalı ve arada kesintiye müsaade edilmemelidir. Döşemenin içerdeki kenarı boyunca uzanan bağ hatılı, döşeme dış kenarına kadar uzatılarak ankrajlanacaktır. Serbest kenarlı döşemelerde, bağ hatılı donatısı boşluklu döşemenin en dış boşluğuna da saplanabilir. Hesapla gösterildiğinde, öngerme donatısı bağ hatılı olarak kullanılabilir. Şekil 2.9.



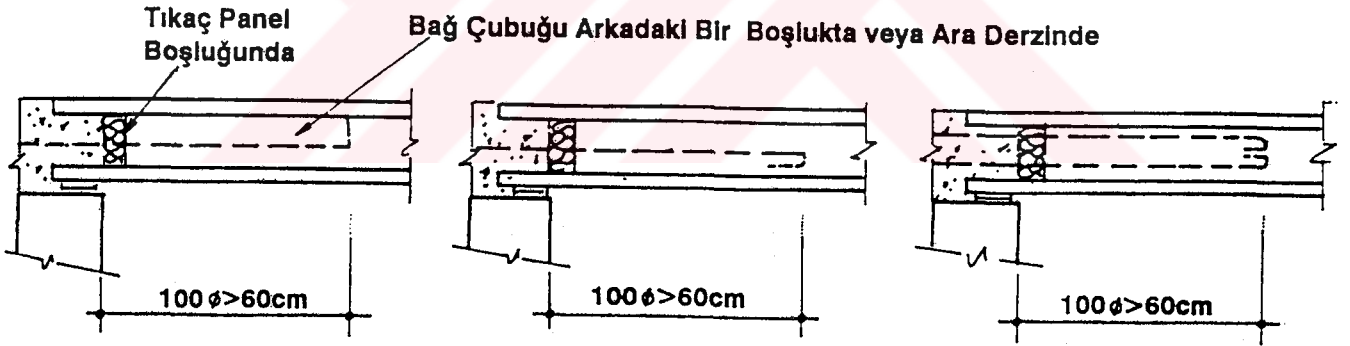
Şekil 2.9. Bağ hatılı.

Bağ hatılı genişliği, donatı yerleştirilecek hallerde en az 40 mm. genişlikte yapılmalıdır. Taşıyıcı ve rijit duvarlar üzerindeki bağ hatıllarının genişliği 60 mm' den, alanı 100 cm^2 ' den ve donatısı 2 adet 10 mm çaplı çubuktan daha az olmamalıdır. (Panelton El Kitabı, 1991)

2.9.2. Bağ çubukları

Bağ çubukları, içi boşluklu döşemelerin bağ hatılları aracılığı ile taşıyıcı konstrüksiyona bağlanmasını sağlayan lokal donatılardır. Çekme kuvvetlerini doğrudan, kesme kuvvetlerini ise kesme sürtünmesi ile mesnede bağlar.

Çubuk kesiti hesabında kopma dayanımı kullanılır. Aderans boyu mesnet dışından ölçülür. Sıcak çekme nervürlü çubuklar genellikle yeterli dükliliteyi sağlar. Kuvvetlerin, bağ çubuğu ile aktarılabilmesi için bir ucu taşıyıcıya kaynaklanır veya gömülür, diğer ucu ise içi boşluklu döşeme, ara derzine veya iç boşluğuna aderansı sağlayacak boyda yerleştirilir ve şerbet veya harç ile sarılması sağlanır. Bağ çubuğu kancalı olmalıdır. Şekil 2.10.



Şekil 2.10. Bağ çubukları.

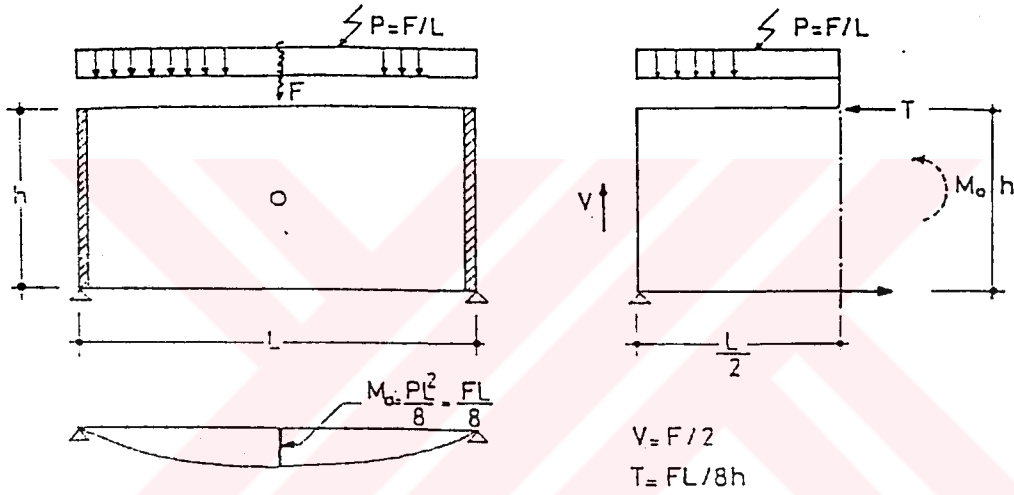
Birleşim için içi boşluklu döşemenin iç boşlukları kullanılacak ise yarık veya deliklerin mümkün olduğunca küçük açılması gerekir.

Döşeme çeperinde içi boşluklu döşeme elemanı ile yan bağ hatılı arasında 4.8 m' de bir enine bağlantı oluşturulmalıdır ve bunun için bir kesiklik

gerekiyorsa mümkün olduğunca küçük tutulmalıdır. Büyük kesme kuvvetlerinin aktarıldığı durumlarda kesikli döşeme elemanda üst hasır donatı sağlanmalıdır. (Panelton El Kitabı, 1991)

2.9.3. Diyafram analizi.

Diyafram analizinde döşeme veya çatı, başlıklı ve derin bir kiriş gibi düşünülür. Perde duvarlar veya çerçeveler bu kirişin mesnetidir. Şekil 2.11. Kirişinin alt, üst başlıklarında çekme ve basınç, mesnetlerinde de yatay yük reaksiyonları oluşur.



Şekil 2.11. Diyafram düzleminde başlık kuvvetleri.

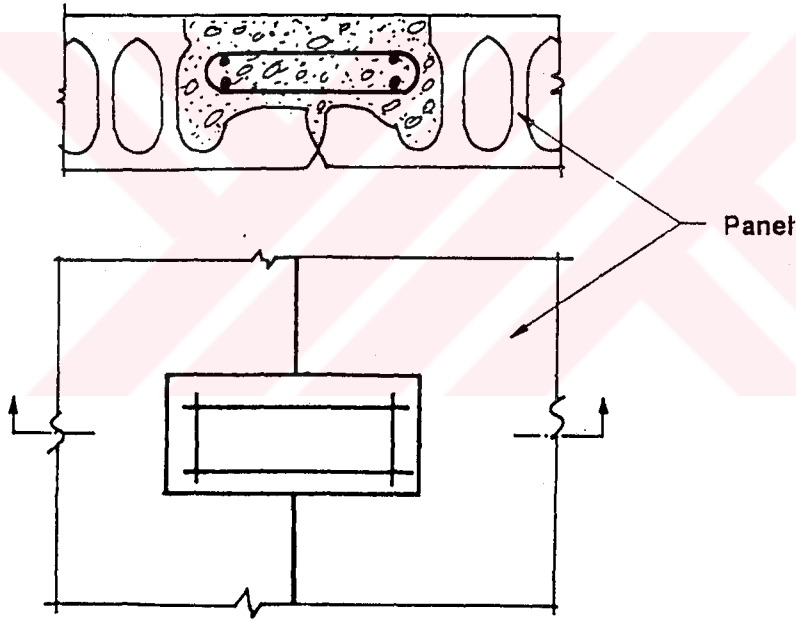
Döşeme elemanların, perde duvarlara ve çerçevelere paralel kullanılması durumunda döşemedeki kayma kuvveti bitişik elemanların birinden diğerine ve en sonunda mesnede aktarılır. Kiriş varsayımındaki gövde kayma kuvveti başlıklara da aktarılmalıdır. Dolayısı ile, diyafram tasarımı bir bağlantı tasarımına dönüşür.

İç boşluklu döşemeler arasında kayma kuvveti aktarımı ara derzlere dökülen dolgu harcıyla, yani harç kenedi yardımı ile sağlanır. Öngeriilmeli

boşluklu döşemeler için boyuna derz harcı için ortalama yatay kesme dayanımının 1 kg/cm^2 ile sınırlanması tavsiye edilir. Bu değerin kontrollü agrega ve su/çimento oranı ile hazırlanmış harçların temiz derzlere yerleştirildiği haller için verildiği kabul edilmelidir. Söz konusu harcın yatay kesme etkilerine ilave olarak, çizgisel veya tekil düşey yüklerin elemanlarca paylaşılmasına ve ters sehim hizalamasına da çalışabileceği unutulmamalıdır.

Harç kesme gerilmelerinin yüksek olduğu hallerde, kesme kapasitesinin artırılması için,

- a) Panel - Panel ara derzi üzerinde yeteri sayıda boru parçalı veya donatılı kenetler oluşturulur. Şekil 2.12.



Şekil 2.12. Diyafram ara kenetleri.

- b) İçi boşluklu döşeme eleman uçlarındaki bağ hatılı donatısı tahkik edilir.

- c) Döşeme üzerinde bir yapısal kaplama teşkil edilir. Yapısal kaplama, öngerilmeli elemanlarda kaçınılmaz olan ters sehimde gözetilerek en az 40 mm kullanıldığında olur ve donatılır.

Betonarme donatısı, kesme kuvvetlerine karşı kullanıldığında kesme sürtünmesi esaslarına göre hesap edilir.

2.9.4. Kesme sürtünmesi

Farklı zamanlarda dökülmüş betonların temas yüzey ile mevcut veya olası çatlak düzlemlerinde kesme sürtünmesi hesabı yöntemlerinden yararlanılır.

Birleşimde, kayma kuvveti etkileyen beton kesitin çatladığı varsayılır. Çatlağa dik donatıda gelişen çekme kuvveti, varsayılan çatlağa dik bir basınç kuvveti etkiler. Basınç kuvveti ile beraber çatlak yüzey sürtünmesinin, kesit kesme dayanımını oluşturduğu kabul edilir. Döşeme elemanlar arasındaki kayma kuvvetinin;

- a) Donatılı enine bağ hatılı ile,
- b) Ara derzde oluşturulan donatılı kenetlerle,

Taşınabilmesi için bu yöntemle tasarım yapılabilir. Eleman mesnetlerine paralel olarak etkileyen kesme kuvvetlerine karşı bağ çubukları tasarımı da bu yöntemle yapılabilir.

Kesme sürtünmesi donatısı A_{sf} , prefabrikasyon ile ilgili Türk standartlarına göre aşağıdaki şekilde hesaplanır.

$$A_{sf} = \frac{V_d}{0.7f_{yk} \cdot m_e}$$

Normal betonlar için, $m_e = \frac{6.9\lambda^2 A_{cr} \cdot m}{V_d}$ ' dir.

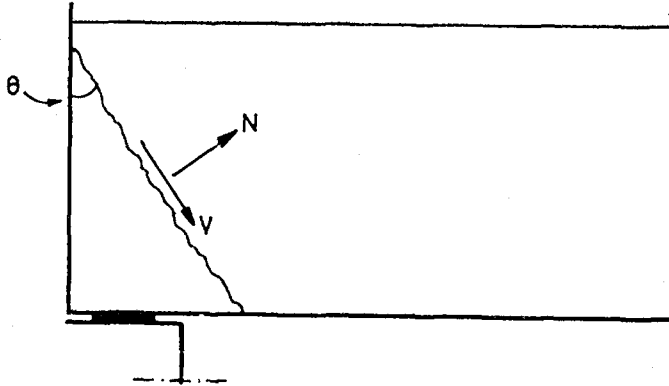
Normal betonlar için sürtünme katsayıları (m) Tablo 2.1.' de verildi.

Tablo 2.1. Normal betonlar için sürtünme katsayıları.

Temas yüzeyi	m	Maksimum V_d
Monolitik döküm	1.4	$0.30 f_{ck} A_{cr}$ en çok $6.9 A_{cr}$
Pürüzlü Beton	1	$0.25 f_{ck} A_{cr}$ en çok $6.9 A_{cr}$
Yüzeyine	1	$0.25 f_{ck} A_{cr}$ en çok $6.9 A_{cr}$
2 nci kademe döküm	0.4	$0.15 f_{ck} A_{cr}$ en çok $4.1 A_{cr}$
2 kademeli döküm	0.6	$0.20 f_{ck} A_{cr}$ en çok $5.5 A_{cr}$
Çelik üstüne döküm		

Ancak çatlak kontrolü yapılarak, çatlak oluşmuyorsa techizat gerekmez.

Çatlak kontrolü, çatlaması muhtemel A_{cr} çatlak yüzeyinde oluşacak asal gerilmelerin belli bir değerden küçük olup olmadığı araştırılarak yapılır. Şekil 2.13. Aşağıdaki şartlar sağlanmıyorsa techizat gereklidir. (T.S. 9967, 1992)



Şekil 2.13 Çatlak yüzeyi.

$$\gamma_{n1} \cdot \sigma_1 \leq \frac{0.75f_{ck}}{1.4 \cdot 12.5}$$

γ_{n1} , , katsayısı 1.2 alınabilir

$$\sigma_1 = \frac{1}{2} \sigma_c - \sqrt{\frac{\sigma_c^2}{2} + \tau^2}$$

$$\tau = \frac{3}{2} \cdot \frac{V}{A_{cr}}$$

$$\sigma_c = \frac{N}{A_{cr}}$$

A_{sf} teçhizatı çatlak yüzeyine dik doğrultuda ve gerekirse çelik yamalarla kaynaklanarak iki parçaya tamamen kenetlenmiş olarak yerleştirilmelidir.

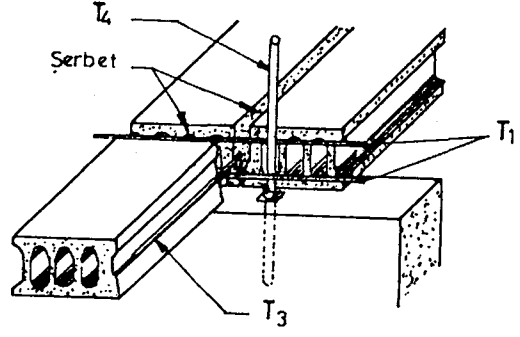
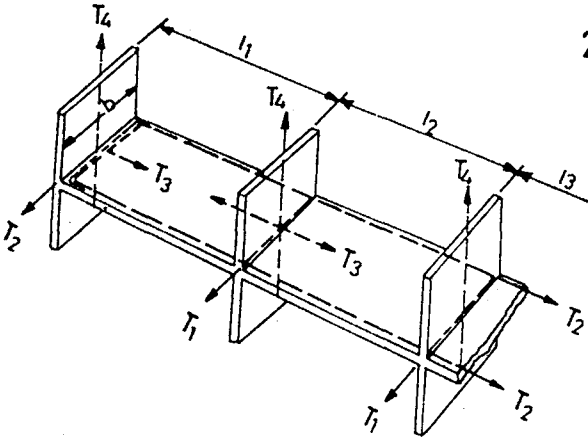
Temas yüzeyine dik bir H_d çekme kuvveti varsa, A_{df} ' inin yanı sıra

$$A_n = \frac{H_d}{0.7f_{yk}}$$

teçhizatı eklenmelidir. H_d , her durumda en az düşey mesnet reaksiyon kuvvetinin % 10' undan küçük olmamalıdır.

2.9.6. Bağ sisteminde en az teçhizat

Bölüm 2.9.1' de, bağ elemanı teçhizatlarının, taşıyıcı duvar veya kirişlere dik bağ elemanları dışında birisi üstte ötekisi altta olmak üzere en az 2Ø10 mm' lik techizattan oluşması gerektiğini söylemiştik. Bu teçhizat, aşağıda gösterilen T kuvvetlerini taşımalıdır. Şekil 2.14.



Şekil 2.14. Bağ sisteminde T kuvvetleri.

Techizat alanı, $A_s = \frac{T}{0.7f_{yk}}$ ' dir .

1. Ara taşıyıcı duvar ve kirişler üzerindeki bağ elemanlarında,

$$T_1 = 22 \times \frac{L_1 + L_2}{2}$$

2. Dış duvar veya kiriş üzerindeki her bir bağ elemanında,

$$T_2 = 70 \text{ (KN)}$$

3. Döşeme düzleminde, taşıyıcı duvar veya kirişlere dik bağ elemanlarında, bu duvar veya kirişlerin bir metresi için,

$$T_3 = 22 \text{ (KN)}$$

Bu kuvvete karşı konacak techizatlar, döşeme panoları kenarına konulabileceği gibi belirli aralıklarla da toplanabilir.

4. Düşey bağ elemanlarında,

$$T_4 = 44 \text{ (KN/m)} \times b$$

b= Techizatın konduğu taşıyıcının metre cinsinden plandaki uzunluğudur.

3. PREFABRİK ÖNGERİLMELİ İÇİ BOŞLUKLU DÖŞEME ELEMAN BAĞLANTILARI

3.1. Genel

İçi boşluklu döşeme elemanlar, direk veya indirek taşıyıcı yapıya bağlanmalıdır.

Yapısal bağlantılar, özellikle taşıyıcı bağlantıları yapısal bütünlük ve çökme esnasında dükdiliteye yönelik tasarlanmalı ve detaylandırılmalıdır. Bağlantılar büyük yükleme deformasyonlarına dayanmalı, ankraj veya yarıma kayıplarından dolayı kırılma zararlarından kaçınılmalıdır. Yapısal bağlantıların çökmeye karşı tasarımı, muhtemel çökmeler ve min. ihtiyaçların analizleri üzerinden temel alınabilir.

Mümkün olan ikinci derece yüklerle ilgili, muhtemel çökmeler analiz edilerek, bağlantıların, gerekli direnci, şekil değiştirme enerjisini ve deformasyon kapasitesini tamamlayıcı şekilde tasarlanması ve detaylandırılması sağlanır.

Binada büyük yer değiştirmeler olsa bile taşıyıcıların ayakta kalmasının büyük önemi vardır. Şayet döşeme elemanların çökmesi önlenemiyorsa, katlarda kademeli bir çökmeye ön ayak olur. Bunun önlenmesi için , içi boşluklu döşemeler, taşıyıcılara vidalar, üzengiler veya taşıyıcı yapısına demirlenen bağ demirleri (çubukları) tarafından bağlanabilir. Ayrıca, döşeme elemanlar, taşıyıcı yapısı boyunca dağılan düzenli bağ tarafından taşıyıcıya katlarda bağlanırsa enine bir bağ kirişi olarak bağlanabilir.

Yapısal bağlantıların, bölüm 2.9.5. Şekil 2.15' deki gerilme gücüne, kenar ve duvar paneller arasında ve içi boş döşemeler arasında en az 22 KN/m ve kenarlar arasında en az 70 KN/m ' ye sahip olması gerektiğini belirtmiştik. Bu gerilme gücüne sahip bağlantılarda, enine yöndeki min. kuvvetlendirme kenarlarda ve orta taşıyıcılarda toplanır, bununla beraber min. kuvvetlendirme,

tüm döşemeye dağılmalıdır. Uzunlamasına yöndeki min. kuvvetlendirmede bağ çubukları tercihen beton gövdesine yerleştirilmelidir. Sulu harçlı birleşimle de ankraj kabul edilir.

Sulu harçlı birleşimlere, demirlenen bağ çubukları için aşağıdaki ihtiyaçlar karşılanmalıdır.

- a) Bağ çubuğu, kancalar ile donatılmalı,
- b) Uzunlamasına birleşiminin birleşim yüzeyi, dikey çentikler (çukurlar) ile donatılmalıdır.

Sulu harçlı birleşime, bağ çubukları demirlendiğinde, yanlış doldurma ve çubukların yetersiz yerleştirilmesinden dolayı, ankraj kapasitesinin azalması ve kaybolması riski doğabilir. Bunu önlemek için kullanılan bağ çubuklarının uçları kanca şeklinde son bulmalıdır. Ayrıca çökmeler, çatlama ve gevşeme yapabilir. Bağ çubuklarının etkisi kaybolabilir, yine bu sebepten ankrajın beton gövdesine yapılması tercih edilir.

Bağlantılarda, deformasyonlara göre sıcak çekilmiş nervürlü çubuklar ve yumuşak çeliğin düz sıcak çekilmiş çubukları kullanılabilir. Düz bağ çubuklarının uçları kancalar ile şekillendirilmelidir.

3.2. Tasarım İlkeleri

İçi boşluklu döşeme elemanların, performansını yeter derecede temin etmek için uygun bağlantılar dizayn etmek ve ifade etmek çok önemlidir. Bağlantılar yapısal bütünlük sağlamalıdır. Bağlantılar,

- a) Taşıyıcı yapısına içi boşluklu döşeme elemanları bağlamak için,
- b) Sabit sisteme gerilme gücü transferi için, gerilme gücü, rüzgardan, dikey apısal elemanlardan, destekli yüklerden, deformasyon zorlamalarından meydana gelir,
- c) Uzunlamasına ve enine birleşim ara yüzeyinde yeterli kesme kapasitesini kurmak için,

- d) Birleşimlere demirlenen bağ çubuklarından meydana gelen yarma etkilerini dengelemek için,
- e) Sünme, büzülme, sıcaklık değişiklikleri ve diferansiyel denkleştirme etkilerini dengelemek için,
- f) İçi boşluklu döşemelerin hem uzunlamasına hemde enine yöndeki yatay gerçek yer değiştirmeleri önlemek için tasarlanır. (Tellord, 1988)

Bağlantıların tasarımı, yapıda bütünlüğe ve dükdiliteye yönelik olmalı ve döşeme elemanlara göre tasarlanmalı ve detaylandırılmalıdır. Taşıyıcılarda istenilmeyen zorlama etkileri de düşünülmelidir.

Eğer birleşim yüzeyi pürüzlü ve ayırıcı yüzey basınç zorlamasına maruzsa çekme gücü, birleşim ara yüzeyinde sürtünme yoluyla nakledilebilir. Bu mekanizma, kesme transferi için kesme sürtünme etkisini oluşturacaktır. Basınç kuvvetinin gerekli bir seviyesi, normalde ayırıcı yüzeyi, çarpazlama kuvvetlendirilmiş çubuklar tarafından donatır.

Herhangi bir zorlama kuvveti meydana geliyorsa; büzülme, sünme ve sıcaklıktan dolayı oluşan hareketler tasarımda düşünülmelidir.

İçi boşluklu döşeme elemanlar, uzunlamasına kuvvetlendirilmediği için olağan kuvvetlendirilmiş beton döşemelerden doğan zorlama etkilerine çok hassastır. Zorlama etkileri, bağlantıların tasarım ve detay hesabında dikkatli alınmalıdır.

3.3. Döşeme Bağlantı Tipleri

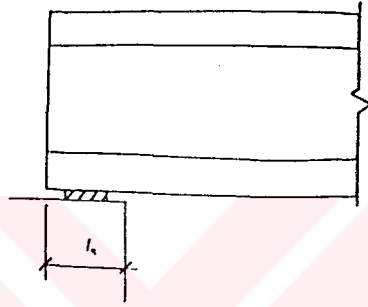
İçi boşluklu döşeme eleman bağlantıları iki ana kategoriye bölünebilir.

- a) Taşıyıcı bağlantıları
- b) Uzunlamasına birleşim bağlantıları

Taşıyıcı bağlantıları; yapının taşıyıcı sistemi ile içi boşluklu döşemeler arasındaki bağlantılardır. Uzunlamasına birleşim bağlantıları ise; içi boşluklu döşemeler arasındaki bağlantılardır.

3.4. Taşıyıcı Uzunluk

Uzunlamasına yöndeki içi boşluklu döşeme elemanların, taşıyıcı uzunluğu " l_s ", min. bir tasarım değerine sahip olması gerekir. Şekil 3.1. Bu tasarım değeri, problemlere tolerans tanımalı ve içi boşluklu döşeme elemanların ve taşıyıcıların taşıma kapasitesini karşılayabilmelidir.



Şekil 3.1. Boşluklu döşeme panel taşıyıcı uzunluğu

Eğer tasarım kesme gücü, döşeme panellerin kesme gücü kapasitesinin % 50' si veya daha az ise taşıyıcı uzunluk tasarım değeri orta duvar - döşeme bağlantılarında azalabilir. Azalan tasarım değeri, normal tasarım değerinin $2/3$ ' ünden az olmamalı ve 60 mm' den az olmamalıdır.

Tasarım değerinin $3/4$ ' ü min. Bir değer olarak kabul edilebilir. Bu toleranslar için limit bir değerdir.

Taşıyıcı uzunluğunun, normal dizayn değeri, tolerans düşünülen problem ve içi boşluklu döşeme elemanların taşıma kapasitesine göre normalde 70 - 100 mm olarak alınır. Bununla beraber, taşıyıcı boyunca kontak bölgesinin homojenliği taşıma kapasitesini etkileyecektir. Bu sebepten taşıyıcı ya içi boşluklu döşeme elemanların tüm genişliği boyunca bir taşıma şeridi ile

donatılmalı ya da içi boşluklu döşeme eleman, taşıyıcıya bir harç yatağı üzerinde yerleştirilmelidir.

Mesnet yastıkları dediğimiz bu harç yatağı, betonarme kiriş ve yığma duvar hatıllarındaki mesnet bölgesi pürüzlerinin olumsuz etkisinin giderilmesi ve montaj sırasındaki yerleştirme, yanaştırma işlemlerinin sağlıklı yapılabilmesi için kullanılır. Çelik taşıyıcılar üzerinde mesnet yastığı gerekmez.

Çimento harçlı yastık her türlü şartlarda kullanılabilir. Ayrıca normal ve kuru şartlarda, 4 mm kalınlıkta kaplamalı sunta, devamlı rutubet olan yerlerde ise neopren vb. malzemeler tavsiye edilir.

Kurma esnasında, içi boşluklu döşeme elemanlar, birleşim bölgelerindeki çatlak tesirlerini önlemek için taşıyıcılara dikkatlice yerleştirilmelidir.

3.5. Bağ Düzenlemeleri

Uzunlamasına ve enine yöndeki bağ düzenlemeleri yapısal bütünlüğü gerçekleştirmeli ve diyafram hareketi hususunda gerekli ihtiyaçları, enine yük dağılımını, diferansiyel dengeliği ve deformasyon zorlamasını karşılamalıdır. Döşemedeki gerilme gücü, uygun düzenlenen bağlar vasıtasıyla sabit sisteme aktarılmalıdır.

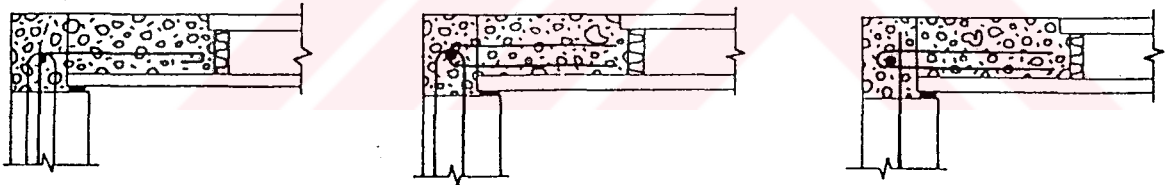
Enine ve uzunlamasına birleşim ara yüzeyinde, kesme sürtünme etkisi vasıtasıyla kesme kuvveti aktarıldığında, ayırıcı yüzeye dikey bağ hareketi sağlanmalı ve gerekli gerilme kuvveti kapasitesi, bağların dizaynına eklenmeli, uzunlamasına birleşimlerde yatay ve dikey kesmenin mümkün olan kombinazonu düşünülmelidir.

Bağ düzenlemeleri, çökmeye karşı yapıldığında, bölüm 2.9.5. ' deki gerilme kuvveti kapasitelerini karşılamalıdır.

Yüksekliği az olan küçük binalarda, döşeme açıklığı kısadır ve olası çökme sonuçları küçük olacaktır. Bağlantılar, zayıflama ile yada bağ düzenlemeksizin olarak bu tür binalarda düzenlenebilir.

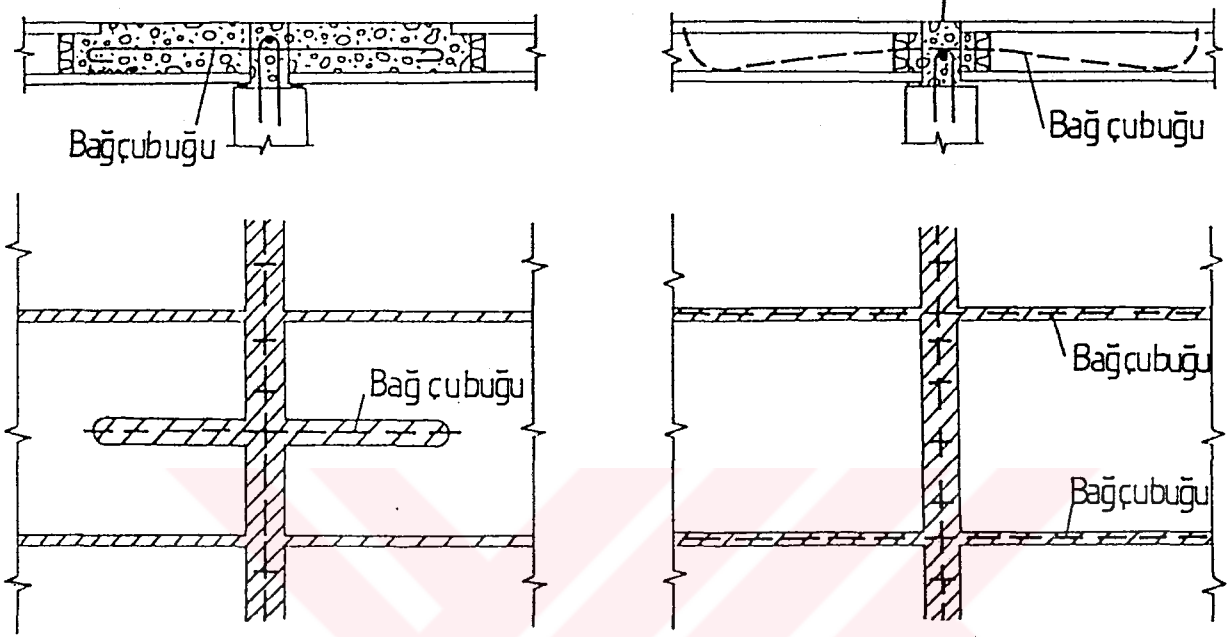
Herhangi bir bağ düzeneksiz, bağlantılar, döşemelerin diyafram hareketi vasıtasıyla düşey yük dağılımı ya da stabilite üzerinde herhangi bir isteği karşılayamayacaktır. Böylece bina, tesadüf yüklere ve çökmeye hassas olacaktır. Bununla beraber, bağlantılar daima taşıyıcı uzunluğuna göre ihtiyaç olan taşıyıcı düzenlemesini karşılamak için detaylandırılmalı ve gerekli olduğunda taşıyıcı zorlama etkileri de düşünülmelidir.

Kesme sürtünmesi hakkında bağların gerekli gerilme kuvveti kapasitesi uygun bir kesme sürtünme modeli vasıtasıyla çözülebilir. Eğer bağ kirişi betonu, gövdeye akarsa, enine birleşim ara yüzeyinde kesme - çözümü olarak kabul edilir. Şekil 3.2. Bununla beraber bağ çubuksuz gövdeler için beton doldurulması, taşıyıcı uzunluğu içinde son bulmalıdır.



Şekil 3.2. Bağ düzenlemeleri (kenarda)

İçi boşluklu döşeme elemanlar, taşıyıcıya veya uzunlamasına bağ kirişleri vasıtasıyla bitişik döşemeye bağlanmalıdır. Bağ çubukları panellerin beton gövdesine veya paneller arasındaki sulu harçlı uzunlamasına birleşimlere demirlenebilir. Şekil 3.3. Orta birleşimlerde, bağ çubukları enine birleşime karşı yerleştirilmesi tavsiye edilir.



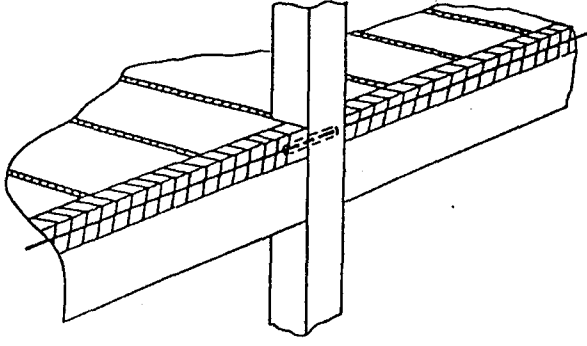
Şekil 3.3. Bağ düzenlemeleri (ortada)

Uzunlamasına bağlar, eşit dağılmalı ve bağlar arası mesafe kenar taşıyıcılarda 1.2 m ve orta taşıyıcılarda 2.4 m ' yi geçmemelidir.

Enine bağ kirişleri, normalde, taşıyıcılarda enine birleşim betonlama şekli vasıtasıyla ve döşemelerin enine kenarları boyunca şekillenir. Şekil 3.2 , 3.3. Döşemde tanımlanan enine gerilme, bağ kirişlerine, ayırıcı yüzeydeki kesme vasıtasıyla aktarılmalı ve bağ kirişleri, içi boşluklu döşemelere bağlanmalıdır.

Eğer bağ kirişleri aralıklı ise tedbirler gerilme kuvveti transferini düzenlemek için alınmalıdır. Örneğin, enine kuvvetlendirilmiş çubuklar

kolonlara sulu harçlı delikler boyunca vidalanır veya yuvalara vidalanarak sabitleştirilir. Şekil 3.4.



Şekil 3.4. Bağ düzenlemeleri

3.6. Taşıyıcılardaki Sıkıştırma (Zorlama)

Taşıyıcılardaki, kasıtlı yapılmayan zorlama etkileri, tasarımda ve taşıyıcıya yakın etkisiz kesmenin başladığı olası çatlak zorlamalarını önlemek için taşıyıcılarda, bağlantı detaylandırılması için düşünülmelidir. Taşıyıcılarda meydana gelen zorlama, içi boşluklu döşeme elemanların dayanımı ile karşılaştırılmalıdır. İçi boşluklu döşeme elemanların özellikle birleşim bölgeleri ve bağlantıları, dayanım sonuçlarıyla analiz edilmeli, olağan yüklemenin ve öngerilme hesabında alınmalıdır.

Taşıyıcılardaki olası zorlamanın etkileri tahmini hesaplandığında aşağıdaki sebepler düşünülmelidir.

- a) Taşıyıcılara, içi boşluklu döşeme elemanların bitiminde duvar yüklerin getirdiği sıkıştırma etkisi,
- b) İçi boşluklu döşeme elemanların, üst ve alttaki duvar paneller arası ayırıcı yüzeyde, sürtünme olması,

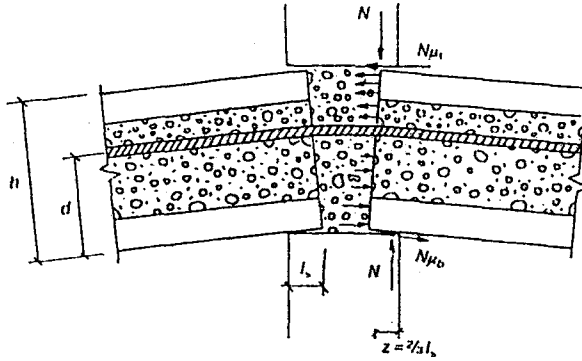
- c) İçi boşluklu döşeme elemanların yüzey bitimi ve birleşim betonu arasındaki yapışkan bağı veya enine birleşimdeki sulu harcın etkisi,
- d) Panellerin yüzey bitiminden itibaren, panellerin gövdesine az bir mesafe kadar akmasına müsaade edilen birleşim betonu vidalama işlemi etkisi,
- e) İçi boşluklu döşemeler arasında veya içi boşluklu döşeme ile taşıyıcılar arasındaki bağ düzenlemeleri etkisi.

Eğer sıkıştırma etkisi ile meydana gelen kuvvetin etkisi düşünülmezse içi boşluklu döşeme elemanların üstünde çatlaklara sebep olabilir. Etkili öngerilme kuvveti, taşıyıcı yayılma uzunluğu içinde, açıklıktan dolayı meydana gelen olası çatlakları önlemek için yetersiz olabilir ve hemen panellerin yatay kesiti içine işler. Derin bir çatlak, içi boşluklu döşeme elemanların kesme kapasitesinde dikkat çeken bir azalma meydana getirecektir.

Max. sıkıştırma momenti,

$$M = \left(\frac{\mu_t + \mu_b}{2} \right) N \cdot h + \frac{2}{3} N L_s + f_{ctj} \cdot W_{cj} \quad \text{ile hesap edilir.}$$

Şekil 3.5. (Tellord, 1988)



Şekil 3.5. Bağ düzenlemesinde sıkışma

Döşemenin, aksenal bir çekme gücünün olması da düşünülmelidir. Aksenal bir çekme kuvveti,

$F=(\mu_t + \mu_b) \cdot N + f_{ctj} \cdot A_{cj}$ ile hesap edilir. (Tellord, 1988)

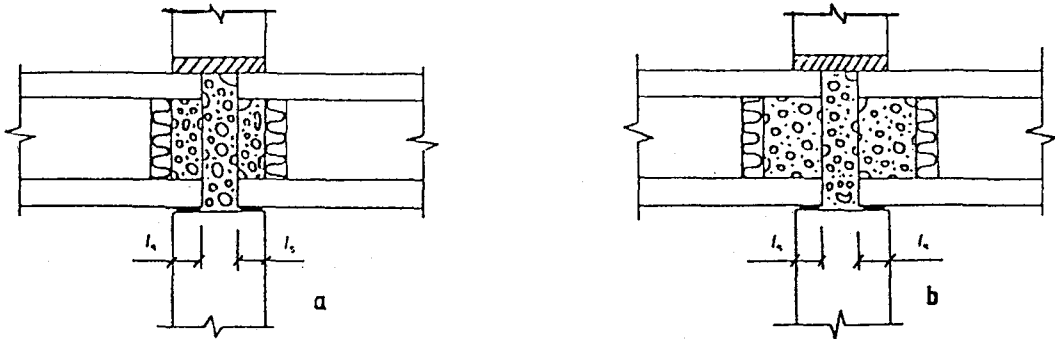
Döşeme ara yüzeyinin bağ dayanımı, birleşim betonunun veya sulu harcın çekme dayanımı kadar yüksek olabilir. Aşağıdaki tedbirler her zaman olası zorlamanın negatif etkilerini önlemek için alınmalı,

- a) İçi boşluklu döşeme panellerin, yatay kesitinin ani değişimi taşıyıcıya yakın kritik bölgede kaçınılmalı, böylelikle çatlak meydana gelmez. Kritik bölgenin uzunluğu, öngerilme kuvvetinin yayılma uzunluğuna eşdeğer olmalı,
- b) Bütün döşeme, paneller arası dikey yük dağılımına imkan verecek şekilde yapılmalıdır.

Aşağıdaki tedbirlerde dayanımın aktif durumuna bağlı olarak, kritik bölgedeki etkisiz kesme riskini azaltmak için alınmalıdır.

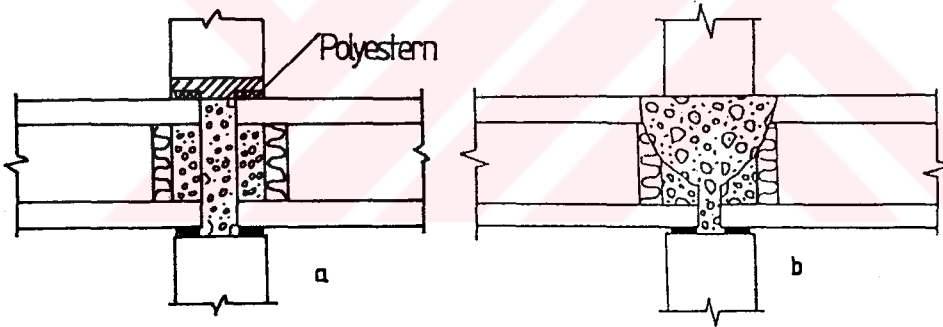
- a) Zorlama (Sıkıştırma) içi boşluklu döşeme panellerin dayanımı ile kabul olunur bir değeri karşılaştırmak için azaltılabilir.
- b) Döşeme, beton gövdesine demirlenen bağ veya sulu harçlı birleşim vasıtasıyla kritik bölgede güçlendirilebilir.
- c) Bağ çubukları, kritik bölgedeki herhangi bir çatlak kesitinde elastik yük transferi için yerleştirilebilir.

Döşeme panellerin üst yüzeyindeki enine yarıklar, gövdedeki yanlış beton doldurma, bağ çubuklarının yanlış sonuçlandırılması, içi boşluklu döşemelerdeki olası büzülme tarafından, çatlaklar meydana gelebilir. Örneğin; gövdedeki beton doldurmanın bitimi, içi boşluklu döşemede bir ara oluşturacak ve çatlak için potansiyel bir düz yüzeye yol açacaktır. Şekil 3.6.(a) Bu sebepten, bağ düzenlemesiz gövdelerde beton doldurma taşma uzunluğu içinde son bulmalıdır. Şekil 3.6.(b)



Şekil 3.6.(a)(b) Bağ düzenlemede, betonlama

Zorlama, (Sıkıştırma) max. bir değer için içi boşluklu döşeme elemanlar üzerinde limit bir duvar yükü vasıtasıyla azaltılabilir. (Döşeme sayısının azaltılması) veya duvar yükü, içi boşluklu döşeme elemanların üst kenarlarının üzerine yerleştirilen yumuşak birleşim malzemesiyle içi boşluklu döşemelere aktarılabilir. Şekil 3.7 (a) veya içi boşluklu döşeme elemanların üst kenar köşeleri yok edilebilir. (Meyilli bitiş) Şekil 3.7. (b) Her iki durumda sıkıştırma etkisinden kaçınılacaktır. Bununla beraber, yük taşıma kapasitesi ilk durumda azalacaktır. Çünkü dikey yüklerin transferi için etkili kısım , sadece birleşim genişliği tarafından sağlanacaktır.



Şekil 3.7.(a)(b) Bağ düzenlemede, duvar yükünün aktarılması

3.7. Uzunlamasına Birleşimde Bağlantılar

3.7.1. Uzunlamasına ortadaki birleşimler

İçi boşluklu döşeme elemanlar arasındaki uzunlamasına ortadaki birleşimler, hem yatay hem de düşey yöndeki kesme kapasitesi yeterliliğini sağlamak ve bitişik döşeme paneller arasındaki gerçek yer değiştirmeler için tasarlanır ve detaylandırılır. Yatay ve düşey kesmenin mümkün olan kombinezonu tasarımda düşünülmelidir.

Uzunlamasına birleşimlerdeki, kesme kapasitesi ihtiyacını karşılamak için aşağıdaki tedbirler alınmalıdır.

- a) Birleşim yüzeyleri, sürtünme veya olası birbirine geçme tarafından kesme kuvveti transferi yapmak için bölüm 2.7.' ye göre geometrik ihtiyaçları karşılamalı,
- b) Çatlaklı birleşim, birleşim ara yüzeyi boyunca kesme sürtünme etkisi ihtiyacı için tasarlanan enine kuvvetlendirme vasıtasıyla kontrolsüz açıklıklarda önlenmeli, Enine kuvvetlendirme, döşemenin ve enine birleşim kenarlarında, bağ kirişi üzerinde, betonla çözülebilir,
- c) Birleşim boşluğu sulu harç ile komple doldurulmalı ve sulu harcın kalitesi en az BS 20 olmalı.

3.7.2. Kenar birleşimlerde bağlantılar

Döşeme ve sabit sistem arasındaki bağlantılar birleşim ara yüzeyi boyunca yatay kesme vasıtasıyla sabit kuvvet transferi için tasarlanmalı. Bağlantılar, enine bağ çubukları ile sağlanmalı veya gerekli olan etkileşime imkan veren üzengiler ile sağlanmalıdır. Enine bağ çubukları veya üzengiler 4.8. m' yi geçmeyen mesafe ile ara yüzey boyunca dağılmalı.

Eğer içi boşluklu döşeme elemanlardaki oyuklar, bağ çubuklarının ankrajı için gerekli ise, bu oyuklar, çatlak sebeplerini oluşturduğu için mümkün olduğu kadar küçük olmalı. Yüksek kesme kuvveti, sabit sisteme yayıldığında en dıştaki içi boşluklu döşemenin oyuklarında, gevrek kırılmayı önlemek için enine üst kuvvetlendirme ile donatılmalıdır.

Bu birleşim bağlantılarının amacı, sabit sistemde çekme gücü transferini sağlamak yani; diyafram hareketi ve enine yöndeki düşey yük dağılımıdır.

3.7.2.1. Enine kuvvetlendirme

Kesme - sürtünme etkisine dair gerekli miktar enine kuvvetlendirme, ara yüzey boyunca farzedilen başlangıç çatlakları için bölüm 2.9.4' deki kesme - sürtünme modeli tarafından hesap edilebilir.

3.7.2.2. Birleşim sulu harcı

Taze sulu harç çok katı olmamalı, komple doldurmaya imkan vermeli. Diğer yandan, sulu harç, sızıntılar ve olası yerleşme sonuçları veya boşluklar için de çok akıcı olmamalı. Birleşim sulu harcı, büzülmeden dolayı çökelme ve çatlakları önlemek için dizayn edilir.

Sulu harçlı birleşim yapılmadan önce, birleşim alanı hava basıncı ile temizlenmeli ve birleşim yüzeyleri kuru olmalıdır. Birleşimin, bir işlemde bütün yüksekliliği dolmalıdır. Soğuk havalarda harcın donmaması için tedbirler alınmalıdır. (Tellord, 1988)

3.8. Taşıyıcı - Döşeme Birleşim Bağlantıları

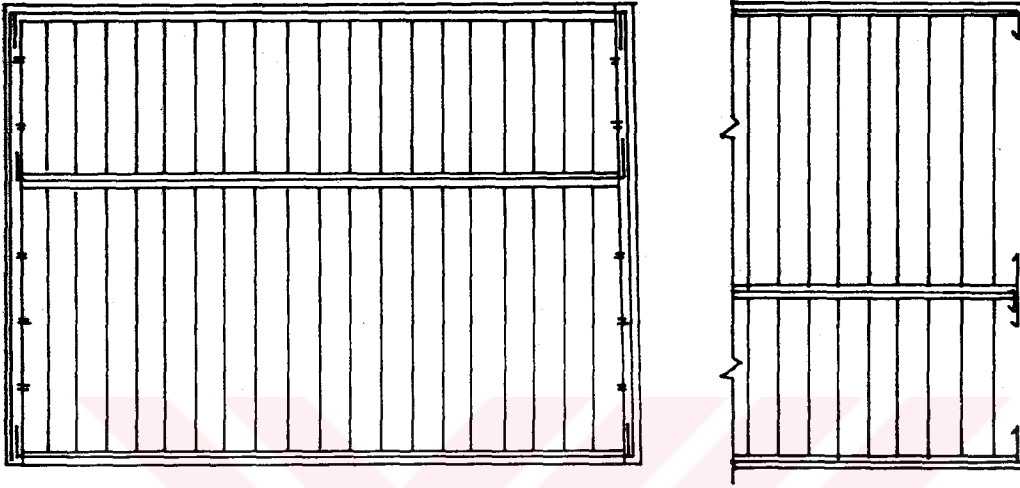
3.8.1. Bağ kirişlerinin enine yerleşimi

Enine yerleştirilen bağ kirişleri çekme ve kesme transferini karşılamak için yeterli ölçülere sahip olmalıdır. Yüksek bağlantı yeteneğine sahip yivli çubuklar, enine kuvvetlendirmeiin kullanılabilir.

Bağ kirişlerinin, çekme kuvveti kapasitesi, sulu harçlı birleşimlere demirlenen uzunlamasına bağ düzenlemeleriyle aynı olmalı. Kenar taşıyıcılarda, enine yerleşen bağ çubukları özel bağ düzenlemeleriyle hem döşeme panellerine hemde taşıyıcılara bağlanmalıdır.

Çkmeyi önlemek için ortadaki bağ kirişleri çerçeve veya vida pimleriyle taşıyıcılara bağlanır. Bağ ubuğu ve taşıyıcı arası bağlantı, döşeme paneller ve bağ kirişi arası bağlantı gibi en az aynı çekme kuvveti kapasitesine sahip olmalı.

En dıştaki bağ kirişinin bitiminde, enine kuvvetlendirilmiş çubuklar herhangi bir sabit sisteme muntazamşekilde demirlenmelidir. Şekil 3.8. Serbest kenar durumunda, en dıştaki döşemenin gövdesine demirlenmelidir. Şekil 3.9.



Şekil 3.8. Bağ kirişlerinin enine yerleşimi **Şekil 3.9.** Bağ kirişlerinin enine terleşimi

Bağ kirişinin genişliği, betonun ve ankrajın uygun bir yerleşimini sağlamak için en az 40 mm olmalı. Eğer mesafe yeterli değilse, örneğin; dar duvar taşıyıcılar veya diğer sebepler için, enine bağ kirişi fonksiyonu, taşıyıcı yapısı vasıtasıyla gerçekleştirilebilir.

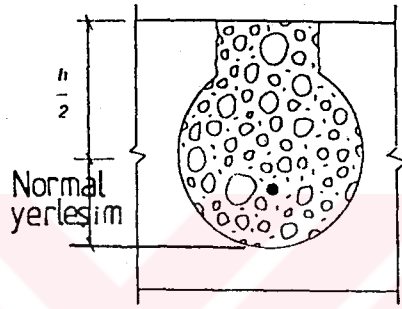
Düşey kuvvetlendirilmiş çerçevede, taşıyıcıya bağ kirişini demirlemek için vida pimleri tercih edilir. Genelde kenar taşıyıcı birleşimlerinde kullanılır. (Tellord, 1988)

3.8.2. Uzunlamasına bağ çubuklarının döşemeye ankraji

(i) Beton gövdesine indirek ankraj;

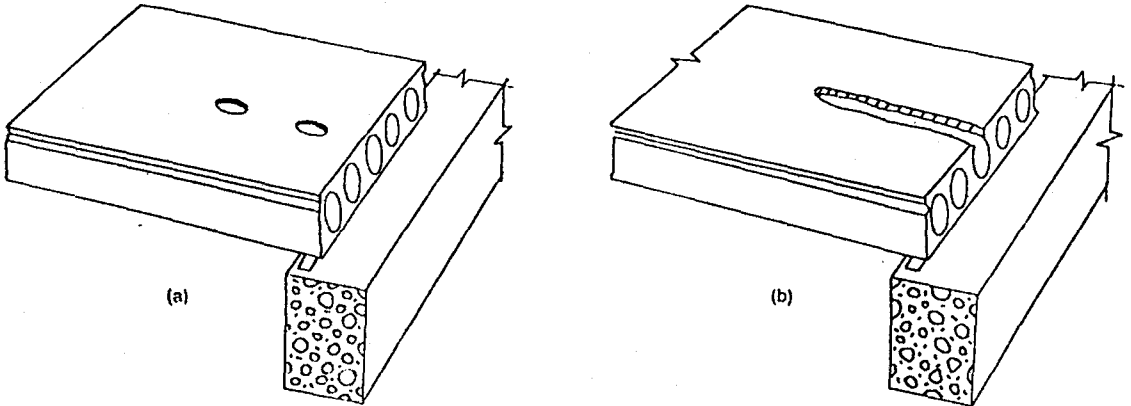
Betonlamadan önce, gövde, betonun boşuna sarfedilmemesi için temiz olmalı ve ayırıcı yüzey kesme transferi için ıslak olmalıdır.

Bağ çubukları; gövde, küçük delik boyunca betonlandığında, bağ çubukları ve gövdenin üstü arası serbest mesafe normalde en az 40 mm olmalı, bağ çubuğu orta derinlik altına yerleştirilmeli. Şekil 3.10.



Şekil 3.10. Bağ çubuğunun döşemeye ankraji.

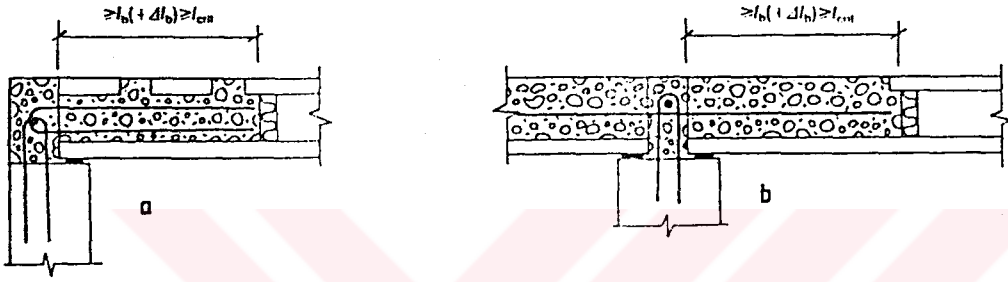
Ankraj, bağ çubuğunun ankraj uzunluğu, akma yüküne karşı yeterli olmalı. Çökmeye karşı ankraj uzunluğu, bağ çubuklarının kırılma yükünü karşılaması için, dL_b ile artırılabilir. Şekil 3.11. Ayrıca, bağ çubuğu taşıyıcıya yakın kritik bölgede (L_{crit}) son bulmalıdır.



Şekil 3.11. (a)(b) Bağ çubukları için döşeme oyukları ve delikleri

Gövdeyi betonlamak ve bağ çubuklarının yerleştirilmesi için içi boşluklu döşemede açılan oyuklar mümkün olduğu kadar küçük olmalı. Oyuklar, delik yada yarık şeklinde olabilir. Şekil 3.11. (a), (b). Oyukların negatif etkileri, taşıyıcı bağlantılarının tasarımında düşünülmelidir.

Gövde betonu içindeki, doldurulmuş beton ve bağ kirişleri asla kritik bölgede son bulmamalıdır. Şekil 3.12. Kritik bölgenin uzunluğu L_{crit} , öngerilme kuvvetinin yayılma uzunluğuna eşdeğer olarak alınmalıdır.



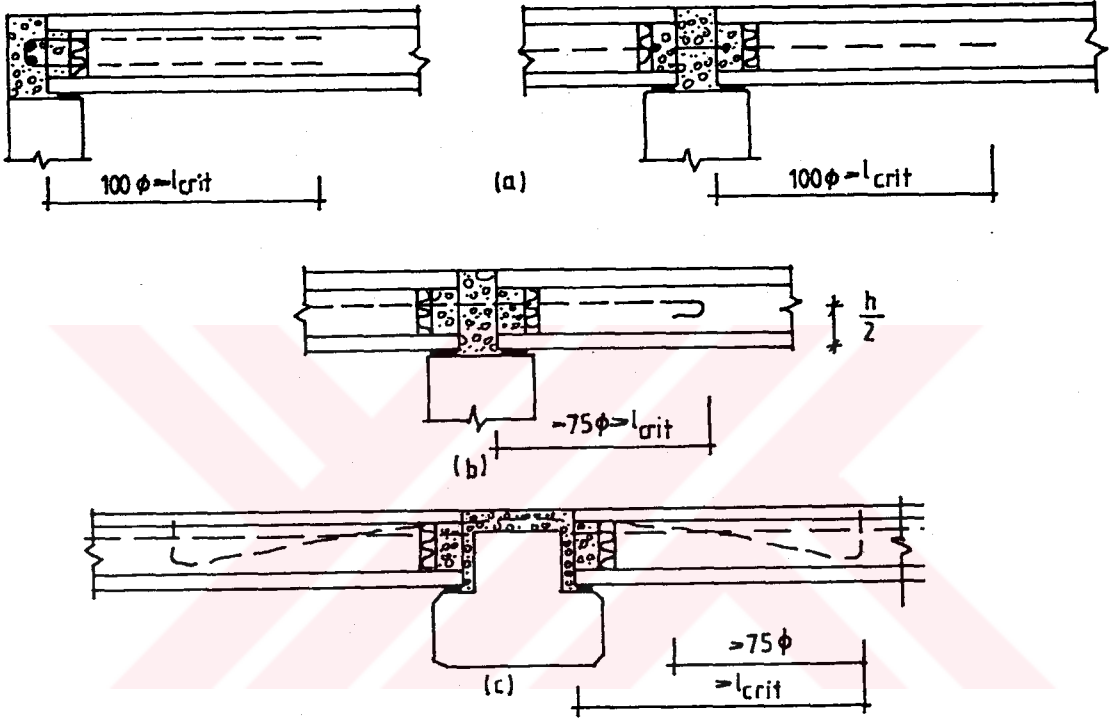
Şekil 3.12.(a)(b) Taşıyıcı ve döşeme arasındaki kritik bölge.

(ii) Uzunlamasına sulu harçlı birleşimlerde indirek ankraj;

Birleşim geometrisi Bağ çubuğu seviyesinde birleşim genişliği tam bir bağ oluşumuna imkan vermeli ve bağ çubuklarını komple sarmalıdır. Birleşim yüzeyi pürüzlü olmalı veya bölüm 2.7.' ye göre düşey çukurlar (çentikler) ile donatılmalıdır.

Bağ çubuğu seviyesinde min. birleşim genişliği gerekli fonksiyonları karşılamak için çubuk çapının iki katı olarak alınmalı, fakat 25 mm' den az olmamalıdır. Bağ çubukları en az 40 mm' lik bir alt örtüye sahip olmalı. Bağ çubukları tercihen orta derinliğe yerleştirilmelidir. Bağ çubukları, orta taşıyıcı üzerindeki bağlantılarda, taşıyıcı üzerinden bağ çubuklarının yerleşimi gerekmektedir. Şekil 3.13. (c) Bununla beraber, bağ çubuklarının bitimi, ankraj bölgesi ile ankraj uzunluğu içine tamamen demirlenmelidir.

Birleşime demirlenen bağ çubuklarının akma yükü 80 KN' u geçmemeli. Eğer bağ çubuklarının akma yükü 30 KN veya daha az ise düz çubuklar kabul edilebilir. Toplam ankraj uzunluğu en az $100 \times \phi$ olmalıdır. Şekil 3.13 (a). Eğer akma yükü 30 KN' u geçerse bağ çubuklarının uçları, kancalarla şekillenmeli. Toplam ankraj en az $75 \times \phi$ olmalı ve çubuklar orta derinliğe yerleştirilmelidir. Şekil 3.13. (b), (c) (Tellord, 1988)



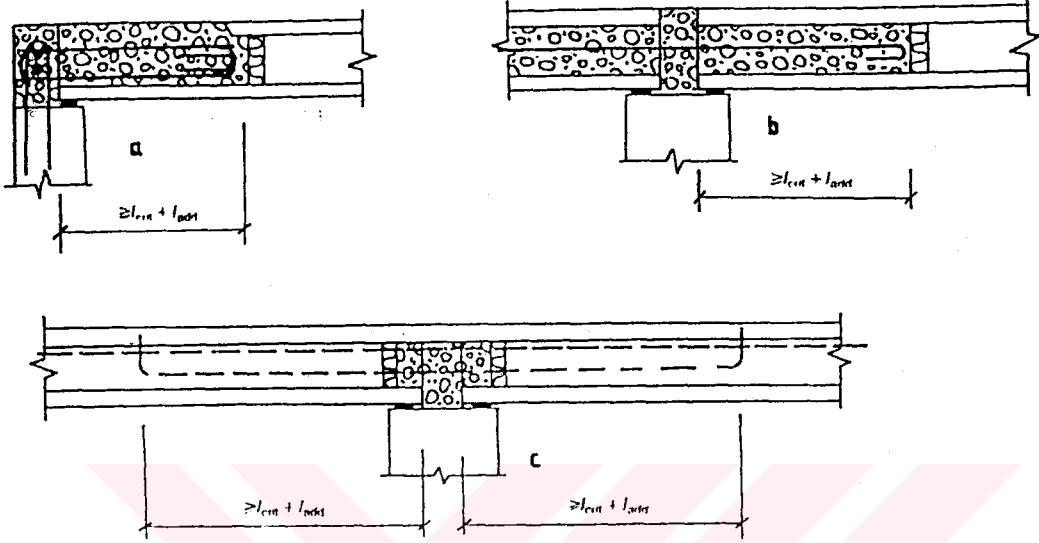
Şekil 3.13. (a)(b)(c) Taşıyıcı ve döşeme arasındaki kritik bölge uzunlukları

3.8.3. Kritik bölgede, döşemenin kuvvetlendirilmesi

Bağ çubukları, beton gövdeye, taşıyıcı sıkıştırmasıyla ilgili döşemeyi kuvvetlendirmek için sulu harçla birleşime tesbit edilir. Bu durumda, bağlar; kritik bölgedeki herhangi bir çatlak durumunda akma yükünün transferi için oluşturulur.

Taşıyıcıdaki sıkıştırmaya dair, döşeme kuvvetlendirildiğinde, bağ çubukları, negatif eğilme momenti kapasitesini karşılamak için panellerin orta derinliğine, yük akışına göre yerleştirilmeli.

Kritik Bölgede, döşemenin kuvvetlendirilmesi için ek bir ankraj uzunluğu, “ L_{add} ” beton veya sulu harç ile içi boşluklu döşeme elemanlar arasındaki ayırıcı yüzeyde kesme transferini sağlayabilir. Şekil 3.14.



Şekil 3.14.(a)(b)(c) Kritik bölge için ek uzunluk

Ek ankraj uzunluğu;

$$L_{add} = \frac{F_{st}}{f_{ct} u} \quad \text{olarak hesap edilebilir.}$$

Ek ankraj için düz çubuklarda kullanılabilir. Bu durumda beton gövdesine ankraj için;

$$L_{crit} + L_b (\Delta L_b) \quad \text{ve}$$

sulu harç birleşimdeki ankraj için;

$$L_{crit} + 100 \varnothing \quad \text{olarak hesap edilebilir.}$$

3.9. Özel Durumlar

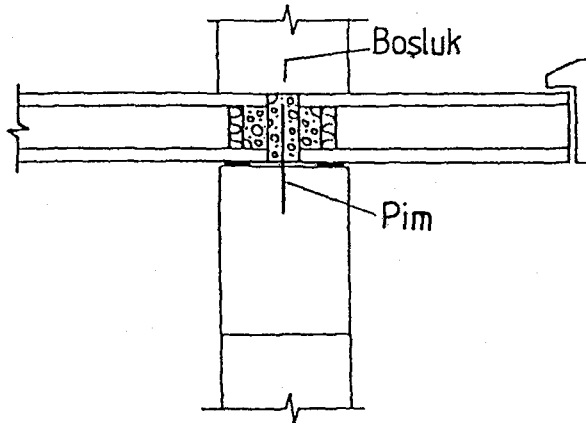
Standart içi boşluklu döşeme kesit ve kapasiteleri bölüm 5.1.' de verilmişti. Bu kapasitenin bulunmasında beton kalitesi BS 30 (300 kg / cm²) olarak alınmış ve belli bir donatı düzeni gözetilmiştir.

Özel durumlarda üretime çeşitleme getirilebilir.

- Beton BS 30 yerine, BS 40 ve BS 45 kalitede üretilebilir. Böylelikle daha büyük açıklık geçme ve büyük yük taşıma imkanı açılır.
 - Öngerme donatısı düzeni değiştirilerek kapasite artırılabilir.
 - Özel boşluk düzenleriyle alt üst başlık kalınlıkları artırılabilir. Yüksek yangın dayanımı için gerekli olan dış yüzey ile donatı eksenleri arası boyut büyütülmüş olur.
 - Boşluk sayısı azaltılarak, boşluklardan geçen kesitteki dolu beton alanı yükseltilebilir. Elemanın kesmede taşıma kapasitesi artacaktır.
 - Herhangi bir nedenle istendiğinde dolu olarak üretilebilir.
 - Normal Portland Çimentosu yerine Sulfata dayanımlı çimento ile üretim mümkündür. Bu tip çimento ile yapılacak üretim, deniz suyu veya sülfatlı zeminlerin etkisine açık olan kullanımlarda gerekli olacaktır.
- (Panelton El kitabı, 1991)

3.9.1 Konsol döşemeler

Bu tip döşemeler Şekil 3.15.' de gösterildiği gibi detaylandırılır. Birleşimdeki; pim, kesme bağlayıcısı olarak gerekli etkileşimi sağlarsa, taşıyıcı enine bağ kirişi hareketini sağlayabilir.



Şekil 3.15. Konsol, boşluklu döşeme panel

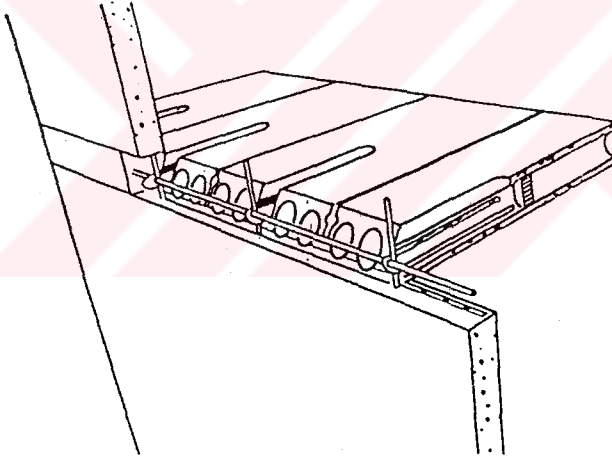
3.9.2. Duvarlar üzerindeki döşemeler

Duvar - döşeme bağlantılarının tasarımında, bölüm 3.6' daki taşıyıcılardaki olası zorlama etkileri düşünülür. Bu etkiler, özellikle büyük duvar yüklerde önemlidir ve döşeme paneller, taşıyıcıya yakın kritik bölge içinde kuvvetlendirilmelidir.

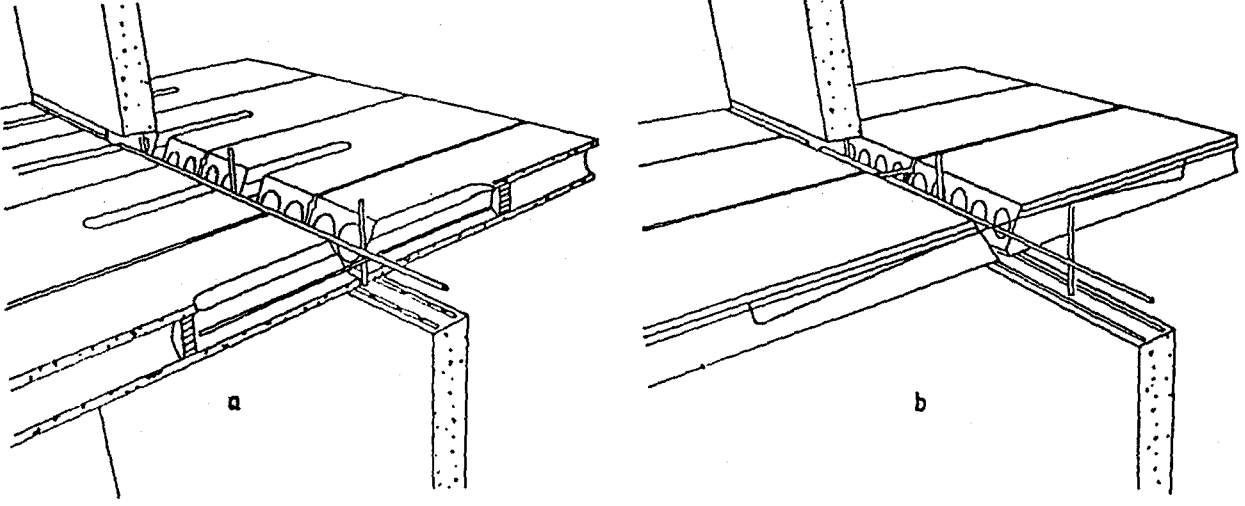
Duvar - döşeme bağlantıları, iki grupta incelenir;

3.9.2.1. Büyük duvar yüklerine karşı çözümler

Kenarlardaki, bağ düzenlemeleri, tercihen beton gövdesine demirlenir. Şekil 3.16. Orta taşıyıcılardaki birleşimlerde ise bağ çubukları, beton gövdesine yada sulu harçlı birleşime demirleme ile düzenlenebilir. Şekil 3.17.

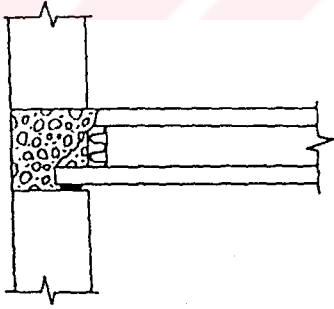


Şekil 3.16. Duvarlar üzerindeki boşluklu döşeme panel bağlantıları (büyük yükler)



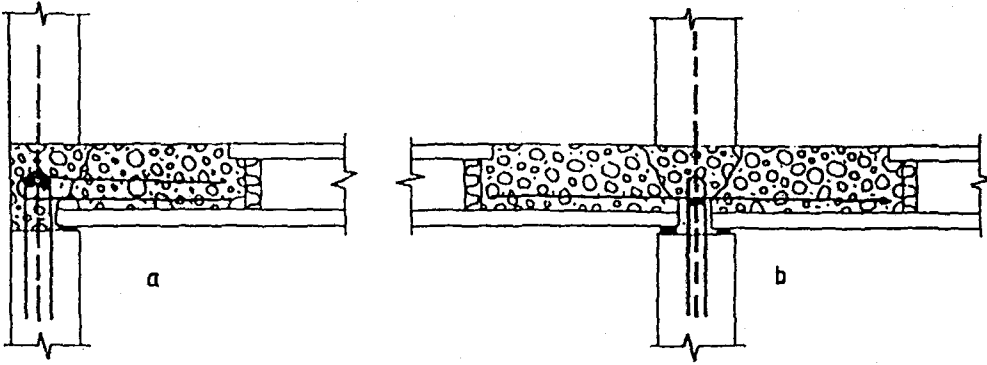
Şekil 3.17.(a)(b) Duvarlar üzerindeki boşluklu döşeme panel bağlantıları (büyük yükler)

Eğer duvar yükü üç döşemeden fazla ise eğimli bitişler ile içi boşluklu döşemenin yerleşimi uygun olur. Şekil 3.18. Eğimli yüzeyler dikkatlice uygulanmalı ve denetim yapılmalıdır.



Şekil 3.18. Duvarlar üzerindeki boşluklu döşeme panel bağlantıları (büyük yükler)

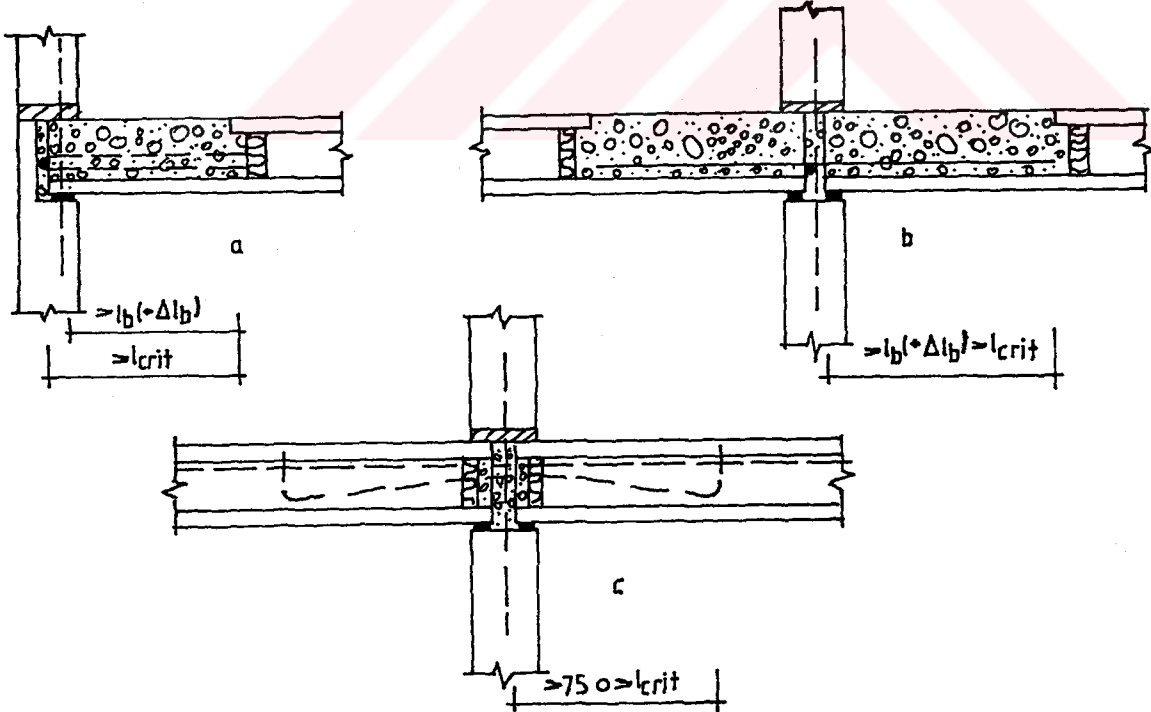
Eğer orta taşıyıcılardaki gibi kenarlarda da yeterince mesafe varsa bağ kirişleri tercihen Şekil 3.19' da gösterildiği gibi düşey döngü düzenlemeleri tarafından taşıyıcıya bağlanabilir.



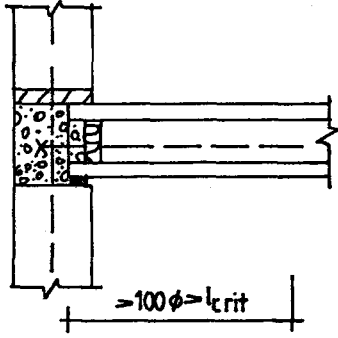
Şekil 3.19.(a)(b) Duvarlar üzerindeki boşluklu döşeme panel bağlantıları (büyük yükler)

3.9.2.2. Sınırlı duvar yüklerine karşı çözümler

Kullanılabilir çözümler Şekil 3.20 ' de verildi. Büyük duvar yükleri için verilen çözümler uygulanabilir. Bununla beraber, eğimli bitişler sunmak gereksizdir. Şekil 3.21.



Şekil 3.20. (a)(b)(c) Duvarlar üzerindeki boşluklu döşeme panel bağlantıları (sınırlı yükler)

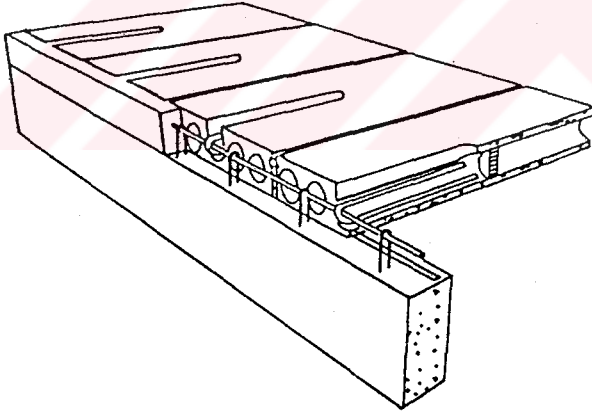


Şekil 3.21. Duvarlar üzerindeki boşluklu döşeme panel bağlantıları (sınırlı yükler)

3.9.3 Kirişler Üzerindeki Döşemeler

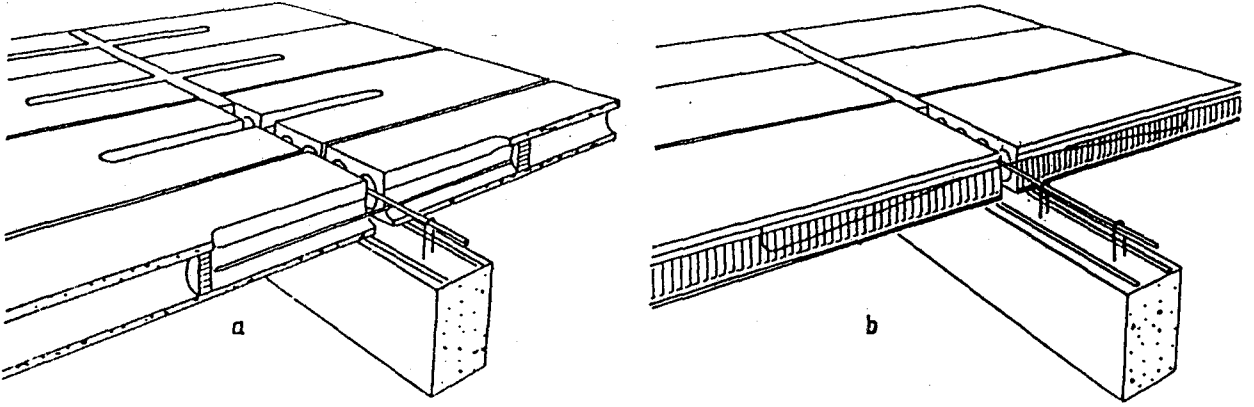
3.9.3.1. Normal genişlikteki, dikdörtgen kiriş üzerindeki çözümler

Kenarlardaki taşıyıcılar üzerindeki, bağ düzenlemeleri tercihen beton gövdesine yerleştirilmelidir. Şekil 3.22. Dvar - döşeme bağlantıları için verilen öneriler uygulanır.



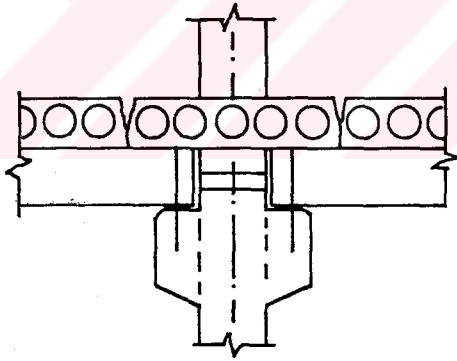
Şekil 3.22. Kirişler üzerindeki boşluklu döşeme panel bağlantıları (normal genişlikte)

Ortadaki taşıyıcılarda, uzunlamasına yöndeki bağ çubukları enine birleşime karşı düz yerleştirilmesi tercih edilir. Ankraj beton gövdesi veya sulu harçlı birleşime de yapılabilir. Şekil 3.23.



Şekil 3.23 (a)(b) Kirişler üzerindeki boşluklu döşeme panel bağlantıları (normal genişlikte)

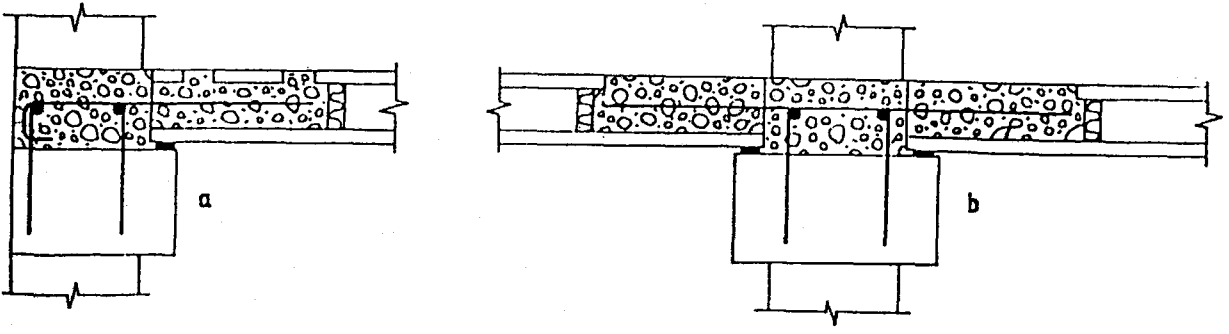
Geniş kolonlar (>400 mm) için dayak ihtiyacı sağlanabilir, örneğin ek bir beton dayak ile Şekil 3.24.



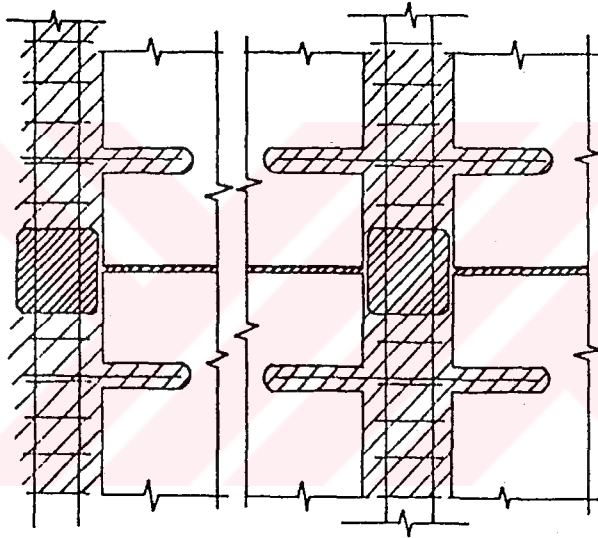
Şekil 3.24. Geniş kolonlar üzerindeki boşluklu döşeme panel bağlantıları.

3.9..3.2. Geniş dikdörtgen kiriş üzerindeki çözümler

Detay çözümleri şekil 3.25' de verildi. İçi boşluklu döşeme elemanların çevresindeki kesikliklerden kaçınmak için kolonlar , döşemeyi, kenar kirişlerinin yerine geniş kirişler üzerimde taşıyabilir. Şekil 3.26.



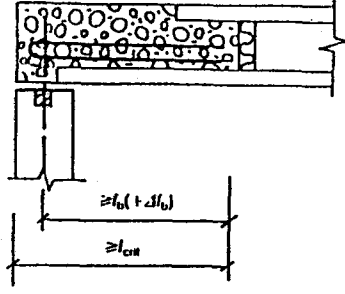
Şekil 3.25.(a)(b) Geniş kirişler üzerindeki boşluklu döşeme panel bağlantısı.



Şekil 3.26. Geniş kirişler üzerindeki boşluklu döşeme panel bağlantısı.

3.9.3.3. Bina cephesindeki dar kirişler üzerindeki çözümler

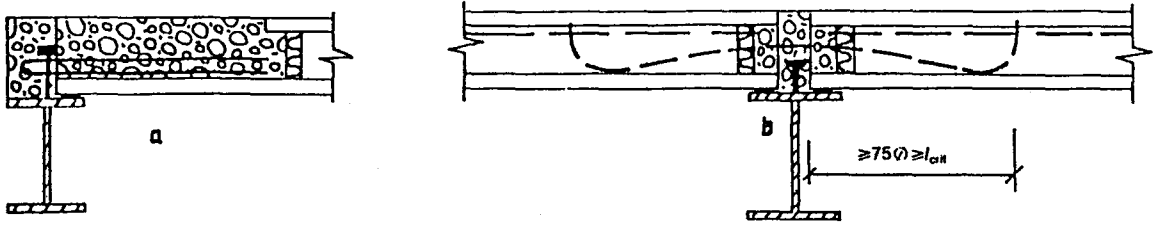
Detay çözümleri Şekil 3.27' de verildi. Bina cephesinde, taşıyıcı dar kirişlere rağbet edilebilir. Bununla beraber, kiriş üzerindeki açıklık, bağ kirişi için yeterli alanı vermeyebilir, eğer kesme bağı cephe kirişi için diyafram kuvveti transferini yapabiliyorsa, taşıyıcı kirişler, enine bağ kirişi hareketini sağlayabilir ve birleşimdeki vidalarda bu maksatla yapılır.



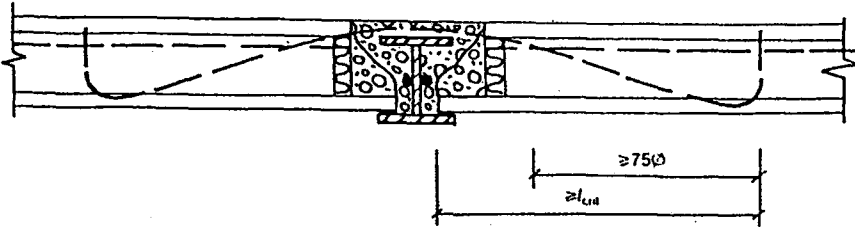
Şekil 3.27. Dar kirişler üzerindeki içi boşluklu döşeme panel bağlantısı.

3.9.3.4. Çelik kirişler üzerindeki çözümler

Detay çözümleri Şekil 3.28' de verildi. Döşemedeki diyafram hareketi, uygun kesme bağı vasıtasıyla çelik kirişlere transfer edilmelidir. Çelik kirişler, enine bağ kirişi görevi yapar. Döşeme, çelik kirişlerin üst flanjı üzerinde taşındığında, kesme bağı, tercihen üst flanjla saplama kaynak vasıtasıyla oluşabilir. Döşeme, alt flanj üzerinde taşındığında, kesme bağı, çelik gövdeye nokta kaynakla enine kuvvetlendirilmiş çubuklar vasıtasıyla oluşturulabilir. İçi boşluklu döşeme elemanı ile kiriş gövdesi arasında geniş bir oynama payı döşemenin kurulması için gereklidir. Bu oynama payı, yangına maruz olan çelik kirişleri korumak için gereklidir. Şekil 3.29. (Telford, 1988)



Şekil 3.28. (a)(b) Çelik kirişler üzerindeki boşluklu döşeme panel bağlantısı.



Şekil 3.29. Çelik kirişler üzerindeki boşluklu döşeme panel bağlantısı.

4. TÖLERANSLAR

Tolerans; yapı elemanının nominal boyutlarından izin verilen sapma miktarıdır.

Sapma; boyutun ölçülen fiili değeri ile nominal değeri arasındaki farktır. Sapma negatif (fiili boyut < nominal boyut) veya pozitif (fiili boyut > nominal boyut) olabilir.

Boyut değişimlerinin belirli toleranslarla sınırlanması, yapısal stabilite, yapılabirlik, estetik görünüm, ekonomik ve yasal nedenlerle gerekir. Boyut kontrolü ve toleransı kavramları, prefabrik üretimde tasarım aşamasından itibaren dikkate alınması gereken kavramlardır. Toleranslar, genellikle kabul edilebilen makul sınırlar içinde kalmalı ve kalitenin gerektirdiğinden daha gevşek kalıp, stabilite ve estetiğe zarar vermeli, ne de gerektiğinden daha sıkı olup, maliyeti arttırmalıdır.

Toleranslara uyan eleman kabul edilmelidir. Toleranslara uymayan eleman, aşağıdaki şartlardan herhangi biri sağlanıyorsa, yine kabul edilmelidir:

- a) Toleransların aşılması, eleman yapısal bütünlüğünü veya mimari performansını etkilemiyorsa,
- b) Eleman, yapısal veya mimari önlemlerle tolerans sınırları içine çekilebiliyorsa,
- c) Elemanın kullanıldığı yapı, aranan tüm yapısal ve mimari şartları sağlayacak biçimde değiştirilebiliyorsa. (Prefabrike Yapı Elemanlarında Tolerans Yönetmeliği, 1991)

Toleranslar, yapı elemanının; boyutunda, boşluklarında, yataydan kaçmasında, öngerilme donatısının konumunda, ters sehim ve ters sehim farkında göz önünde tutularak hazırlanır. İçi boşluklu döşeme elemanlar için öngörülen üretim toleransları aşağıda verilmiştir. Şekil 4.1. (Prefabrike Yapı Elemanları Tolerans Yönetmeliği, 1991)

BOYUT

a = Uzunluk

b = Genişlik

c = Yükseklik

d_ü = Üst başlık kalınlığı (d_ü x b alanı, nominal d_ü x b değerinin % 85' inden küçük olmayacak)d_a = Alt başlık kalınlığı (d_a x b alanı, nominal d_a x b değerinin % 85' inden küçük olmayacak)

e = Gövde kalınlığı (Σe kalınlığı, nominal Σe değerinin % 85 ' inden küçük olmayacak)

f = Boşluk konumu

g = Başlık açısı 300 mm de
max

h = Düşeyden kaçma

i = Yataydan kaçma

j = Donatının konumu

m = Yerel bozukluk 3 m de

n = Kambur 300 mm de
max.

TOLERANS

± 13 mm

± 6 mm

± 6 mm

± 50 mm

3 mm

± 13 mm

± 13 mm

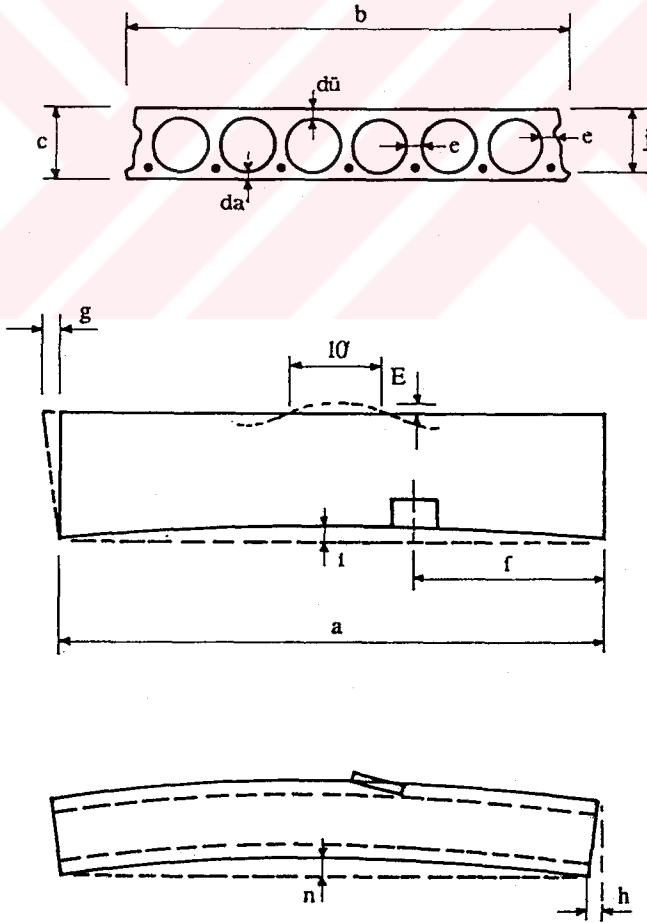
± 10 mm

± 6 mm

6 mm

± 3 mm

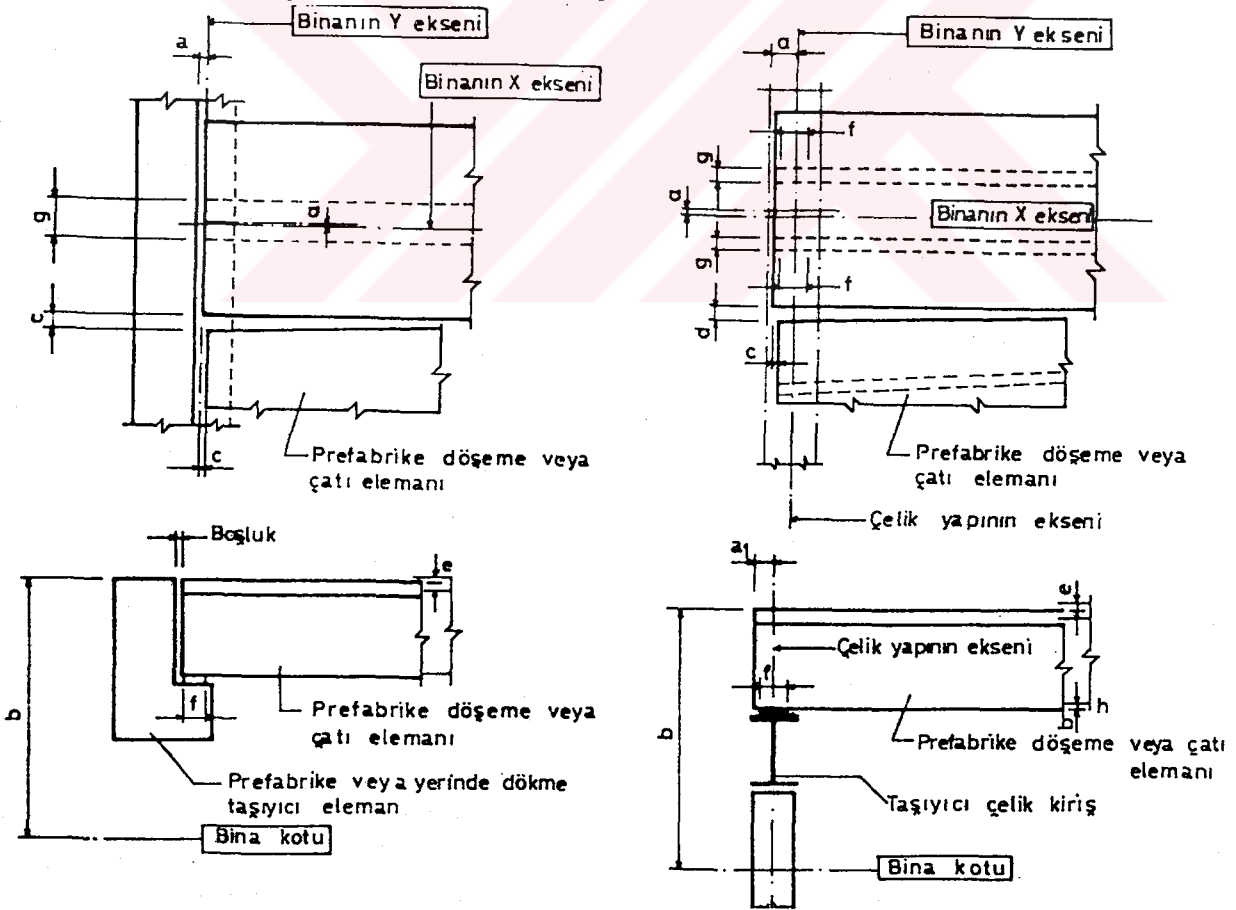
13 mm



Şekil 4.1. Boşluklu döşeme panel üretim toleransları

İçi boşluklu döşeme elemanların, montaj toleransları aşağıda verildiği gibidir. Şekil 4.2. (TS 9967, 1992)

- a = Bina aks toleransı + 25 mm
a1 = Çelik kolon aksından kiriş dışına +25 cm
b = Eleman uç noktalarından normal tepe yüksekliği toleransı
yerinde dökme beton ile kaplı döşemelerde + 20 mm
yerinde dökme beton olmayan döşemelerde + 6 mm
yerinde dökme beton olmayan çatılarda + 20 mm
c = Kenar karşılaştırmalarında en çok toleranslar + 25 mm
d = Derz genişliği
eleman uzunluğu 0 - 12 m + 13 mm
12 - 13 m + 20 mm
19 m ve üstü + 25 mm
e = Eleman üst seviyelerinin farklı olma toleransı
yerinde dökme beton ile kaplı döşemelerde + 19 mm
yerinde dökme beton olmayan döşemelerde + 6 mm
yerinde dökme beton olmayan çatılarda + 19 mm
f = Mesnet uzunluğu + 20 cm
g = Mesnet genişliği + 13 cm
h = Boşluklu döşemelerin farklı taban yükseklikleri + 6 mm



Şekil 4.2. Boşluklu döşeme panel montaj toleransları

5. PREFABRİKE ÖN GERİLMELİ BOŞLUKLU DÖŞEME ELEMAN ÖZELLİKLERİ

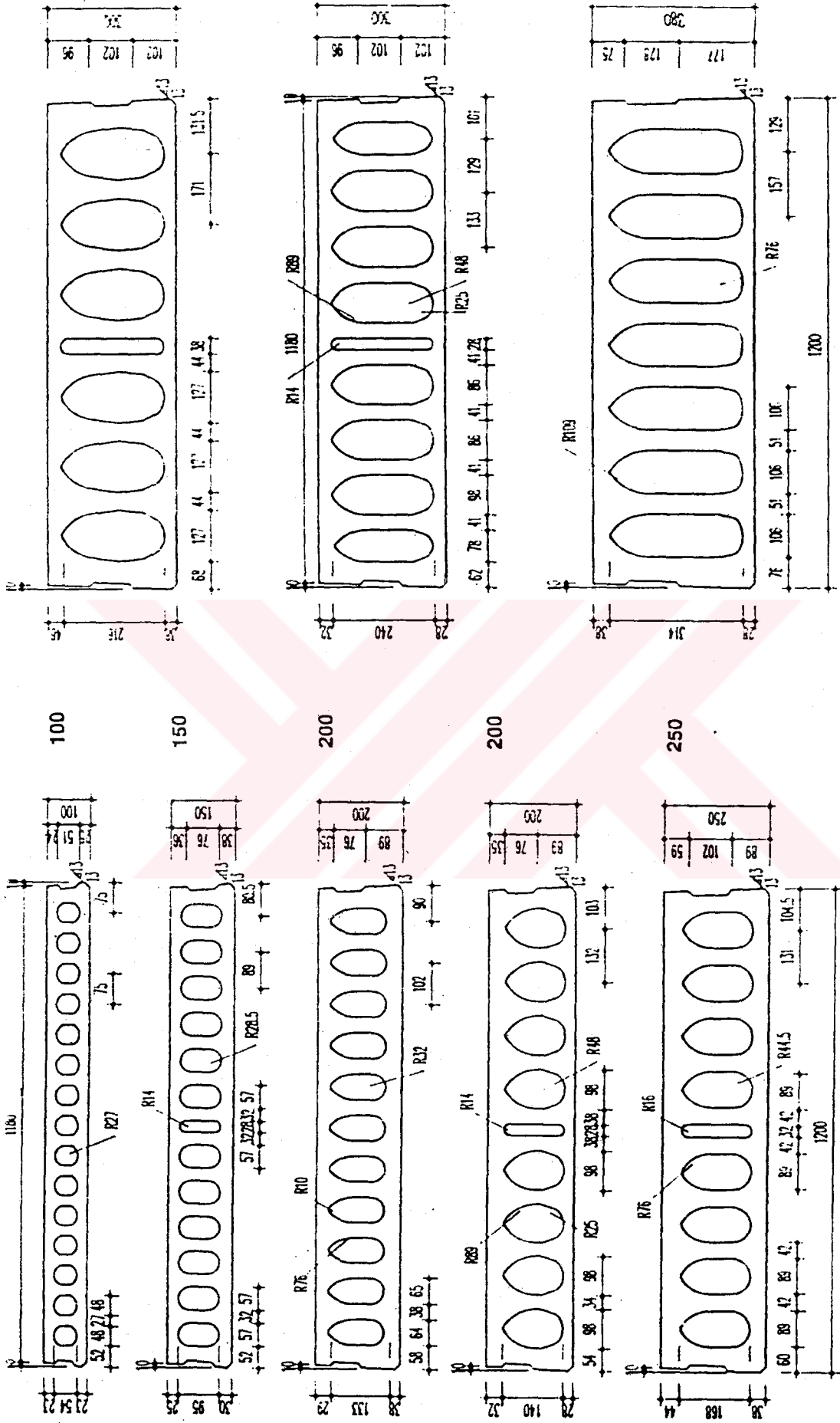
5.1. Döşeme Kesit Özellikleri ve Kapasiteleri

İçi boşluklu döşeme eleman için kesit özellikleri Şekil 5.1.' de ve Tablo 5.1. ' de verilmiştir. (Panelton El Kitabı, 1991)

Tablo 5.1. Boşluklu dşeme panel kesit özellikleri

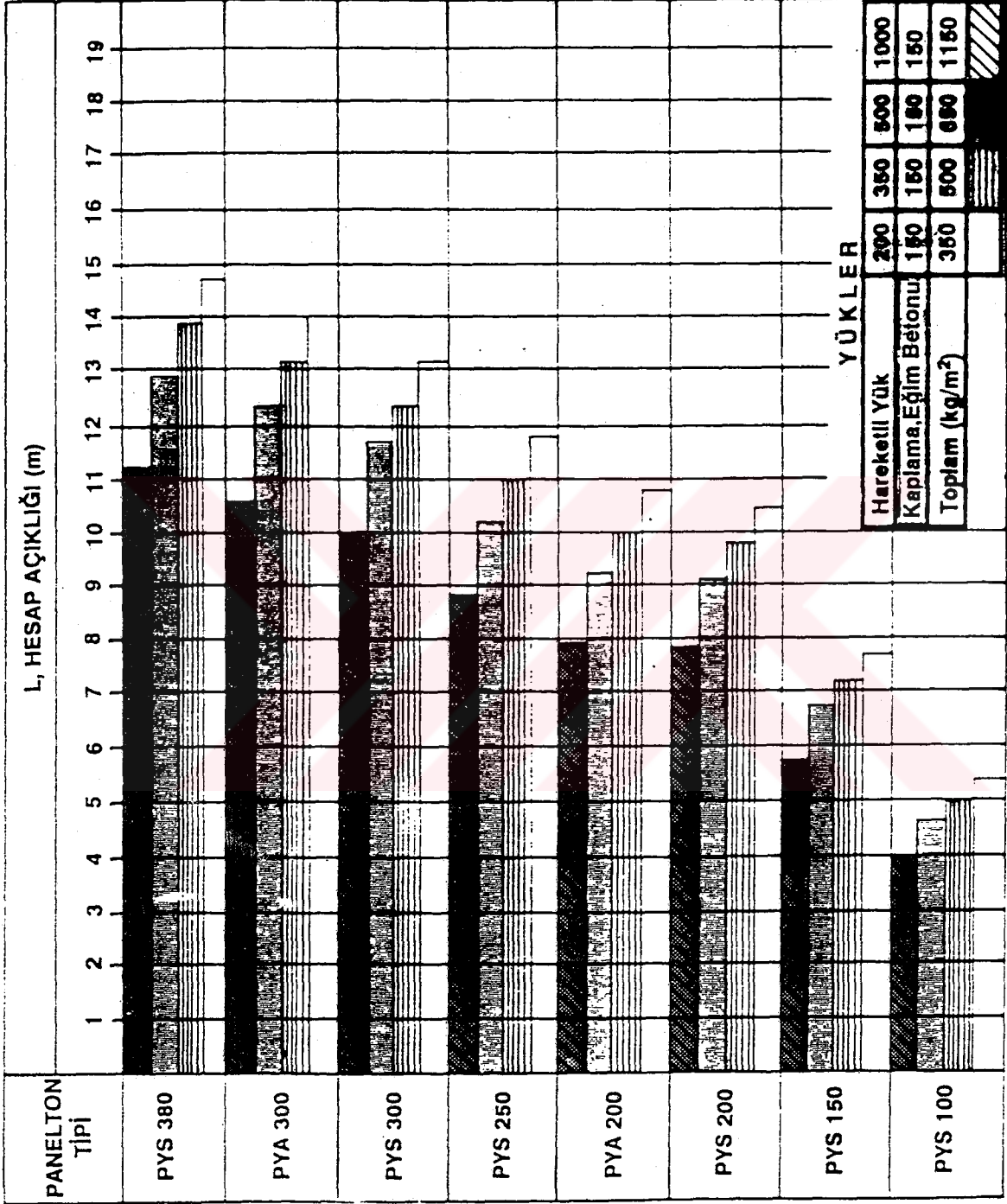
Panel Tipi	Yükseklik cm	Panel Ağırlığı				Kesit Alanı cm/panel	Atalet Moment cm ⁴	Derz dolgusu Kesiti cm ²
		Kaplamasız		5 cm Kaplamalı				
		kg/m ²	kg/m	kg/m ²	kg/m			
100	10	169	203	289	347	852	9267	16.9
150	15	234	281	354	425	1180	29475	26.9
200	20	317	380	437	524	1595	69759	31.9
250	25	380	456	500	600	1916	135209	31.9
300	30	431	517	551	661	2174	224159	47.1
380	38	432	578	602	722	2434	398159	60.3

En çok L / 300 sehim vermesine müsaade edildiğinde standart beton dayanımı ve güncel donanım usulleriyle taşınacak yük ve açıklık bağıntısı Tablo 5.2. ve Tablo 5.3. ' de gösterilmiştir. (Panelton El Kitabı, 1991)

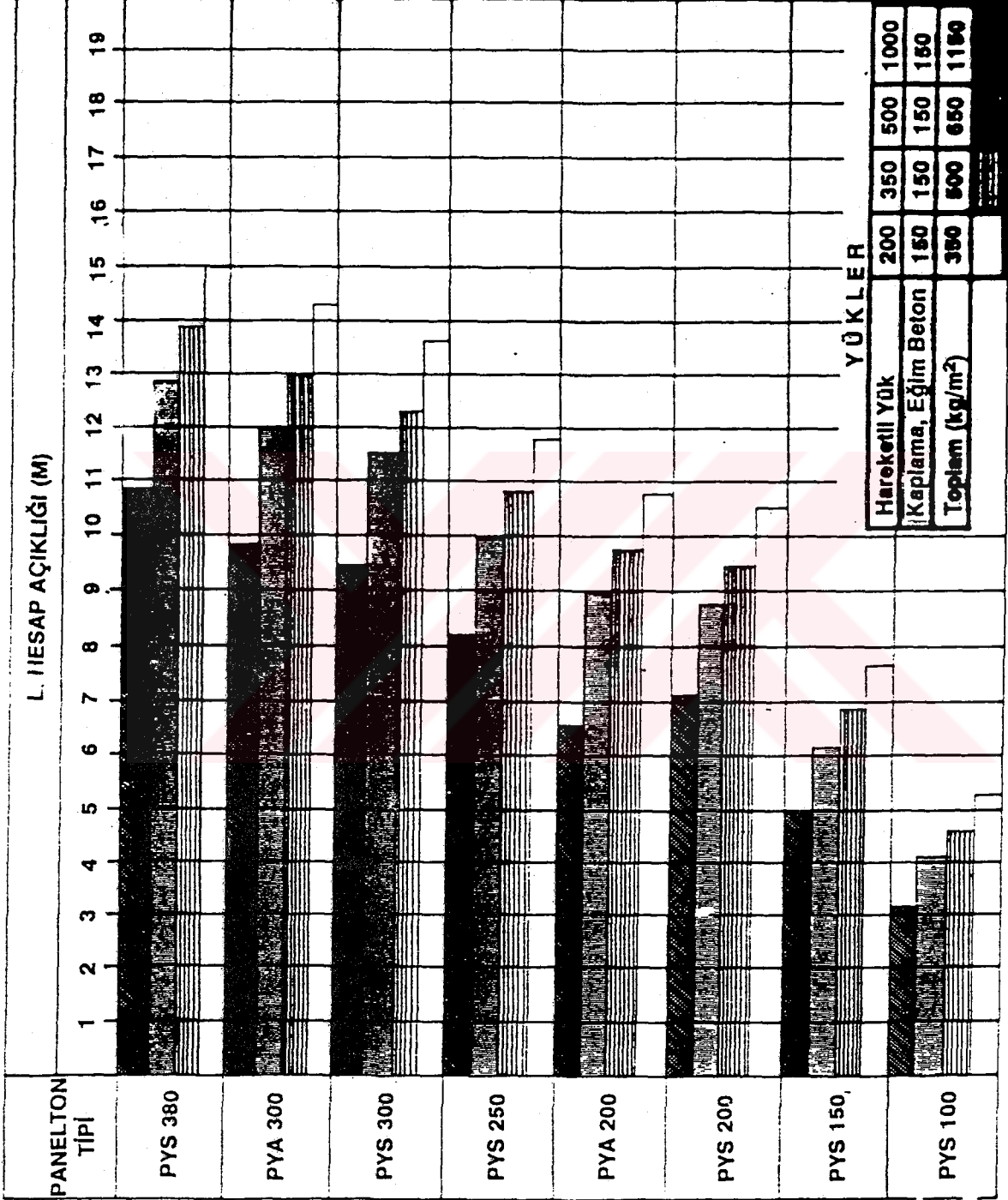


Şekil 5.1. Boşluklu döşeme panel kesit özellikleri

Tablo 5.2.Ara kat yüklerine göre 5cm yapısal kaplamalı boşluklu
döşeme panel açıklıkları



Tablo 5.3.Ara kat yüklerine göre boşluklu döşeme panel açıklıkları



5.2. Yalıtım Özellikleri

5.2.1. Ses yalıtımı

Bir yapı elemanının bir yüzündeki ses dalgaları, yapı elemanı içinden geçerken, malzemenin cinsine, yoğunluğuna ve geometrisine tabi olarak, şiddetlerini azaltırlar. Bir kısım ses dalgası yapı malzemesinin sathında yansıma yolu ile "absorbe" edilir. Diğer bir kısım ses dalgası ise kırılma, moleküller söndürme yolu ile enerji kaybederler ki, buna da " ses yalıtımı" özelliği denir.

Ses yalıtımı, havada oluşan ve darbeyeyle oluşan sesi zayıflatma özellikleri ile sağlanmaktadır. Yapı elemanları, hem havada oluşan sesi hemde darbeyeyle oluşan seslerin transferinde, belirli bir yalıtım düzeyini gerçekleştirmelidir.

İki hacim arasındaki yapı elemanının içinden geçerken sesin basıncının azalma miktarı, o yapı elemanının " ses yalıtım indeksi" olarak tarif edilir. Yapı elemanının ses yalıtım indeksi, ne kadar yüksek olursa, yapı elemanının ses yalıtkanlığı, yani ses geçirmezliği o kadar yüksektir.

Bir döşeme elemanının sese karşı yalıtım etkinliği;

- a) Asma tavan inşa ederek,
- b) Döşemeye yumuşak keçe tabanlı halılar sererek,
- c) Döşeme kalınlığı dolayısıyla ağırlığı artırılarak ve
- d) İçerisinde boşluklar yaparak

arttırılır. (Panelton Elkitabı, 1991)

İç boşluklu döşeme elemanların, yapısındaki boşluklar ve ağırlığından dolayı sese karşı yalıtım özelliği vardır. Yalnız elemanın ağırlığının arttırılması, etkin ve ekonomik bir yol değildir. Ses yalıtımını arttırmanın en etkin metodu, eleman içinde boşluklar bırakmak veya özel ses yalıtım malzemeleri kullanmaktır. İç boşluklu döşeme elemanlar, özellikle yapısındaki boşluklar ve

yapılacak, yapısal kaplamalar ile sese karşı iyi bir yalıtım sağlayan yapı elemanları arasındadır.

İçi boşluklu döşeme elemanlar için yapılan deney sonuçları desibel (db) cinsinden Tablo 5.4. ve Tablo 5.5' da verilmiştir. (Panelton El Kitabı, 1991)

Tablo 5.4. Boşluklu döşeme panel ile havada oluşan ses yalıtımı (db)

Panel Cinsi	Yalıtım (db)
150 mm panel	50
150 mm panel + 50 mm kaplama	51
200 mm panel	56
200 mm panel + 50 mm kaplama	59

Tablo 5.5. 200 mm lik boşluklu döşeme panel ile darbe sesi yalıtımı (db)

Döşeme Örtüsü	50 mm kaplama	
	var	yok
Doğrudan darbe	31	26
1.5 mm vinil örtüye darbe	50	48
1.13 kg / m ² yün halı + 1.42 kg/m ² ' keçe'ye darbe	84	74
Peluş halı + köpüklü lastik taban' a darbe	89	76

5.2.2. Isı yalıtımı

İnsanların, oluşturduğu veya çalıştığı binalarda ısı etkilerinden korunması, insan sağlığı, onarım giderleri, yakıt ekonomisi ve ilk yapım giderleri açısından önemlidir.

Isı etkilerinden yeterli olarak korunma, sağlığa uygun, huzur verici hacimlerin elde edilmesinin ilk şartıdır. Hacimlerin ısı ihtiyacı ve bunu sağlamak

için yapılan ısıtma giderleri, hacmi çevreleyen bileşenlerin, ısı yalıtma özelliklerine bağlıdır.

Bir hacmin ısı etkilerinden korunması, hacmi çevreleyen yapı bileşenlerinin (duvarlar, döşemeler) ısı geçirme dirençlerine bağlıdır. Isı geçirme direnci, kullanılan malzemenin cinsine, ısı iletkenliği hesap değerine ve kalınlığına bağlıdır.

Yine bir hacmin, ısıtılmasında gerekli olacak yakıt miktarının hesaplanması da, elemanın ısı geçirgenlik katsayısına bağlıdır. Isı geçirgenlik katsayısı, yer durumuna göre ısı iletim katsayısına, ısı iletkenliği hesap değerine ve kalınlığa bağlıdır.

İçi boşluklu döşeme elemanlar, yalıtımsız olarak ısı kayıplarına karşı, ısı geçirme direnci ve ısı geçirgenlik katsayısı değerleri istenilen standartlarda olmasına rağmen, boşluk döşeme elemanlarca montajı takiben veya montaj sonrası ısı tecridi uygulanarak, yani yapısal kaplamalar yapılarak, bu değerler daha da iyi rakamlara çekilebilir. İçi boşluklu döşeme elemanların, ısı geçirme direnci Tablo 5.6.' da ve ısı geçirgenlik katsayıları yalıtımlı ve yalıtımsız olarak Tablo 5.7' de verilmiştir. (Panelton El Kitabı, 1991)

Tablo 5.6. Yalıtımsız, boşluklu döşeme panel için ısı geçirme direnci.

Tip	100	150	200	250	300	380
$R(m^2h^{\circ}C/Kcal)$	0.168	0.186	0.218	0.232	0.238	0.264

Tablo 5.7. Yalıtım üzerinde 5 cm koruma betonu ile boşluklu döşeme panel ısı geçirgenliği katsayısı

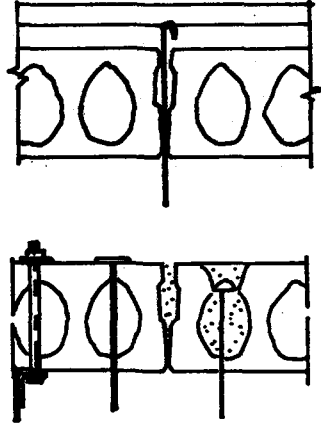
Yalıtım Şekli Kcal/mh°C	d cm	k (kcal/m ² h°C)		
		100	200	380
Yalıtımsız	-	2.56	2.32	2.04
Styrofoam sert köpük 0.024	3	0.60	0.58	0.56
	5	0.40	0.39	0.38
Poliüretan sert köpük 0.030	3	0.70	0.68	0.66
	5	0.48	0.47	0.46
Polistren sert köpük 0.034 Cam yünü	3	0.76	0.74	0.71
	5	0.52	0.52	0.50
Cam köpüğü 0.050	3	0.98	0.94	0.89
	5	0.70	0.68	0.66
Heraklit 0.080	5	0.95	0.91	0.87
	7.5	0.74	0.71	0.68

5.2.3. Diğer Özellikler

İçi boşluklu döşeme elemanlar, standart üretimi gri çimento rengine, sıva gerektirmeyecek kadar düzgün bir yüzeyle gerçekleştirilir. İçi boşluklu döşeme elemanlara, dolap, radyatör, asma tavan, tesisat boruları vb. asmak, bağlamak mümkündür.

5.2.3.1. Tavan askıları

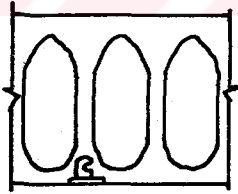
Döşeme altına tesisat vb. asmak için veya asma tavan teşkil edilecek hallerde içi boşluklu döşeme elemanların boyuna ara derzlerinden aşağıya askı çubukları sarkıtılabilir. Bunların aderansı ya derz harcı içinde veya varsa yapısal ve mimari kaplama içinde sağlanmalıdır. Şekil 5.2.



Şekil 5.2. Boşluklu döşeme panel kullanım kolaylıkları (tavan askıları)

5.2.3.2. Gömülü çelik levhalar

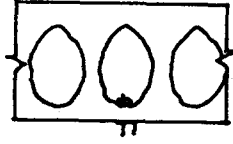
İçi boşluklu döşeme üretimi sırasında, fakat beton dökümünden önce, öngerme donatısına bağlanarak betona gömülü çelik levhalar oluşturmak mümkündür. Montaj sırasında bu gömülü levhalar yardımıyla içi boşluklu döşemeye kaynaklı birleşimler yapılabilir. Şekil 5.3.



Şekil 5.3. Boşluklu döşeme panel kullanım kolaylıkları (gömülü çelik levha)

5.2.3.3. Dübelli bulon uygulaması

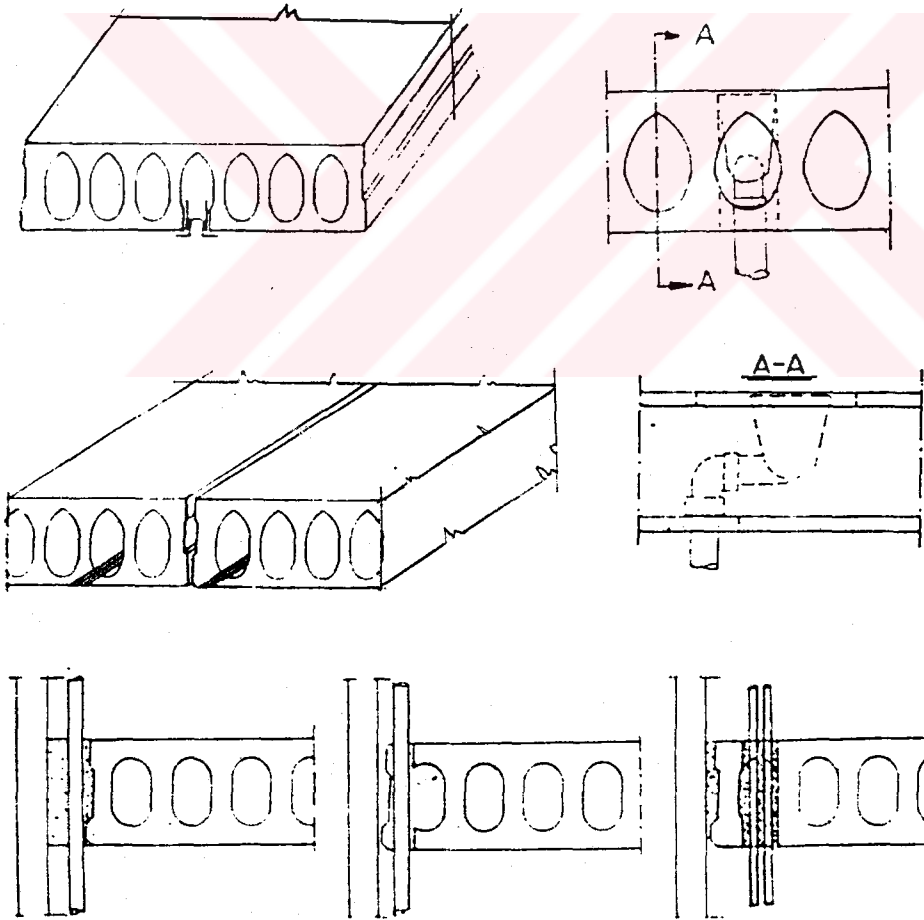
İçi boşluklu döşeme elemanlarda, dübeller kullanılabilir. Açılacak dübel deliklerinin öngerme tellerini zedelememesi gerekir. Bunun için montajdan önce elemanın uçlarına bakarak boşlukların ve donatının konumu not edilmelidir. Dübeller üretici kataloglarına göre seçilip uygulanmalıdır. Şekil 5.4.



Şekil 5.4. Boşluklu döşeme panel kullanım kolaylıkları (dübelli bulon uygulaması)

5.2.3.4. Boşluklar

İçi boşluklu döşeme elemanların, içerisinde hazır bulunan boşluklardan elektrik ve su tesisatı için yararlanmak mümkündür. Böylece mimari açıdan da bir dizayn sağlanmış olacak ve tesisatla ilgili boru vb. malzemelerin, yerleşimi belli bir düzende ve elemanın içerisinde sağlanmış olacaktır. Şekil 5.5.

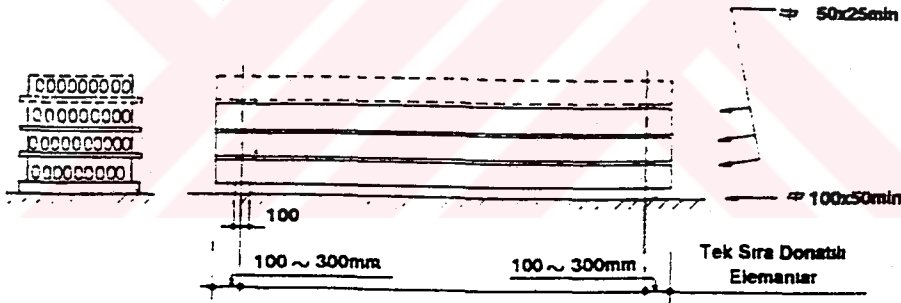


Şekil 5.5. Çeşitli tesisatlar için boşluklu döşeme panelden yararlanma şekilleri

6. İÇİ BOŞLUKLU DÖŞEME ELEMANLARIN UYGULAMASI

6.1. İstif

İçi boşluklu döşeme elemanları, öngerilmeli özel bir ürün olduğundan montajdaki son durumunu alıncaya kadar ki işlemlere özen gösterilmelidir. Paneller her iki uçtan eleman yüksekliği veya en az 30 cm kadar içerden mesnetlenmeli veya kaldırılmalıdır. Çift sıra donatılı duvar elemanlarında bu ölçü 0.14 L / 0.20 L kadar içeri çekilebilir. Şekil 6.1.' de tariflenen bu uç bölge dışında mesnetlenmeyi önlemek için stok alanı tesviye edilmeli ve yağmur vb. sebeplerle istif mesnetlerinin çökmesi ve toprağa gömülmesine karşı tedbir alınmış olmalıdır. İyi hazırlanmış bir stok alanında alt mesnetlerin 50 x 100 mm yatık kalas olması yeterlidir, panel aralarındaki parçalar 50 x 25 kesitli çıta olabilir. Kalas ve çıtalar panel genişliğinden biraz fazla olmalıdır. Alt ve aralarındaki bütün mesnetlerin tam üst üste gelmesine ve her bir katın yatay kalmasına dikkat edilmelidir.



Şekil 6.1. Boşluklu döşeme panel istif

Stoğa alınan elemanları dikkatli bir şekilde ve yatay olarak kaldırmak ve ve bütün mesnet yüzeyi ile aynı anda temas sağlayacak şekilde yavaşça oturtmak; ve stoklamanın bütün safhalarında çarpmaya karşı önlem almak gerekir. Çok iyi zemin şartlarında içi boşluklu döşeme istif katı sayısını fabrikadan şantiyeye gönderilen kadar alınabilir. Eleman boyunada bağlı olan istif katı sayısı için genelde Tablo 6.1. ' deki değerler kullanılır. (Panelton El Kitabı, 1991)

Tablo 6.1. İstif Katları Sayısı

Kalınlık (cm)	Boy (m)	İstif katı sayısı (adet)
10	4	7
12	4	7
15	6	6
20	6	6
25	8	5
30	12	3
38	12	3

6.2. Taşıma

Fabrika - şantiye veya stok - montaj arası taşımalarda da içi boşluklu döşeme eleman mesnetlendiği noktalardan kaldırılmalıdır. Taşıma sırasında, araç üstünde konsola izin verilemez. Eleman uzunluğuna göre araç veya römork yarı - römork seçilmelidir. 12 m ' den uzun boylardaki elemanlar teleskopik römork ile veya doli üzerinde yeteri rijitlikteki kirişlere oturtularak taşınabilir; yalın doli üzerinde taşıma yapılmamalıdır.

Farklı boylarda içi boşluklu döşeme taşıması,

- Stoklama bölümünde izin verilen üst üste katsayısı ve
- Mesnedi, mesnet üzerine getirme kısıtlamalarına uyma kaydıyla mümkündür.

6.3 Montaj

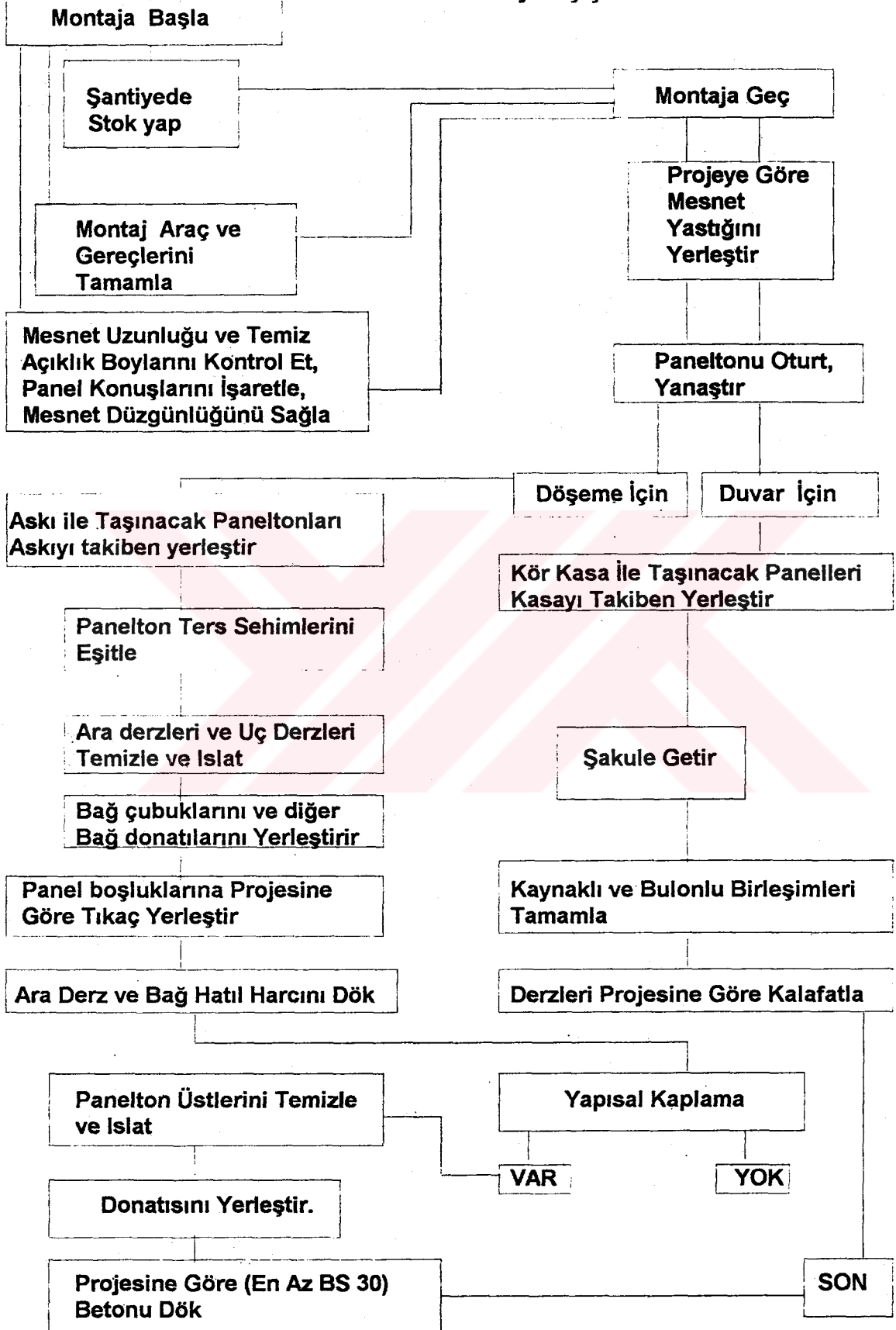
6.3.1. Genel

İçi boşluklu döşeme montajı, üretici firma veya bizzat müşteri tarafından da yapılabilir. Tablo 6.2.' de genel bir montaj akış şeması verilmiştir.

Vincin, nakliye araçlarının vb. binanın istenen noktalarına rahatça yaklaşabilmesi için zemin vb. şartlar önceden sağlanmalıdır. Yolların kurbu uzun araçlara geçit verebilmeli ve taşınan malzemenin sarsıntıdan zarar görmeyeceği bir satıh elde edilmiş olmalıdır. Yüklü araç ağırlığı 40 ton mertebesinde olacaktır. Montaj sırasında vincin yolu ve duracağı yerler tercihen montaj planına işaretlenmelidir. Lastik tekerlekli vinç için 8 m, kamyon veya römorklu çekici için 3.5 m genişlik gerekeceğinden 2 sinin yan yana duracağı hallerde yük boşaltma için 11 m genişlik yeterli olacaktır. (Panelton El Kitabı, 1991)

İçi boşluklu döşeme elemanların mesnetleri önceden kontrol edilmiş olmalı ve mesnet genişliği ile mesnetler arası ölçünün projesine göre olduğu sağlanmalıdır. Aksine bir durumda kesinlikle projeciye danışılmalıdır. Mesnetler kesinlikle temizlenmeli, yüzey düzgünlüğü ve terazi sağlanmış olmalı, değilse daha önceden müdahale ederek, uygun hale getirilmelidir.

Tablo 6.2. Montaj akış şeması



6.3.2 Montaj ekibi

Vinci görüşünün açık olduğu hallerde vinç personeli dışında dört kişilik bir montaj ekibi optimaldir.

4 kişilik montaj ekibi

1 Yerleştirici 8Ekip Başı)

2 Yerleştirici

3 Yükleyici

4 Yükleyici

Özel hallerde ekip üç kişiye düşürülebileceği gibi, vincinin görüşünün kısıtlı olduğu hallerde altıya kadar arttırılabilir.

En az üç kişilik ekip

1. Yerleştirici (Ekip Baş.)

2. Yerleştirici

3. Yükleyici

En çok altı kişilik ekip

1. İşaretci (Ekip Başı)

2. Yerleştirici

3. Yerleştirici

4. Yükleyici

5. Yükleyici

6.Köşe veya delik kesici

(Döşeme için)

Bir ekibe kesinlikle 7 veya daha fazla kişi verilmemelidir. İşin boyutunu ve bitirme şartları gerekiyorsa birden fazla ekip kurularak amire ayrı ayrı bağlanmalıdır. (Panelton El Kitabı, 1991)

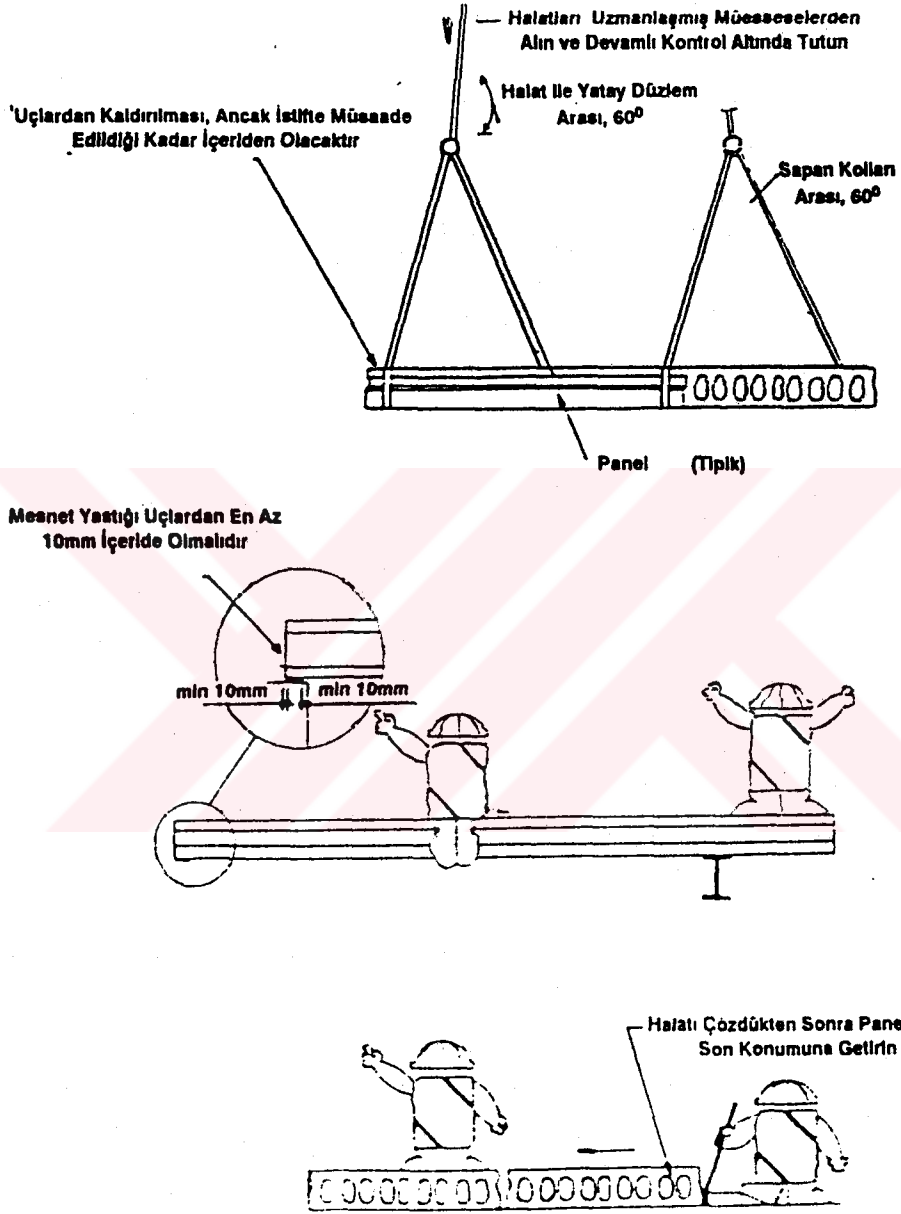
6.3.3 Döşeme Montajı

Döşeme montajı binanın bir ucundan diğerine doğru ve bir açıklık bitirildikten sonra diğerine geçerek tamamlanır. Kiriş stabilitesinin kritik olacağı hallerde, taşıyıcı kirişin uzak kenarına yeterli sayı ve konumda içi boşluklu döşeme yerleştirildikten sonra beri tarafın montajı bitirilir.

İşaretlemeden sonra mesnet yastıkları beton mesnetler üzerine yerleştirilir. Çelik mesnetler yastık gerektirmez. Montaj sorumlusu, daha önceki şantiye tetkikinde mesnetlerin temiz, pürüzsüz ve terazide olduğunu gözlemiş ve aksine durumları düzeltirmiş olmalıdır. Mesnet yastığı projesine gösterildiği konumda ve boydan boya yerleştirilir.

Montajda en çok irdelenmesi gereken ve işin hızını etkileyen adım, içi boşluklu döşemenin kaldırılıp yaklaşık konumuna yerleştirilmesidir. Her iki ucu ayrı ayrı saran sapanlar, vinç halatı kancalarına takılır. İşlemin hazırlanması için: Yükleyici iki kişide iki takım sapan bulunur ve vinç bir çift sapanla elemanı yerine taşıırken diğer çift sapan sıradaki elemanın iki ucuna yerleştirilerek vincin yüklemede kaybedeceği zaman kısaltılır. Elemanlar dikkatli bir şekilde çarpmadan mesnetlere oturtulmalıdır.

Eğer delik, kesik, vb. işlemler gerekmiyor ise: Sapanı aradan çıkartabilme maksadıyla bırakılmış 5 cm kadar aralığın, eleman itilerek veya çekilerek kapatılmasıyla, yerleştirme işi tamamlanır. Şekil6.2.' de gösterilen manivela kolu, içi boşluklu döşeme elemanını son mesnetlenme durumuna getirmede kullanılan en yaygın araçtır. Etili bir borunun ucuna kaynatılmış olan sertleştirilmiş bir uçtan oluşur. Bu kola bir ahşap takozla mesnet sağlanır veya ikinci bir eleman mesnet olarak kullanılır.



Şekil 6.2. Boşluklu döşeme paneli montajı

İçer boşluklu döşeme eleman şu dört aşamada yerleştirilmiş olur :

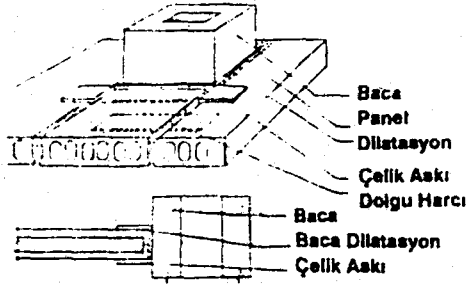
- (1) Montaj resimlerine göre Panel konuşlanması işaretilenir.
- (2) Mesnet yastığı yerleştirilir.
- (3) İçer boşluklu döşeme eleman, halatın müsaade ettiğı bir hassasiyetle oturtulur.
- (4) Halat çözölerek yanaştırılır. Şekil 6.2. (Panelton El Kitabı, 1991)

6.3.3.1. Delik, kesik ve askılı boşluklar

İçer boşluklu döşeme eleman kullanılan işlerde, genellikle yapısal, mimari veya tesisatın gerektirdiğı delik, kesik ve boşluklar istenir. Yerine göre 60 cm genişlikte yarım paneller veya kaçınılamayan durumlarda 120 cm den eksik kısmi panellerde kullanılabilir. Muntazam kenarlı kısmi elemanlar üretim sırasında projesine göre oluşturulabilir. Kaba kenarlı kısmi elemanlar ise montajcı tarafından şantiyede kesilebilir. Şantiyedeki kısmi eleman genişliğı için adımlar boşluk arası ölçülerdir. Eleman, Seçilen boşluk boyunca (Varyoz veya Manivela kolu ile) çekilenerek üst ve alt başliğı yarılr ve istenmeyen kısım manivela ile ayrılır. Yerine konduktan sonra, kaba kenar alttan kalıplanır ve betonlanır veya daha sonraki inşaat kalemleri ile örtülecek bir bölgeye denk getirilir.

Tasarımında dikkate alınmak şartıyla içi boşluklu döşemelerde delik ve boşluk oluşturulabilir, 40 cm' den geniş delikler genellikle kısmi veya tam genişlikteki elemanların boşluğa dayanan uçlarının askıya alınmasıyla yapılır.

Askılar çelik köşebent veya levhalarla oluşturulacak şekilde tasarımları montaj planıyla beraber montajcıya verilir. Delik yanındaki panellerin ve askıların toleranslı ve bir boşlukla montajından sonra boşluk hizasındaki elemanlar yerleştirilir ve yanaştırılabilir. Kısa eleman ile askının birleştirildikten sonra yerleştirilip yanaştırılması da mümkündür. Şekil 6.3.



Şekil 6.3. Boşluklu döşeme panel montajı (boşluklara montaj)

Askısız oluşturulacak boşluk ve delikler ile kolon perde vb. konstrüksiyonun montajı engellemesi nedeniyle yapılacak köşe kesimleri dışında tüm delik ve kesiklerin mümkünse ara harcı dökümünden sonra bırakılması tavsiye edilir.

Her türlü delik, kesik ve askılı sistemler projesine göre yapılmalı; aksine imkanlar aramak için tasarımcıya danışılmalıdır. (Panelton El Kitabı, 1991)

6.3.3.2. Bağ elemanlarının yerleştirilmesi

İç boşluklu döşeme eleman derzlerinin harçla doldurulması eyleminden önce montaj projesinde gösterilmiş ise eleman uçlarında bağ hatılları oluşturacak donatının ve bu hatıllar vasıtasıyla veya doğrudan mesnet elemanlarına bağlantıyı oluşturacak bağ çubuklarının yerleştirilmesi ve panellerin aynı düzleme getirilmesi gerekir.

Döşeme içine yerleştirilecek elektrik ve sıhhi tesisat boruları ile asma tavan bağları vb. aksam bu aşamada yerleştirilmelidir.

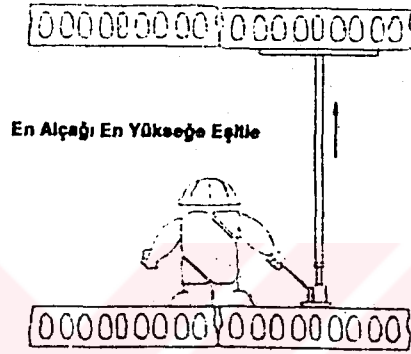
6.3.3.3. Düzleme getirme

Derz dolgusuna geçerken ters sehim ve kalınlıklardaki ufak farklar giderilmelidir. döşemenin kullanım şekline göre elemanların alt veya üst yüzü hizaya getirilmelidir. Alt yüzü görünür döşemelerde panel alt yüzleri, üst yüzüne

karo veya halı döşenecek döşemelerin üst yüzeyleri hizalanmalıdır. Hem alt yüzü görünür hem üst yüzüne karo veya halı gelecek döşemelerin ise alt yüzü hizaya getirilir, ince özel bir harç tabakası yardımıyla görünür farklar kapatılmalıdır.

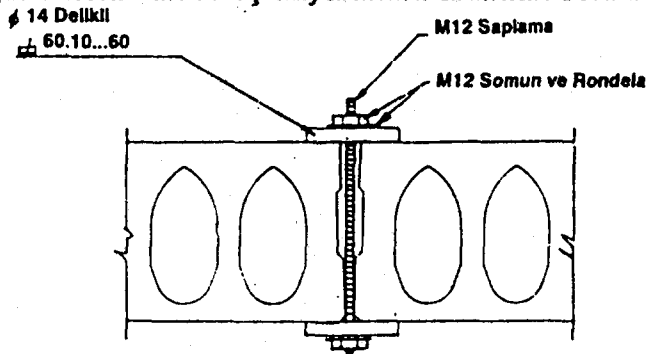
Bu işlem üç şekilde yapılır.

- a) Yukarıdan manivela kolu, aşağıdan ayarlanabilir kalıp dikmesi yardımıyla hizaya getirilen panellerin arasına takoz yerleştirilerek hiza muhafaza edilir. Şekil 6.4.



Şekil 6.4. Boşluklu döşeme paneli düzleme getirme

- b) Döşemenin hizaya getirilmesi, aşağıdan ayarlanabilir kalıp dikmesi ile yapılır. Ancak şerbet dayanımını alıncaya kadar dikmeler yerinde bırakılır.
- c) İki plakadan birinin döşeme altına birinin döşeme üstüne yerleştirilmesi ve ikisini birbirine bağlayan civatanın sıkılması ile paneller hizaya getirilir. Civatalar için delik her bir panel derzinin 1/3 veya 1/4 noktalarında açılmalıdır. Şekil 6.5.' de bu maksatla kullanılan bir gereç görülmektedir. Harç dayanımını aldıktan sonra gereç çıkartılır.



Şekil 6.5. Boşluklu döşeme paneli düzleme getirme

Panel aralarının kalıplanmasında ise boyuna kesikli bir panel boyunca oluşabilecek düzgün olmayan derzin altına tahta ile boydan boya kalıp yapılmalıdır. Şerbet alt görünümünün düzgünlüğü için kalın tahta kullanılmalıdır. Görünür yerlerde bir çita yerleştirilerek içi boşluklu döşeme eleman normal alt birleşim yivi görüntüsü sağlanabilir.

6.3.3.4. Dolgu harcı ve betonu

Dolgu harcı tatbik edilecek bölgelerin temizliği dikkatlice yapılır ve ıslatılır. 1.3 oranında çimento - kum karışımıyla fakat ancak işlenebilir bir kıvama yetecek kadar su ilavesiyle hazırlanan harç, içi boşluklu döşeme yan birleşim derzlerine yerleştirilir. Düşey, yatay yüklerin mesnetlere taşınması döşemenin bir bütün olarak çalışabilmesi için dayanımlı bir dolgu harcı gerektiği, ekibin kilit personeline öğretilmelidir. Derz arasından aşağıya sızabilen harç ve şerbetin en kolay taze iken temizlenebileceği unutulmamalıdır. Büyük hacimli derz dolgusu olan veya çok katlı yapılarda harç pompası fayda sağlayacaktır. Dörtün üzerindeki katlara hortum yerine boru ile harç pompalanması tavsiye edilir. Harç, derzi 4 - 6 mm aşacak kadar konur. Bu rötreyi karşılamak içindir. (Panelton El Kitabı, 1991)

6.3.3.5. Kesme

Derz dolgusundan sonra yerinde açılması gereken deliklerin dışındaki kesme işlemleri genellikle fabrikada halledilir. Boyuna kesik ile ensiz eleman oluşturma üretim sırasında yapılır. Kolon vb. düşey engeller için alınacak köşe kesikleri zaman zaman şantiyede yapılabilir. Ancak şantiye kesimleri vinç zamanını uzatmayacak şekilde tertiplenmelidir.

Kesim işlemleri dolgu harcı gerekli dayanımı aldıktan sonra başlatılmalı, tamamlanıncaya kadarda çıkarılacak parça emniyetli bir şekilde tutulmalıdır. Kesim işlemlerinde kullanılacak testereler, 30 - 35 cm çapa kadar el testereleri veya 70 cm çaplı tekerlekli testerelerdir. Delik açma işleminin son aşaması delik kenarlarının temizlenip sıvanması ve varsa askısını yerleştirmek olacaktır.

6.3.3.6. Kaynak

İçer boşluklu döşeme elemanlara gömülü çelik levhalar bulunduğunda bunların kaynaklı bağlantıları mümkündür. Döşeme üst yüzündeki çelik ankrajların tespiti; panel boşluğu hizasında kısmen kırılıp, tıkaç ile ankrajlama betonunun yayılması önlenerek yapılır. Döşeme alt yüzündeki ankrajlar ise beton dökümünden önce ankraj levhalarının öngerme donatısına bağlanması ile sağlanır.

6.3.4. Yapısal kaplamalı döşeme

İçer boşluklu döşeme elemanlar yapısal kaplaması ile "kompozit eleman" olarak çalışacaktır. Bunun için ikisi arasında düzgün bir aderans bağı oluşturulmalıdır. Özel hallerde ilave tedbir gerekebilecek ise de genelde yapısal kaplama yerleştirilmeden önce ve işlem sırasında aşağıdakiler gözetilmelidir.

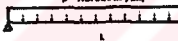
- a) İçer boşluklu döşeme eleman ile yapısal kaplamanın aderans bağı engelleyecek tüm yabancı maddelerden arındırılmalıdır.
- b) İçer boşluklu döşeme, kaplama dökümünden 24 saat önce suya doyurulmalı, dökümden hemen önce tekrar su püskürtülmelidir.
- c) Yapısal kaplamanın yerleştirilmesi ve mastarlanması, havanın nasıl etkileyeceğini düşünerek, ona göre önlem alınmalıdır.
- d) Beton çökmesi, donatı konumları ve yerleştirme, sıkıştırma usulleri vb. etkileyici diğer ilgili hususlar gözetilmeli, incelenmelidir.
- e) Yapısal kaplama donatısı en azından TS 500 ' ün gerektirdiği rötne donatısı olmalıdır; bunu enaz Q 188/188 hasır çelik veya her iki yönde Ø 6 / 150 donatılı hasır olması önerilir. Üst yüzeyden pas payı mesafesine veya kaplama orta yüksekliğine yerleştirilir.
- f) Projesinde belirtilen yapısal kaplama kalınlığı 4 cm veya daha fazla olacak ise aksine kayıt yoksa beton sınıfı BS 30 olacaktır. Öngörülen kaplama kalınlığının en fazla ters sehimin bulunduğu kesimde dahi sağlanacağı aşıkardır.

7. PREFABRİK ÖNGERİLMELİ İÇİ BOŞLUKLU DÖŞEME ELEMAN İLE GELENEKSEL BETONARME DÖŞEME ELEMAN KARŞILAŞTIRILMASI

7.1. Yük Kapasitesi

İçi boşluklu döşeme elemanların, BS 30 beton sınıfı ve TS 3721 ' e göre öngerilme çelikleri ile, öngerilmeli prefabrik içi boşluklu döşemeler olarak üretildiğini söylemiştik.

İçi boşluklu döşeme elemanlar, öngerilmeli eleman olma özelliğinden dolayı büyük açıklıkları, min. döşeme kalınlığı ile geçme ve daha fazla yük kapasitesi imkanına sahiptir. Tablo 7.1 ' de içi boşluklu döşeme elemanlara ait yük tablosu verilmiştir.

HAREKETLİ YÜK (p kg/m ²)					p Hareketli yük,															
100	200	500	750	1000																
1	2	3	4	5	L															
TİP	AÇIKLIK (L = m)																			
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
100	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	
	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20		
	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20			
150	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	
	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20		
	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20			
200	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	
	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20		
	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20			
250	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	
	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20		
	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20			
300	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	
	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20		
	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20			
350	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	
	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20		
	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20			

Tablo 7.1. Boşluklu döşeme panel yük tablosu

Örneğin;

$$h = 200 \text{ mm}$$

$$b = 1200 \text{ mm}$$

$$L @ 10.5 \text{ m}$$

$$A = 16.8 \text{ m}^2$$

Zati ağırlık $G = 317 \text{ kg / m}^2$ olan içi boşluklu döşeme eleman 350 kg / m^2 hareketli yük kapasitesi ve taşıma gücü ,

$$V_r = (0.043\sqrt{f_{ck}} + 4.25 \frac{V_d}{M_d} \cdot d) b_w \cdot d$$

$$V_r = 20000 \text{ N}$$

Yine aynı içi boşluklu döşeme elemanla,

$$A = 8.4 \text{ m}^2$$

$$L = 7 \text{ m açıklıkta}$$

350 kg / m^2 hareketli yük kapasitesi ve taşıma gücü,

$$V_r = (0.043\sqrt{f_{ck}} + 4.25 \frac{V_d}{M_d} \cdot d) b_w \cdot d$$

$$V_r = 42000 \text{ N elde edilir.}$$

Bu değerler, $h = 200 \text{ mm}$, $b = 1200 \text{ mm}$ ve boy $L = 10.5 \text{ m}$, $L = 5 \text{ m}$ olan bir adet içi boşluklu döşeme panel içindir.

Geleneksel yapım sistemi ile üretilen döşemeler ve diğer yapı elemanları, özel durumlar gerekmedikçe BS 16 beton sınıfı ve normal betonarme demirleri ile üretilmektedir. Betonarme sistemde, geçilebilecek açıklık sınırlıdır ve max. $7 \text{ mm}'$ nin üzerindeki açıklıklarda, özel konstrüksiyon uygulamalarına gidilmektedir.

Açıklık arttıkça kesit alanları büyümekte ve maliyet artmaktadır. İçi boşluklu döşeme eleman için verdiğimiz örneği, geleneksel yapım sistemli döşeme elemana uygularsak ;

$$h = 150 \text{ mm}$$

$$b = 3600 \text{ mm.}$$

$$L = 7 \text{ m.}$$

$$\text{Kesit alanı } 25.2 \text{ m}^2$$

$$\text{Zati ağırlık } G = 360 \text{ kg / m}^2 \text{ ile taşıma gücü,}$$

$$V_r = 64000 \text{ N ' dur.}$$

Bir mukayese yapacak olursak;

Geleneksel Sistem

$$h = 150 \text{ mm}$$

$$b = 3600 \text{ mm}$$

$$L = 7 \text{ m}$$

$$A_G = 25.2 \text{ m}^2$$

$$A_0 = 3 \cdot A_G$$

$$G = 360 \text{ kg / m}^2$$

$$V_r = 64000 \text{ N.}$$

$$V_r = 64000 \text{ N}$$

Öngerilmeli içi boşluklu sistem

$$h = 200 \text{ mm}$$

$$b = 1200 \text{ mm}$$

$$L = 7 \text{ m}$$

$$A_0 = 8.4 \text{ m}^2$$

$$G = 317 \text{ kg / m}^2$$

$$V_r = 42000 \text{ N x 3}$$

$$V_r = 126000 \text{ N}$$

7.2. Fiyat Analizi

İçi boşluklu döşeme elemanların Bayındırlık ve İskan Bakanlığı genel fiyat analizinde Poz No: 30.001, 30.002, 30.003, 30.031, 30.004, 30.0041, 30.100 ve 30.101 ile yer almıştır.

Döşeme yüksekliği $h = 20 \text{ cm}$ olan prefabrik öngerilmeli içi boşluklu döşeme elemanın genel fiyat analizi:

POZ NO: 30.003

ÖN YAPIMLI ELEMANLAR

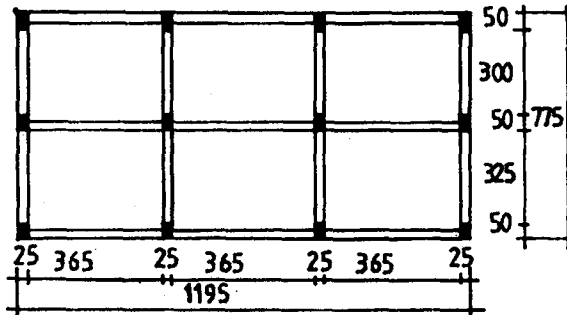
ÖLÇÜ BİRİMİ : M2

ANALİZİN TANIMI : (20 cm) KALINLIĞINDA ÖN YAPIMLI ÖN GERİLMELİ BOŞLUKLU
TAŞIYICI DÖŞEME ELEMANI İLE DÖŞEME YAPILMASI

TİP KODU TANIM	BRM.	MİKTAR	ÜCRET FİYAT	KARSIZ	KARLI
1 04.0062 HARÇ KUMU	M3	0.0120	78.642	944	180
1 04.0081 ÇİMENTO	TN	0.0048	1.320.000	6.336	7.920
1 04.031 SU	M3	0.0031	40.000	124	155
1 04.802 TAŞIYICI DÖŞEME ELEMANI	M2	1.0200	846.300	863.226	1.079.033
2 01.501 DÜZ İŞÇİ (TAŞ,YÜK,BOŞ,KARŞ.)	SA	0.1220	26.214	3.198	3.998
3 01.409 FORMEN	SA	0.0400	57.484	2.299	2.874
3 01.507 MONTAJ USTASI	SA	0.0400	40.068	1.603	2.004
3 01.502 MONTAJ İŞÇİSİ	SA	0.0800	28.364	2.269	2.836
4 03.5031 VİNÇ	SA	0.0370	338.748	12.534	15.668
			TL/M2	892.473	1.115.668

Döşeme panelin 1m² ' si $\frac{\text{karsız}}{892.473}$ $\frac{\text{karlı}}{1.115.668}$ TL /M2 (İnşaat birim fiyatları, 1995)

Şekil 7.1.' de kütle boyutları verilen binanın döşeme alanının, içi boşluklu döşeme elemanlar ve geleneksel sistemle hazırlandığını düşünüp ve maliyet karşılaştırması yapacak olursak,



Şekil 7.1 Bina kütle boyutları (fiyat analizi için)

İçi boşluklu döşeme eleman için; (İnşaat Birim Fiyatları, 1995)

$h = 200 \text{ mm}$ 1 Adet döşeme panel alanı = 4.2 m^2

$b = 1200 \text{ mm}$ 1 Kat döşeme için gerekli döşeme adedi = 18 Ad.

$L = 3.5 \text{ m}$ 1 Kat döşemesi için gerekli döşeme alanı = 75.6 m^2

Şekil 7.1' de verilen binanın toplam döşeme alanı, içi boşluklu döşeme elemanla hazırlansa,

Toplam maliyet = $75.6 \times 892.473 = 67.470.959 \text{ TL}$ (Karsız)

= $75.6 \times 1.115.668 = 84.344.501 \text{ TL}$ (Karlı) nakliye

hariçtir.

Geleneksel sistem döşeme için; (İnşaat Birim Fiyatları, 1995)

$h = 120 \text{ mm}$

1 kat döşeme alanı (sıva + tavan kalıbı için) = 76.65 m^2

Beton = 11.16 M3

Demir = $11.16 \times 80 = 0.893 \text{ TN}$

Beton işleri,

Poz No : 16.022/1

Analiz adı : Demirli (B 160) betonu (kum + çakıl ile)

Brm : M3

Fiyat : 1.151.567 TL/M3

Toplam Fiyatı : 33.990.966 TL

Betonarme demir işleri,

Poz No: 23.001 /1

Analiz Adı: 0.8 - 0.12 mm' lik betonarme demirlerinin projesine
göre bükülmesi ve yerine konulması

Brm : TN

Fiyat : 18.765.975 TL /TN

Toplam Fiyat: 16.758.016 TL

Tavan sıvası için;

Poz No : 27.531

Analiz Adı : Kabası (0.170 M3/200 kg) incesi (0.100 M3/250 kg)
kireç - çimento karışımı harçla düz sıva yapılması.

Brm : M2

Fiyat : 84.926. TL /M2

Toplam Fiyat : 6.483.251 TL

Tavan kalıbı için;

Poz No : 21.011

Analiz Adı : Düz yüzeyli beton ve betonarme kalıbı

Brm : M2

Fiyat : 207.214 TL / M2

Toplam Fiyat : 15.882.953 TL

Tolam Maliyet : 73.115.186 TL

Nakliye hariçtir.

GENEL ANALİZ

İçi boşluklu döşeme eleman

Geleneksel sistem yapımlı döşeme eleman

Toplam Maliyet : 84.344.501 TL

73.115.186 TL

Nakliye : F: $K(0.0007.M+0.01)$ TL/TON

F : $K (0.0007 . M+0.01)$ TL / TON

+ % 25 Müteahhit kari

F : $K (0.00017 . \sqrt{M})$ TL /TON

= 29.343.600 TL

+ % 25 Müteahhit kari

: 2.153.440 TL

(Döşeme Panel nakliyesi)

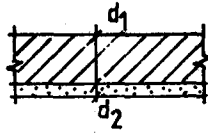
(Çimento, Kum, Çakıl Nakliyesi)

7.3. Isı Yalıtımı

Yapı elemanlarında, ısı yalıtımında aranacak şart ısı geçirgenlik direnci $R=0.55(m^2 h ^\circ C/ kcal)$ ' nin altında olmaması, ısı geçirgenlik katsayısı $K = 1.3 - 1.9 (kcal / mh^\circ C)$ arasında olmasıdır. (2. Prefabrik Sempozyumu, 1982) Isı geçirgenlik katsayısı k, iklim bölgelerine göre değişir.

Geleneksel yapım sistemli döşeme ile mukayese :

Yüksekliği $h = 20$ cm ve sıvı kalınlığı 5 cm olan geleneksel yapım sistemli döşemenin Şekil 7.2. Isı direnci,



Şekil 7.2. Geleneksel sistem döşeme kesiti (Isı yalıtımı için)

$$\begin{aligned}
 R &= \frac{d_1}{\lambda_1} + \frac{d_2}{\lambda_2} \\
 &= \frac{0.2}{13} + \frac{0.05}{0.6} \\
 R &= 0.236 \text{ m}^2\text{h } ^\circ\text{C} / \text{kcal}
 \end{aligned}$$

λ_1, λ_2 ısı iletkenlik değerleridir. (TS 825, 1985)

d_1, d_2 yapı bileşeni tabaka kalınlıklarıdır.

Isı geçirgenlik katsayısı,

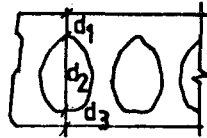
$$\begin{aligned}
 \frac{1}{K} &= \frac{1}{\alpha_n} + R + \frac{1}{\alpha_0} \\
 &= \frac{1}{20} + 0.236 + \frac{1}{7}
 \end{aligned}$$

$$K = 2.33 \text{ kcal} / \text{m}^2\text{h}$$

Isı geçirgenlik katsayısı ne kadar az ise, o kadar yakıttan tasarruf sağlanır.

α_n, α_0 iç ve dış hava yüzeysel ısı iletim katsayıları (TS 825, 1985)

Yüksekliği $h = 20 \text{ cm}$, sıvasız ve % 33 - 42 boşluk oranıyla içi boşluklu döşeme elemanı Şekil 7.3 ısı direnci,



Şekil 7.3. Boşluklu döşeme panel kesiti (ısı yalıtımı için)

$$\begin{aligned}
 R &= \frac{d_1}{\lambda_1} + \frac{d_2}{\lambda_2} + \frac{d_3}{\lambda_3} \\
 &= \frac{0.038}{1.30} + 0.28 + \frac{0.029}{1.30} \\
 R &= 0.332 \text{ m}^2\text{h}^\circ\text{C} / \text{kcal}
 \end{aligned}$$

Isı geçirgenlik katsayısı,

$$\begin{aligned}
 \frac{1}{k} &= \frac{1}{\alpha_n} + R + \frac{1}{\alpha_o} \\
 &= \frac{1}{20} + 0.332 + \frac{1}{7} \\
 k &= 2.02 \text{ kcal} / \text{m}^2\text{h}
 \end{aligned}$$

Yapısal kaplamasız olarak, içi boşluklu döşeme elemanlar geleneksel yapım sistemli döşemelere göre daha iyi ısı yalıtım değerleri vermelerine rağmen yine de standartların altındadır. Fakat yapısal kaplama olarak örneğin;

3 cm' lik cam köpüğü ile,

$R=1.19 \text{ m}^2 \text{ h}^\circ\text{C}/\text{kcal}$, $k= 0.74 \text{ kcal}/\text{m}^2\text{h}$ gibi standart değerlere ulaşılır

7.4. Ses Yalıtımı

Yapı elemanlarında, ses yalıtımı bakımından aranacak minimum şart, ses yalıtım indeksi $R_r = 45 \text{ Db}$ ' nin üzerinde olması, iyi değer 50 Db ' dir ve darbe sesi yalıtım indeksi $D_r=55 \text{ Db}$ ' den daha aşağı olmamasıdır. (2. Prefabrik Sempozyumu, 1987)

Döşeme elemanlar için yapılan deneylerde döşeme zati ağırlığı $G=350 \text{ kg}/\text{m}^2$ nin üzerinde olmasının ses yalıtımı açısından iyi olduğu görülmüştür. (Kocataşkın, 1975)

Geleneksel yapım sistemli döşeme ile mukayese:

Geleneksel yapım sistemli,

$h=20$ cm

$b=1$ m

$L=1$ m

$G=480$ kg /m²

olan döşemenin ses yalıtım indeksi (R_r) $G=480$ kg / m² ' ye göre $R_r=50$ Db dir. Darbe sesi yalıtım indeksi $D_r= 55$ Db' dir. (2. Prefabrik Sempozyumu, 1987)

Boşluklu döşeme panel,

$h= 20$ cm

$b= 1.2$ m

$L=1$ m

olan içi boşluklu döşeme elemanın % 33 - 42 boşluk oranıyla zati ağırlığı $G=234$ kg/m² dir.

Bu değer döşemeler için öngörülen $G=350$ kg/m² ' nin altında olmasına rağmen, içerisindeki boşluklardan ve dolayısıyla havadan dolayı, ses yalıtım indeksi,

$R_r=56$ Db, yapısal kaplamalı 59 Db

ve darbe sesi yalıtım indeksi yapısal kaplamalı $D_r=50 - 89$ Db arasındadır.

7.5. Kullanım Kolaylıkları ve Diğer Üstünlükleri

İçi boşluklu döşeme elemanlar öngerme donatısı ile, çelik sarfiyatından tasarruf sağlanmakta, boylu boyunca bırakılan boşluklar ve yüksek dayanımlı beton sayesinde de beton sarfiyatından ve ağırlıktan kazanılarak taşıma kapasitesi artırılmış olmakta ve boşluklar, elektrik ve su tesissatı için, iyi bir yerleşim yeri olmakta, ek bir maliyet yapmadan tesisat gizlenmektedir.

Boşluklu olması, taşıma ve montaj kolaylığının yanı sıra bitmiş yapının göreceli olarak hafiflemesini, kiriş, kolon, temel gibi elemanların daha az düşey yük ve deprem kuvvetlerine maruz kalmasını sağlamaktadır.

Kalıp, demir, beton işçiliği, malzeme ve zaiyat gibi unsurlardan tasarruf getirecek olan içi boşluklu döşeme elemanlar hızlı montaj, depreme dayanıklı birleşim detayları düzgün üretim yüzeyi ile sıva ve iskele ihtiyacı göstermemesi gibi doğrudan ve dolaylı yollarla diğer inşaat metodlarına göre ekonomi ve üstünlük sağlamaktadır.

Yığma inşaat, betonarme ve çelik çerçeve sistemli inşaat veya diğer inşaat usülleri ile kullanılabilinmektedir. Monte edildiği anda tam kapasite ile çalışacak bir platform elde edilmiş olur ve hem alt hemde üst kattaki inşaat kalemleri anında başlatılabilir.

Her türlü iklim şartlarında monte edilebilir ve minimum kalite maliyeti ile tasarımcılara geniş tasarlama imkanları sunar.

8. SONUÇ VE ÖNERİLER

Ülkemizde “ Toplu Konut Yasasının” devreye girmesi ve oluşturulan fonların yarattığı finansman kaynaklar nedeni ile “hızlı konut üretim teknolojileri” arayışı güncellik kazanmıştır. Bu teknolojilerden biri, prefabrik önerilmeli içi boşluklu döşeme elemanlardır.

İçi boşluklu döşeme elemanlar, üretim aşamasında çeşitli tekniklerle, kesit alanının ortasında, kesit alanının belli bir oranı boşluk olarak bırakılmış ve statik açıdan tek yönlü çalışan prefabrike döşeme elemanlardır.

Prefabrike bir yapı elemanı olan içi boşluklu döşemeler, beton kalitesinin yüksekliği ve özellikle öngerme işlemi ile boyutların küçülmesine ve ağırlığın azalmasına yol açarlar. Döşeme panellerin, kuru montajından sonra yerleştirilen ilave donatı ve yerinde dökme beton düşey taşıyıcılar ile döşeme arasındaki sürekliliği sağlar. Ara ve dış kirişler üzerinde oluşturulan hatıl, özel durumlarda yapının stabilitesini garantilemekle birlikte, yüksek yapılarda bu tip bir bağlantı, kırış duvar veya konsol oluşumunu sağlar.

Boşluklu döşemeler, yaygın olarak büyük açıklık isteyen ticaret ve alışveriş merkezlerinde, konutlarda, büro binalarında, çok katlı park yapılarında kullanılmaktadır.

Prefabrike önerilmeli içi boşluklu döşeme elemanlar :

- * İnşaattan kalıp, iskele ve sıva gerektirmez. Düzgün üretim yüzeyleri sağlar.
- * Yapıya harcanan zaman ve maliyetten tasarruf sağlar. Maksimum hızla, bakım maaliyeti minimum dayanıklı yapılar üretir.
- * Boşluklu olmasıyla;
 - Nakliyeden tasarruf
 - Kolay ve hızlı montaj
 - Ses ve ısı yalıtımı sağlar.

Kısaca, 120 cm modüler genişliği ile projelendirme ve uygulamada, fonksiyonel, estetik, ekonomik çözümler sağlar.

İçi boşluklu döşeme elemanların sağladığı üstünlükler ve kolaylıkların yanında;

- * Üretim fabrikalarının yaygın olmamasından dolayı nakliye masraflarının fazla olması,
- * Montaj sırasında vinç kullanılmasının zorunluluk olması,
- * Montaj için kalifiyeli eleman ihtiyacının olması,
- * Depreme karşı, özellikle birleşim bağlantılarının zayıf kalabilmesi,

gibi dezavantajlarını da unutmamak gerekir.

İnşaat mevsimi kısa süreli olan İskandinav ve Kanada gibi kuzey ülkelerinde boşluklu döşemeler ile konut üretiminin % 80 ' ni gerçekleştirilmektedir. Şantiye yatırımlarında % 70' lik bir tasarruf sağlayan bu sistem zaman açısından da uygulamada klasik yapım tekniğine göre % 60 tasarruf sağlamaktadır.

Ülkemizde, boşluklu döşeme panel üretiminin sınırlı olması ve üretim fabrikalarının ülke geneline yayılmamış olması yüzünden yukarıdaki yüzdeler yaklanamamakta ve dolayısıyla boşluklu döşeme paneller, yapı sistemine bir alternatif olarak tercih edilmemektedir.

Ülkemizde boşluklu döşeme elemanlar, Türkiye Prefabrik Birliğine üye üç (3) kuruluş tarafından çeşitli tekniklerle üretimi yapılmakta ve bu yönde yeni yatırım hazırlıkları da devam etmektedir.

Prefabrikasyon teknolojisinin dünya standartları düzeyinde geliştiği ülkemizde, bu konudaki araştırma ve deneylerin derinleştirilmesinin yararlı olacağı kanısındayım.

ÖNERİLER

1- Üretim fabrikaları, malzeme ve eleman durumuna göre ülke geneline yayılmalıdır. Montaj için kalifiyeli eleman geliştirilmesine önem verilmelidir.

2- Boşluklu döşeme panellerin, inşaat sektörüne tanıtımı, araştırmalar ve uygulamalarla yapılmalıdır. Bu konuda, firmaların, teknik elemanların, üniversitelerin katkısı önemlidir.

3- Boşluklu döşeme panellerin özellikle resmi sektör tarafından kolaylıkla uygulanabilmesi için ihale mevzuatı, teknik şartnameler vb. hususundaki eksikliklerin tamamlanması gerekmektedir.

4- Boşluklu döşeme paneller, günümüz şartlarıyla, maliyet açısından, özellikle toplu konut uygulamalarında tercih edilmelidir.

5- Boşluklu döşeme panellerde, süreklilik (diyafram) sağlanmalıdır. Bu da birleşim bağlantılarının önemini arttırmaktadır. Boşluklu döşeme panellerin en hassas noktaları olan birleşim bağlantılarında, hesaplalarla birlikte, iyi bir sistem seçilmesine, boyutların uygun olmasına, donatının bilinçli yerleştirilmesine, bağlantı yerlerinin korunmasına dikkat edilmelidir.

6- Boşluklu döşeme panellerin, gerektiğinde kesme dayanımını arttırmak için boşlukların betonla doldurulması düşünülebilir. Kullanılan beton sınıfı BS 20 olmalıdır.

7- Boşluklu döşeme panellerin, üstüne hasır çelikli beton kaplama (Topping) yapılarak döşemenin taşıma kapasitesi ve diyafram kabiliyeti artırılabilir.

KAYNAKLAR

- 1 - Bayındırlık ve İskan Bakanlığı, (1995) **1995 Yılı İnşaat ve Tesisat Birim Fiyatları**, ANKARA
- 2 - Eston, (1984) **Öngerilimli Boşluklu Eleman Kullanma Broşürü** ESKİŞEHİR
- 3 - Hutchinsan, Robin L. ; Rizkalla, Sami H. ; Lau, M. ; Heuvel, S. (1991) Horizontal Post - tensioned Connections For Precast Concrete Loadbearing Shear Wall Panels. **PCI Journal** (6), 64 -75
- 4 - Kocataşkın, F. (1975) **Yapı Malzemesi Bilimi**, İSTANBUL
- 5 - Low, Say - Gun; Tadrus, Maher K. ; Nijhawan, Jagdish C. (1991) Minimization Of Floor Thickness In Precast Prestressed Concrete Multistory Building. **PCI Journal** (4), 74 - 92
- 6 - Rabak A.Ş., (1986) **1. Öngerilmeli Beton ve Uygulamaları Semineri**, İSTANBUL
- 7 - Şenman, F. (1993) Kayar Kalıp Tekniği ile Öngerilmeli Betonarme Prefabrik Eleman Üretimi. **Şantiye Dergisi** (59 - 60), 32 - 33
- 8 - Türkiye Prefabrik Birliği, (1993) Boşluklu Döşemelerde Kesme Dayanımı Hesabı. **Prefabrik Birliği Dergisi** (27), 22
- 9 - Türkiye Prefabrik Birliği, (1991) **Prefabrike Yapı Elemanları Tolerans Yönetmenliği**, ANKARA
- 10- Türkiye Prefabrik Birliği, (1987) **2. Prefabrikasyon Sempozyumu**. Prefabrike Yapıların Proje Kriterleri, ANKARA
- 11- Tunçağ, M. (1991) Boşluklu Döşeme Elemanlarında Süreklilik. **Prefabrik Birliği Dergisi** (17 - 18), 21 - 26
- 12- Türk Standartları Enstitüsü, (1970) Binalarda Isı Etkilerinden Korunma Kuralları. **TS 825**, ANKARA
- 13- Türk Standartları Enstitüsü, (1965) Ses ve Gürültünün Fiziksel ve Öznel Yeğinliğinin İfadesi. **TS 187**, ANKARA

- 14- Tellord, T. (1988) Precast Prestressed Hollow Core Floors. **FIP Recommendation**, LONDON
- 15- Türk Standartları Enstitüsü, (1979) Öngerilmeli Beton Yapıların Hesap ve Yapım Kuralları. **TS 3233**, ANKARA
- 16- Türk Standartları Enstitüsü, (1992) Yapı Elemanları, Taşıyıcı Sistemler ve Binalar - Prefabrike Betonarme ve Öngerilmeli Betondan - Hesap Esasları ile İmalat ve Montaj Kuralları. **TS 9967**, ANKARA
- 17- Türkiye Prefabrik Birliği, (1990) **Prefabrike Betonarme Yapıların Tasarım İlkeleri Klavuzu**, ANKARA
- 18- Yücesoy, B. (1991) Türk Prefabrikasyon Sektörünün Genel Ekonomi Açısından Bugünkü Durumu. **Toprak İşveren Dergisi** (12), 4 - 7
- 19- Yapı Merkezi A.Ş., (1991) **Panelton El Kitabı**, ANKARA

