

T. C.
FIRAT ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

NORMAL BASINÇ DAYANIMLI BETON KARIŞIMLARININ YAPAY SİNİR
AĞLARI İLE HESAPLANMASI

77657

A. Tefik BİLDİK

YÜKSEK LİSANS TEZİ
İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

Danışman : Doç. Dr. Abdussamet ARSLAN

Elazığ, Temmuz 1998

T. C.
FIRAT ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**NORMAL BASINÇ DAYANIMLI BETON KARIŞIMLARINI YAPAY SİNİR
AĞLARI İLE HESAPLANMASI**

A. Tevfik BİLDİK

YÜKSEK LİSANS TEZİ
İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

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

İmza

İmza

İmza

Danışman

Doç. Dr. Abdussamet ARSLAN

ÖZET**Yüksek Lisans Tezi****NORMAL BASINÇ DAYANIMLI BETON KARIŞIMLARININ YAPAY SİNİR
AĞLARI İLE HESAPLANMASI****A. Tevfik BİLDİK****Fırat Üniversitesi****Fen Bilimleri Enstitüsü****İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı****1998, 49 Sayfa**

Son yıllarda bilgisayarlı mühendislik hesaplamalarında yapay zeka uygulamaları önem kazanmıştır. Bu çalışmada da bir yapay zeka yaklaşımı olan Yapay Sinir Ağları kullanılmıştır.

Konunun temelini normal basınç dayanımlı betonların karışım hesapları oluşturmaktadır. Çeşitli şartname ve standartlara göre karışım hesapları incelenmiş ve Türk standardı kullanılarak bir veri grubu oluşturulmuştur. Bu veri grubunun eğitilmesinden elde edilen sonuçlar literatürde mevcut olan deney sonuçları ile karşılaştırılmıştır. Bu karşılaştırmadan oldukça olumlu sonuçlar elde edilmiştir. Ayrıca yine son yıllarda çok büyük uygulama alanı bulan lifli betonlar ile ilgili verilerin eğitilmesi ile lifli betonların slump (çökme) değerleri hesaplanmıştır.

Yapay Sinir Ağları'nın özellikle mevcut çözümlerin birden fazla olduğu ampirik ifadelerle dayalı problemlerde uygun çözümler verdiği gösterilmiştir.

ANAHTAR KELİMELER : Yapay Sinir Ağları, Beton, Lifli Beton, Karışım Hesabı

SUMMARY

Masters Thesis

THE MIX DESIGN OF NORMAL WEIGHT CONCRETE WITH ARTIFICIAL NEURAL NETWORKS

A. Tefik BİLDİK

Fırat University

Graduate School of Natural and Applied Sciences

Department of Civil Engineering

1998 Page 49

In recent years the artificial intelligence applications had been popular in computer aided engineering calculations. In this thesis the Artificial Neural Networks which is a artificial intelligence approach was used.

The subject is the mix design of normal-weight concrete. Mix design methods subject to various standards were investigated and a data set was built using the Turkish Standard. A comparison had been made between the experimental results from the literature and the results of the trained data set. Good results had been found from this comparison. Also by training the data set about the fiber reinforced concrete which had been most popular in recent years, the slump values of fiber reinforced concrete were calculated.

It was shown that the artificial neural networks had given suitable solutions to the problems which have ampirical expressions and which the existing solutions more than one.

KEYWORDS : Artificial Neural Networks, Concrete, Fiber Reinforced Concrete, Mix Design

TEŞEKKÜR

Bu tezin önerilmesi, yönlendirilmesi ve tamamlanmasında büyük yardımlarını gördüğüm danışman hocam Sayın Doç. Dr. Abdussamet ARSLAN'a teşekkürlerimi sunarım.

Ayrıca İnşaat Müh. Bölümü başkanı Sayın Prof.Dr. Ataman HAKSEVER'e, önerilerinden faydalandığım Dr. Ragıp İNCE'ye ve İnşaat Müh. Bölümü'nün tüm elemanlarına teşekkür ederim.

PC
BÖLÜM BAŞKANI
ATAMAN HAKSEVER
13.04.2024

İÇİNDEKİLER

ÖZET	iii
SUMMARY	iv
TEŞEKKÜR	v
İÇİNDEKİLER	vi
ŞEKİLLERİN LİSTESİ	viii
TABLoların LİSTESİ	ix
1. GİRİŞ	1
2. YAPAY SİNİR AĞLARI	3
2.1 Giriş	3
2.2 Geri Yayılmalı Sinir Ağları	5
2.3 Delta Kuralı	5
3. TAZE VE SERTLEŞMİŞ BETONUN ÖZELLİKLERİ	10
3.1 Giriş	10
3.2 İşlenebilirlik	10
3.3 Basınç Dayanımı	11
3.3.1 Çimentonun basınç dayanımına etkisi	12
3.3.2 Karma suyu miktarının basınç dayanımına etkisi	13
4. ÇEŞİTLİ ŞARTNAMELERE GÖRE BETON KARIŞIM HESABI	15
4.1 Giriş	15
4.2 İngiliz Metodu'na (Road Search Laboratory) Göre Karışım Hesabı	16
4.2.1 Temel yaklaşım	16
4.2.2 Basınç dayanımı	16
4.2.3 İşlenebilirlik	16
4.2.4 Agrega granülometrisi	18
4.3 Türk Standardı'na (TS 802) Göre Karışım Hesabı	19
4.3.1 Maksimum agrega dane boyunun tespiti	19
4.3.2 Dane dağılımının tespiti	20
4.3.3 Su/çimento oranı ve su miktarının tespiti	21
4.3.4 Kırmanın tespiti	21

4.4 Amerikan Standardı'na (ACI 211.1) Göre Karışım Hesabı	23
4.4.1 Slump'ın tespiti	23
4.4.2 Maksimum agregada dane boyunun tespiti	23
4.4.3 Karışım suyu ve hava miktarının tespiti	24
4.4.4 Su/çimento oranının tespiti	24
4.4.5 Çimento miktarının tespiti	25
4.4.6 Kaba agregada miktarının tespiti	26
4.4.7 İnce agregada miktarının tespiti	26
4.4.7.1 Ağırlık metodu	27
4.4.7.2 Mutlak hacim metodu	27
5. ÇELİK LİFLİ BETONLAR	28
5.1 Giriş	28
5.2 Çelik Lifli Beton	28
5.3 Lifli Beton Özellikleri	31
5.4 Çelik Lifli Beton Slump Deneyleri	32
6. MODELLEME	35
6.1 Normal Basınç Dayanımlı Betonların Modellenmesi	35
6.1.1 Ağ parametrelerinin belirlenmesi	35
6.1.2 Ağın eğitim setinin hazırlanması	35
6.1.3 Ağın eğitilmesi	36
6.1.4 Ağın denenmesi	38
6.2 Çelik Lifli Betonun Slump Değerlerinin Modellenmesi	42
6.3 Karşılaştırmalı Örnek	46
7. SONUÇ	47
8. KAYNAKLAR	48

ŞEKİLLERİN LİSTESİ

Şekil 2.1 : Biyolojik nöron

Şekil 2.2 : Mc-Culloch Pits nöronu

Şekil 2.3 : Geri yayımlı sinir ağının mimarisi

Şekil 2.4 : Geri yayılma algoritmasının akış diyagramı

Şekil 3.1 : Karma suyunun basınç dayanımına etkisi

Şekil 4.1 : Basınç dayanımının su/çimento oranı ile değişimi

Şekil 4.2 : Çimento miktarının su/çimento oranı ile değişimi

Şekil 4.3 : Beton yoğunluğunun su miktarı ile değişimi

Şekil 4.4 : Maksimum agregada dane boyu 16 mm. olan beton agregası için granülometrik sınırlar

Şekil 5.1 : Slump deneyi sonuçları

Şekil 5.2 : Slump değerinin lif yüzdesi ile değişimi

Şekil 6.1 : Dataların hazırlanmasında kullanılan programın akış diyagramı

Şekil 6.2 : Eğitim aşamasında kullanılan YSA'nın mimarisi

Şekil 6.3 : Ağın eğitilmesi sırasında kaydedilen toplam hatalar

Şekil 6.4 : Ağ çıktıları ile deneylerin karşılaştırılması

(a) : Su miktarlarının karşılaştırılması

(b) : Çimento miktarlarının karşılaştırılması

(c) : Agregada miktarlarının karşılaştırılması

Şekil 6.5 : Slump değerlerinin eğitilmesinde kullanılan ağların mimarileri

(a) : Normal beton ağının mimarisi

(b) : Lifli beton ağının mimarisi

Şekil 6.6 : Deneme numunelerinin sonuçları

(a) : Slump değerleri

(b) : V-B değerleri

(c) : Hava miktarı değerleri

TABLoların LİSTESİ

Tablo 3.1 : Numune boyutunun basınç dayanımına etkisi

Tablo 4.1 : Su miktarları

Tablo 4.2 : Toplam agrega içerisindeki ince agrega yüzdesi

Tablo 4.3 : Maksimum agrega dane boyu

Tablo 4.4 : Beton basınç dayanımları için su/çimento oranları

Tablo 4.5 : Karışım suyu miktarı

Tablo 4.6 : Çökme değerleri

Tablo 4.7 : Yapı tipleri için slump değerleri

Tablo 4.8 : Karışım suyu ve hava miktarları

Tablo 4.9 : Su/çimento değerleri

Tablo 4.10 : Müsaade edilen maksimum su/çimento oranı

Tablo 4.11 : Kaba agrega miktarı

Tablo 4.12 : Tahmini beton birim ağırlığı

Tablo 5.1 : Slump deneyi sonuçları

Tablo 6.1 : Ağ parametreleri

Tablo 6.2 : Girdi nöronlarının kümeleri ve düzeltme faktörleri

Tablo 6.3 : Deneme aşamasında elde edilen sonuçları karşılaştırılması ve hatalar

Tablo 6.4 : Deneme numunelerinin karışım oranları

Tablo 6.5 : Sonuçların karşılaştırılması

1. GİRİŞ

İnsanoğlu daima yaratılışından gelen bir öğrenme ihtiyacı duymakta ve bu ihtiyacını da hep çevresini taklit ederek gidermektedir. Yapay Sinir Ağları da insanın bu davranışının bir sonucu olarak insan beyninin çalışmasını model edinmiş yapay bir sistem olarak ortaya çıkmıştır.

İnsan beyninin temel yapıtaşı, kendi başına bir anlam ifade etmeyen, bir ağ meydana getirerek paralel çalışan ve nöron olarak adlandırılan beyin hücreleridir. Bilgisayarların bazı problemleri çözmede yetersiz kalması bilimadamlarını insan gibi düşünebilen ve daha önce edindiği bilgilerden tecrübe kazanarak bunları yeni problemlerde kullanabilen bilgisayarlar yapmaya zorlamıştır. Bu bilgisayarlar problemi parçalara bölmekte ve ağ içerisindeki yapay nöronlar da bu parçaları kendi içerisinde işleyerek buldukları sonuçları kendilerine bağlanan diğer nöronlara iletmektedir.

Günümüzde Yapay Sinir Ağları; ekonomi, tıp, iktisat gibi dalların yanı sıra bütün mühendisliklerde de başarı ile uygulanmaktadır. Diğer mühendislik dallarında olduğu gibi inşaat mühendisliğinde de tecrübe tasarım için çok önemli parametrelerden birisidir. Ayrıca beton; heterojen, daneli ve non-lineer bir malzeme olduğundan problem çözümünde yapılan %5-10 mertebesindeki hataların birçok problemde önemli olmadığı ortaya çıkmaktadır. Yapay Sinir Ağları'nın mevcut çözümün birden fazla olduğu problemlerde ve ampirik ifadelerle dayalı teorik çözümlerde kullanılması oldukça uygun sonuçlar vermektedir. İnşaat mühendisliği problemleri de birden çok kabul edilebilir metodla çözülebildiğinden nöral ağlarla gerçekçi sonuçlara ulaşılabilir.

Bu çalışmada; normal basınç dayanımlı betonların karışım hesaplarının Yapay Sinir Ağları ile modellenmesine çalışılmıştır. Beton karışım hesapları günümüzde tamamen ampirik ifadelerle dayalı olduğundan tecrübeye dayalı bu tür bir çözümde uygun sonuçlar alınacağı tahmin edilmiştir. Ancak betonun karmaşık yapısından dolayı yapılan deneylerde sınırlı ölçüde hatalar meydana gelmektedir. Bu çalışmada öncelikle çeşitli şartnameler ve standartlar incelenmiş ve hepsinde de yapılan hesabın küçük değişiklikler dışında aynı olduğu saptanmıştır. Daha sonra bu standartlar ve şartnamelere göre eğitilen ağ Delft Üniversitesi'nde yapılmış olan deney sonuçları ile karşılaştırılmıştır. Bu karşılaştırmadan oldukça olumlu sonuçlar elde edilmiştir.

Ayrıca lifli betonların karışım hesabının yapılması amacıyla değişik su/çimento oranları için slump deneyleri yapılmıştır. Slump sonuçları da eğitilerek çelik liflerin slump üzerindeki etkisi incelenmiştir.



2. YAPAY SINIR AĞLARI

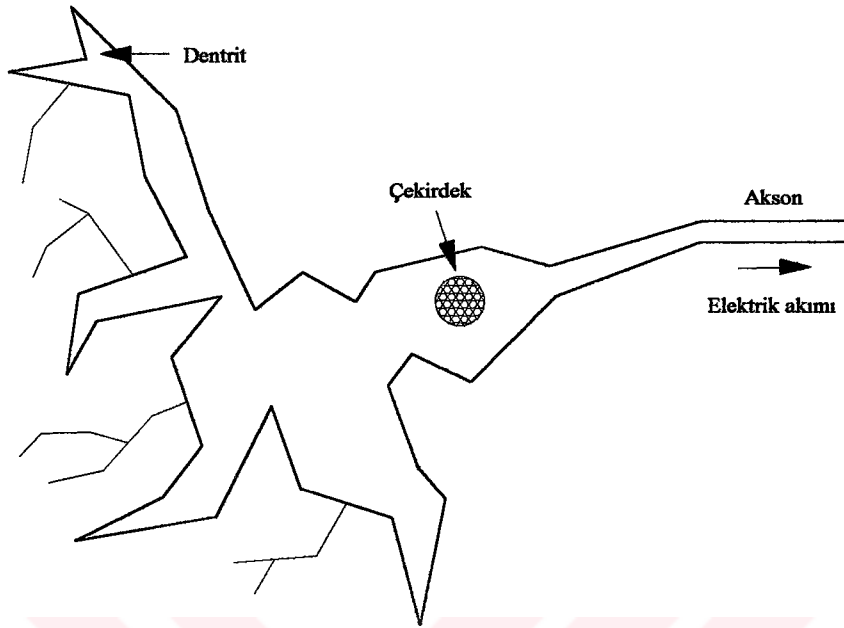
2.1 Giriş

Sinir ağları insan beyindeki nöronlara benzer olarak çalışan karmaşık sistemlerdir. Yani, bu ağlar insan beyninin biyolojik fonksiyonlarının basit bir modellenmesinden ibarettir. Ağ, kendisine sunulan veriler arasında bağlantılar kurarak problemi öğrenmekte, deneysel sonuçları depolamakta ve bunları kullanıma hazırlamaktadır.

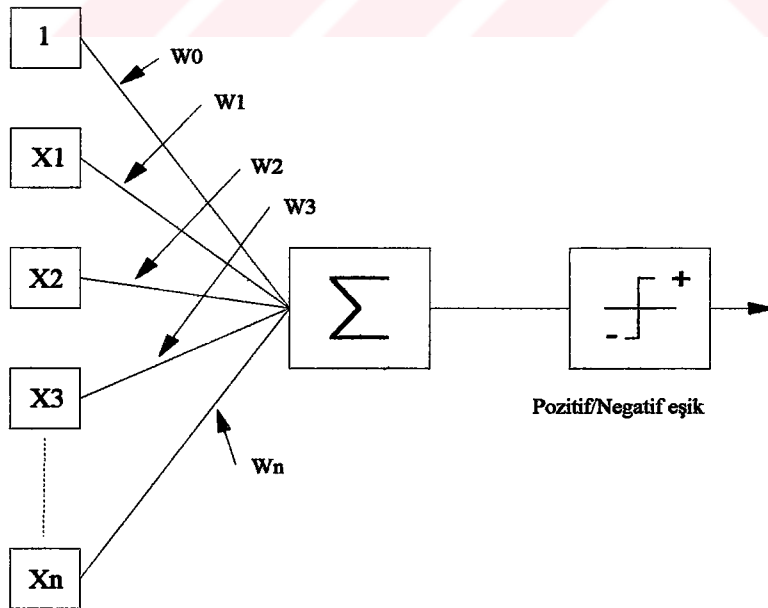
Nasıl ki insan beyindeki tek bir nöron kendi başına bir şey ifade etmezse sinir ağları da ancak paralel çalışan bir ağ sistemi ile sonuca ulaşmaktadır. Sinir ağlarının en önemli özellikleri verilen örneklerden ve datalardan direkt olarak problemi öğrenebilme kabiliyetleridir. Bu özellik daha çok dataların karmaşık olduğu problemlerde üstünlükler sağlamaktadır. Biyolojik nöron, bir çekirdek, bir gövde ve iki tür uzantıdan oluşmaktadır. Kısa ve dallanmış uzantılar olan dentritler giriş bilgilerini almakta, uzun ve tek olan akson ise çıkış bilgilerini diğer nöronlara taşımaktadır. Sinaps adı verilen akson ve dentritin birleşim yeri bir eşik vazifesi görmektedir. Biyolojik nöronun şekli Şekil 2.1’de gösterilmiştir.

Şekil 2.2’de ise matematiksel olarak modellendirilmiş bir biyolojik nöron verilmiştir. Bu nöronlar McCulloch-Pitts nöronu olarak adlandırılmakta ve birbirleriyle bağlantılar kurarak ağın işlem birimini temsil etmektedirler. Herbir nöron basit bir anahtar görevi görmekte ve gelen sinyali ya söndürmekte ya da bir sonraki nörona iletmektedir. Böylece ağ içerisindeki herbir birim belli bir yüke sahip olmaktadır. (McCulloch ve Pitts, 1943)

Sinir ağlarının en önemli avantajı deneysel dataların direkt olarak kullanılabilmesidir. Burada amaç, insan beyninin öğrenmesine benzer bir metod geliştirmektir. Sinir ağları bunu paralel çalışan elemanlarla gerçekleştirmektedir. İlk sinir ağları modeli McCulloch ve Pitts tarafından geliştirilmiştir ve bu model daha sonraki birçok modele temel teşkil etmektedir. 1950’li yıllarda Rosenblatt, McCulloch ve Pitts nöronuna dayalı basit bir biyolojik nöron modeli olan Perceptron’u geliştirmiştir.



Şekil 2.1 Biyolojik nöron



Şekil 2.2 McCulloch-Pitts nöronu

Widrow ve Hoff ADALINE olarak adlandırılan bir McCulloch ve Pitts nöronu oluşturmuşlardır. Buradaki en önemli fark Delta Öğrenme Kuralı'nın kullanılmış olmasıdır.

Son olarak Hinton ve Williams, Widrow ve Hoff öğrenme kuralına dayalı saklı tabakası olan bir öğrenme algoritması geliştirmişlerdir. Bu algoritma Geri Yayılmalı ağ modeli olarak adlandırılmakta ve çok yaygın şekilde kullanılmaktadır. 1980'li yılların başlarında Hopfield kendi adıyla anılan geri beslemeli bir ağ modeli geliştirmiş ve bunu optimizasyon problemlerinin çözümüne uygulamıştır.

Literatürde çok çeşitli sinir ağları kullanılmıştır. Her ağ tipinin farklı bir yönden avantajları bulunmaktadır. Bazıları optimizasyon problemlerine uygun olmakta bazıları ise adaptasyon ve öğrenmede uygunluk göstermektedir. Bilinen diğer sinir ağı tipleri Hopfield ağı, Kohonen ağı ve Adaptive Resonans Teorisidir.

2.2 Geri Yayılmalı Sinir Ağları

Geri yayılmalı sinir ağları bir girdi tabakası, bir saklı tabaka ve bir çıktı tabakası olmak üzere en az üç tabakadan oluşmaktadır. Bu üç tabakalı yapı Şekil 2.3'de gösterilmiştir. Bazı uygulamalarda saklı tabaka sayısı birden fazla olmaktadır. Girdi tabakasındaki her bir nöron bir girdi değerine karşılık geldiğinden bu tabakadaki nöron sayısı girdi sayısına eşittir. Saklı tabakadaki nöron sayısı ise tasarımcının tecrübesine bırakılmıştır. Fakat çok sayıda saklı tabaka nöron sayısı hassasiyeti azaltmaktadır.

2.3 Delta Kuralı

Girdi tabakasındaki nöron sayısı A , saklı tabakadaki nöron sayısı B , çıktı tabakasındaki nöron sayısı C , girdi tabakasının çıktısı x_j , saklı tabakanın çıktısı h_j , çıktı tabakasının çıktısı o_j , saklı tabaka ile girdi tabakası arasındaki ağırlıklar $w_{1,ij}$ ve çıktı tabakası ile saklı tabaka arasındaki ağırlıklar $w_{2,ij}$ ile gösterilmek üzere Delta kuralının algoritması aşağıdaki gibi olmaktadır. Bu algoritmaya ait akış diyagramı Şekil 2'de gösterilmiştir.

1. Başlangıç ağırlıkları -1 ile 1 arasında seçilmektedir.

$$i = 0, \dots, A \text{ ve } j = 1, \dots, B \text{ için } w_{1ij} = \text{random}(-1, 1)$$

$$i = 0, \dots, B \text{ ve } j = 1, \dots, C \text{ için } w_{2ij} = \text{random}(-1, 1)$$

burada 0 indisi ile bias nöronu ifade edilmektedir.

2. Bias nöronları $x_0 = 1$ ve $h_0 = 1$ olarak alınmaktadır.

3. Saklı tabakanın aktivasyon fonksiyonu;

$$h_j = 1 / (1 + \exp (- \sum w_{1ij} * x_i)) \quad j = 1, \dots, B$$

olarak hesaplanmaktadır.

4. Çıktı tabakasının aktivasyon fonksiyonu:

$$o_j = 1 / (1 + \exp (- \sum w_{2ij} * h_i)) \quad j = 1, \dots, C$$

olarak hesaplanmaktadır.

5. Çıktı tabakasının hatası, o_j model çıktısı ve y_j gerçek çıktı olmak üzere;

$$\delta_{2j} = o_j * (1 - o_j) * (y_j - o_j) \quad j = 1, \dots, C$$

olarak hesaplanmaktadır.

6. Saklı tabakanın hatası ise;

$$\delta_{1j} = h_j * (1 - h_j) * \sum \delta_{2i} * w_{2ij} \quad j = 1, \dots, B$$

olarak hesaplanmaktadır.

7. Çıktı tabakası ile saklı tabaka arasındaki ağırlıkların adaptasyonu;

$$\Delta w_{2ij} = \beta * \delta_{2j} * h_j \quad i = 0, \dots, B \quad j = 1, \dots, C$$

ve saklı tabaka ile girdi tabakası arasındaki ağırlıkların adaptasyonu da;

$$\Delta w_{1ij} = \beta * \delta_{1j} * x_j \quad i = 0, \dots, A \quad j = 1, \dots, B$$

olarak yapılmaktadır. Burada β öğrenme oranıdır. Birçok araştırmacı öğrenme oranı değerinin 0.1 ile 1 arasında olması gerektiğini savunmaktadırlar. (Widrow ve Stearns, 1985)

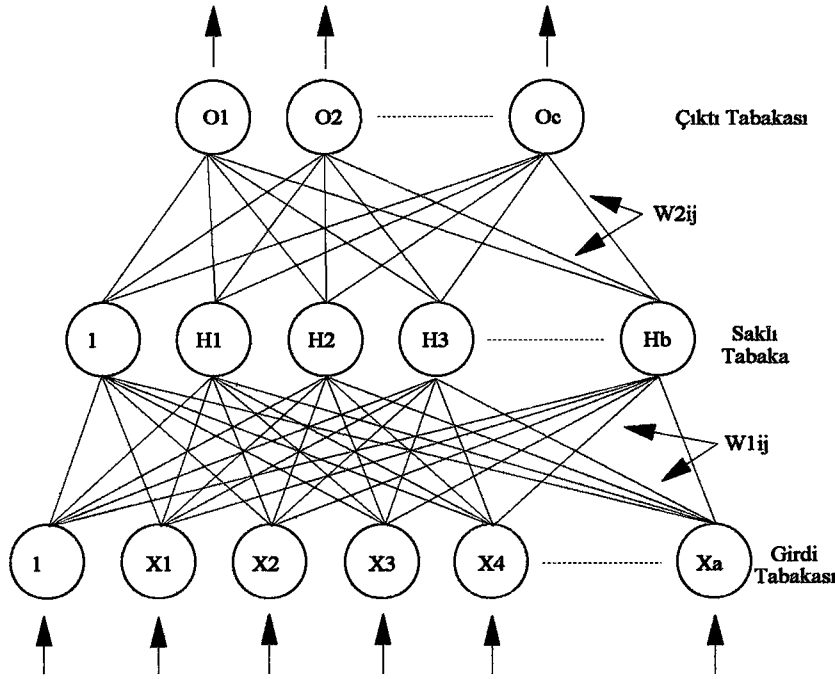
8. İstenilen yakınsaklık elde edilene kadar 3-8 adımları iteratif olarak tekrarlanmaktadır.

Ayrıca öğrenme hızını artırmak amacıyla 7. Adımdaki bağıntılara momentum ifadesi ilave edilmektedir.

$$\Delta w_{2ij}^{(t+1)} = \beta * \delta_{2j} * h_j + \alpha * \Delta w_{2ij}^{(t)}$$

$$\Delta w_{1ij}^{(t+1)} = \beta * \delta_{1j} * x_j + \alpha * \Delta w_{1ij}^{(t)}$$

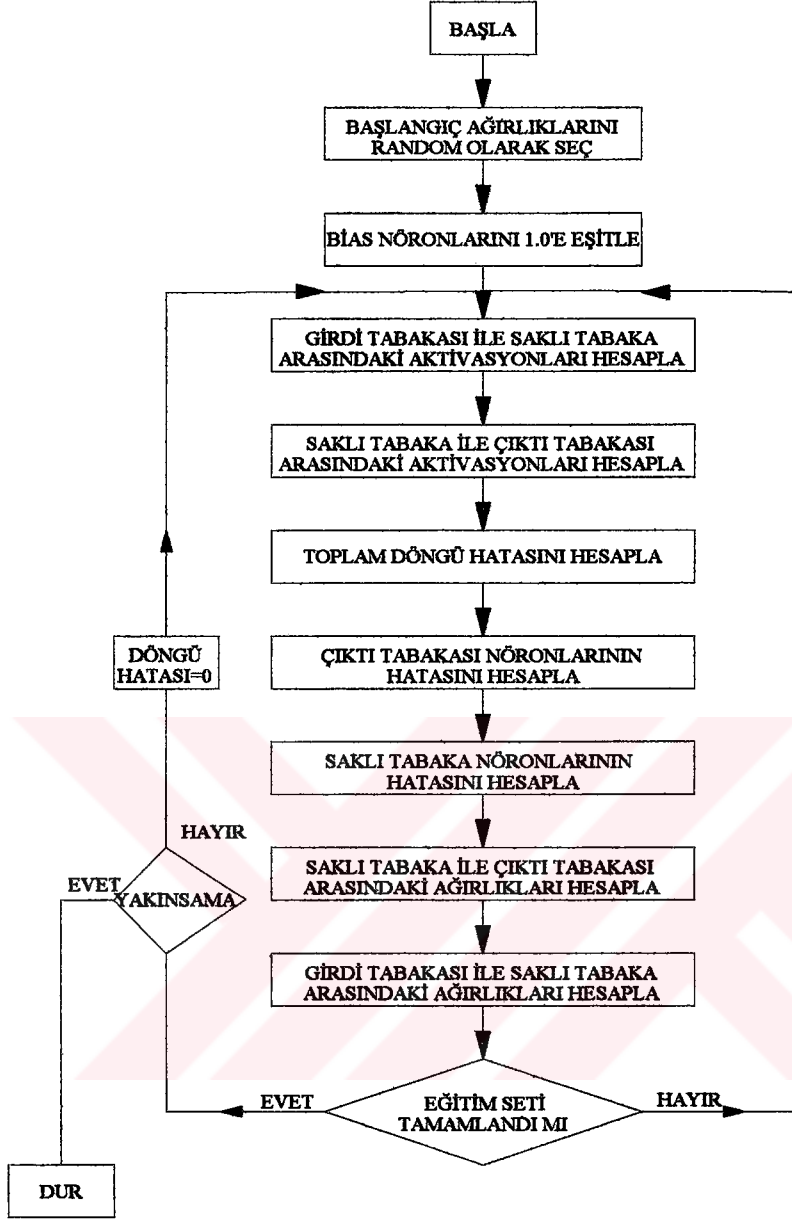
Burada α momentum ifadesini göstermektedir ve en uygun değerinin 0.9 olduğu kabul edilmiştir.



Şekil 2.3 Geri yayımlı sinir ağının mimarisi

Geri yayımlı bir yapay sinir ağında aynı tabakadaki nöronlar arasında bir bağlantıya izin verilmemektedir. Buna karşılık her nöron bir sonraki tabakadaki nöronların herbirine bir girdi değeri göndermektedir. Geri yayımlı sinir ağlarında tüm dataların girdi ve çıktı değerleri verilmelidir.

İleri besleme safhasında girdi tabakasındaki nöronlar datalara ait girdi değerlerini saklı tabakaya iletmekte ve herbir saklı tabaka nöronu kendisine gelen verinin ağırlıklı bir toplamını hesaplamakta, bu toplamı kendi aktivasyon fonksiyonundan geçirerek aktivasyon değerini çıktı tabakasına iletmektedir. Tabakalar arasındaki ağırlıklar başlangıçta küçük random sayılar olarak belirlenmektedir. İteratif işlemler yakınsadığı zaman eğitim safhası tamamlanmış sayılmakta ve elde edilen ağırlıklar deneme safhasında kullanılmak üzere saklanmaktadır. Buna göre geri yayılma algoritması aşağıdaki gibi olmaktadır.



Şekil 2.4 Geri yayılma algoritmasının akış diyagramı

3. TAZE VE SERTLEŞMİŞ BETONUN ÖZELLİKLERİ

3.1 Giriş

Beton; çimento, beton agregası, su ve gerektiğinde katkı maddelerinin homojen olarak karıştırılması ile elde edilen, başlangıçta plastik kıvamda olup zamanla çimentonun hidratasyonu ile sertleşen ve çok geniş bir kullanım alanı olan önemli bir yapı malzemesidir. Betonun kıvam, işlenebilirlik, dayanım ve dayanıklılık gibi özelliklere sahip olabilmesi için bileşenlerinin oranlarını tespit etmek amacıyla bir karışım hesabının yapılması gerekmektedir. Bu hesap sonucunda, istenilen özellikleri sağlayacak betonun çimento, kaba agregası, ince agregası ve su oranları bulunabilmektedir.

Betonun homojen bir malzeme olmayıp non-lineer bir özellik göstermesi dolayısıyla malzeme özellikleri ile ilgili bütün matematiksel bağıntılar deneylerden elde edilen sonuçlar ışığında bulunmuş ampirik ifadelerden oluşmaktadır. Bu sebepten dolayı betonun matematiksel olarak modellenmesi diğer malzemelere oranla daha zor olmaktadır.

3.2 İşlenebilirlik

İstenilen özelliklere sahip ve kaliteli bir sertleşmiş beton elde edebilmek için taze betonun aşağıdaki özellikleri sağlaması gerekmektedir.

- Kolayca karıştırılıp taşınabilmelidir,
- Kalıbı tamamen dolduracak kadar bir akıcılığa sahip olmalıdır,
- Yerleştirildikten sonra tam anlamıyla sıkıştırılabilmelidir,
- Kalıba yerleştirildikten sonra segregasyona uğramamalıdır.

Bu özellikleri sağlayan betonun işlenebilirliği, yüksek olarak kabul edilmektedir. Taze betonun taşıma ve kalıbına yerleştirme sırasında kohezyonunu ve homojenliğini kaybetmemesi ve kalıplarda kolaylıkla yayılarak mümkün olduğu kadar az boşluk bırakarak bunları doldurma özelliklerinin hepsi birden işlenebilirlik özelliği ile ifade

edilmektedir. Aynı zamanda işlenebilirlik, standart şartlar altında tam bir sıkışma sağlamak için yapılan işin miktarı olarak da tarif edilebilmektedir. İşlenebilirliğe etki eden başlıca faktörler su miktarı, çimento miktarı ve agregâ özellikleridir. Verilen malzeme ve oranlar için bir metreküp betonda bulunan su miktarı arttıkça işlenebilirlik de artmaktadır. Bu sebeple pratikte, su miktarının bilinmesi durumunda kesin bir işlenebilirlik derecesi tespit etmek mümkün olmaktadır.

İşlenebilirliğe etki eden agregâ özelliklerinden en önemlileri ise; maksimum dane boyu, dane şekli ve yüzey yapısı ve agregâ granülometrisidir. Yapılan deneyler sonucunda aynı dayanım, işlenebilirlik ve agregâ dane şekli için maksimum dane boyu arttıkça su ve çimento miktarlarının azaldığı görülmektedir. Bu sebeple ekonomik bir çözüme ulaşmak için mümkün olduğu kadar dane boyu büyük agregâ tercih edilmelidir. Dane boyu küçüldükçe daha fazla suya ihtiyaç olmakta ve buda beton dayanımını olumsuz yönde etkilemektedir. Ayrıca uygun granülometrik değerlere sahip agregânın kullanılması da işlenebilirliği yükseltmektedir.

Çimento miktarının işlenebilirliğe etkisi normal dayanımlı betonlar için ihmal edilebilir seviyede olmasına rağmen, çimento miktarı bakımından zengin karışımlarda çimentonun inceliğinden dolayı işlenebilirlik olumsuz yönde etkilenmektedir.

İşlenebilirlik özelliğinin ölçülmesinde kullanılan en yaygın metod Slump testidir. Bu metodda alt çapı 20 cm., üst çapı 10 cm. ve yüksekliği 30 cm. olan Abrams Konisi kullanılmaktadır. Deney için bu koni betonla doldurularak sıkıştırılmakta ve koni yukarıya doğru çekildikten sonra oluşan çökme ölçülmektedir. Çökme miktarı ne kadar fazla ise işlenebilirliğin de o kadar yüksek olduğu sonucuna varılmaktadır.

3.3 Basınç Dayanımı

Beton, diğer birçok gevrek yapı malzemesi gibi basınç dayanımı yüksek, çekme dayanımı düşük bir malzemedir. Betonun standart basınç dayanımı; suda saklanmış 28 günlük, çapı 150 mm., boyu 300 mm. olan silindir numunelerin eksenel basınç altındaki dayanımı olarak tanımlanmaktadır. Bu dayanım gerilme cinsinden ifade edilmekte ve silindirin kırılma yükünün alana bölünmesi ile elde edilmektedir. Bazen silindir numuneler

yerine 200*200*200 mm. boyutlarındaki küp numuneler de kullanılmaktadır. Küp ve silindir dayanımları arasındaki ilişkiyi saptayabilmek amacı ile çok sayıda deney yapılmıştır. Bu deneyler sonucunda silindir dayanımının küp dayanımına oranının ortalama olarak 0.80-0.85 olduğu bulunmuştur. Fakat bu oranlar çok kesin değildir. Ayrıca yapılan çok sayıda deneyle numune geometrisinin de basınç dayanımını etkilediği anlaşılmıştır. Genellikle numune boyutları küçüldükçe basınç dayanımı artmakta ve bu olaya 'Boyut Etkisi' denilmektedir. Boyut etkisinin öneminin anlaşılması bakımından Tablo 3.1'deki değerler verilmiştir.(Ersoy,1985)

Tam anlamıyla sıkıştırılmış betonda basınç dayanımı su/çimento oranı ile ters orantılıdır. Belli bir çimento ve agrega için betonun basınç dayanımı; su/çimento oranı, agrega/çimento oranı, maksimum agrega dane çapı ve agreganın şekli, yüzey yapısı, dayanımı ve granülometrisine bağlıdır.

3.3.1 Çimentonun basınç dayanımına etkisi

Çimento iki bakımdan basınç dayanımının değişmesine etki etmektedir. Bunlardan birincisi, 1 m³ betonda bulunan ağırlık cinsinden çimento miktarı yani dozajdır. Çimento dozajının artması ile çimento hamurunun hacmi artmakta ve herhangi bir zorlama altında çimento hamurunda meydana gelen gerilmelerin küçük olması sağlanmaktadır. Diğer bir deyişle betonun basınç dayanımı çimento miktarının fazlalaşmasıyla artmaktadır. Normal dayanımlı betonlarda dozaj dar bir sınır içerisinde değiştiğinden, çimento miktarı ile basınç dayanımı arasında lineer bir bağıntının olduğu kabul edilmektedir.

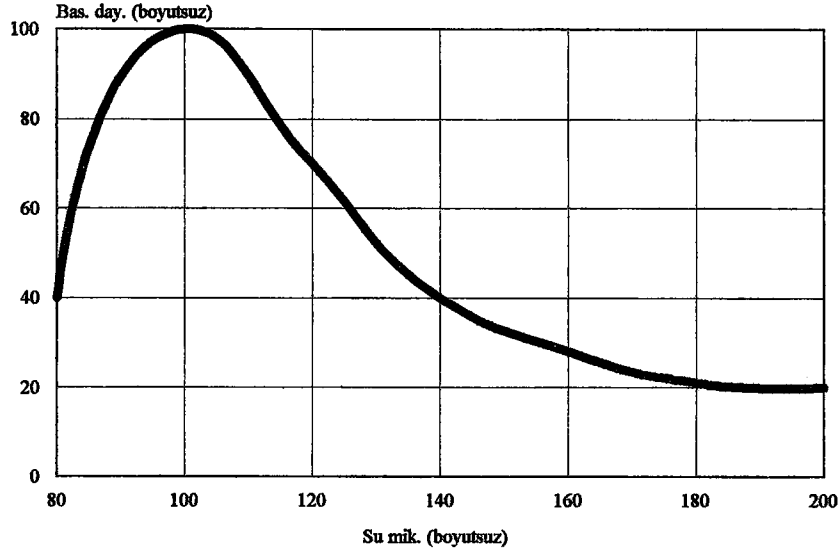
Çimentonun ikinci etkiye şekli ise cinsinin yani mekanik dayanımının beton dayanımına etkisi şeklinde ortaya çıkmaktadır. Burada anlatılmak istenen durum, çimentonun dayanımının artması ile beton basınç dayanımının da artmasıdır.

Tablo 3.1 Numune boyutunun basınç dayanımına etkisi

Numune Geometrisi	Numunenin Boyutları (mm)	Basınç Dayanımının Standart Numune Bas. Dayanımına Oranı
Küp	300*300*300	0.90
Küp	200*200*200 (standart)	1.00
Küp	150*150*150	1.10
Küp	100*100*100	1.25
Silindir	250*500	0.95
Silindir	150*300 (standart)	1.00
Silindir	100*200	1.05

3.3.2 Karma suyu miktarının basınç dayanımına etkisi

Beton üretiminde kullanılan karma suyunun işlevleri; bağlayıcı madde yani çimentonun hidratasyonun sağlamak, kum ve iri agrega tanelerini ıslatmak ve betonun işlenebilirlik özelliğinin istenen düzeyde olmasına yardım etmek şeklinde sıralanmaktadır. Belirli miktarda çimento ve agrega kullanılarak beton üretilmesi durumunda betonun basınç dayanımını maksimum yapacak olan optimum bir su miktarı vardır. Kullanılan karma suyunun bu optimum miktardan fazla ve az olması basınç dayanımını olumsuz yönde etkilemektedir. Bu ilişkinin daha iyi anlaşılması için optimum karma suyu miktarını 100 kabul ederek su miktarlarına karşı gelen dayanım değerlerini gösteren grafik, Şekil 3.1’de verilmiştir. (Postacıoğlu, 1987)



Şekil 3.1 Karma suyunun basınç dayanımına etkisi

4. ÇEŞİTLİ ŞARTNAMELERE GÖRE BETON KARIŞIM HESABI

4.1 Giriş

Beton homojen ve lineer olmayan bir malzeme olduğundan bileşenlerinin oranları, sertleştikten sonraki özelliklerini önemli ölçüde etkilemektedir. İstenen özellikte beton üretebilmek amacıyla çeşitli karışım hesapları geliştirilmiş ve bu hesap esasları şartnamelerde verilmiştir. Yaklaşık olarak bütün şartnamelerde aynı mantıkla hareket edilmiş ve ampirik formüller oluşturulmuştur. Bu hesapların yanısıra sıcaklık, hava şartları, bakım, kür ve çevre şartları da betonun özelliklerini yakından etkilemektedir. Esas amaç, betonda istenilen dayanım ve dayanıklılığı sağlayacak şekilde üretim yapmaktır. Karışım hesabında izlenen adımlar aşağıda sırasıyla verilmiştir.

1. Betonun kullanılacağı yere göre şartnamelerde belirtilen bir slump değeri tespit edilmektedir.
2. Betonarme yapıdaki elemanların en dar boyutuna göre maksimum agregada dane çapı seçilmektedir. Büyük çaplı agregalarda boşluklar daha az olduğundan mümkün olduğu kadar büyük çaplı agregada tercih edilmektedir. Ayrıca büyük çaplı agreganın kullanılması belli bir su/çimento değeri için basınç dayanımını da artırmaktadır.
3. Verilen bir slump değerini sağlayacak betonun birim hacmindeki su miktarı; maksimum agregada dane çapına, dane şekline, agregada granülometrisine, hava miktarına ve kullanılan katkı maddelerine bağlı olmaktadır. Bu nedenle slump, agregada dane çapı ve granülometriye bağlı olarak gerekli su miktarı ve hava miktarı tespit edilmektedir.
4. Gerekli basınç dayanımını sağlayacak şekilde bir su/çimento oranı seçilmektedir.
5. Su miktarı ve su/çimento oranından faydalananarak gerekli çimento miktarı tespit edilmektedir.
6. Su, çimento ve hava miktarından faydalananarak agregada miktarı tespit edilmektedir.

Beton basınç dayanımını etkileyen en önemli faktör su/çimento oranı olarak ortaya çıkmaktadır. Su miktarının optimum miktardan eksik veya fazla olması basınç dayanımını olumsuz yönde etkilemektedir. Ayrıca toplam agregada miktarının çimento

miktarına oranı ve kaba agreganın miktarının toplam agreganın miktarına oranı da önemli kriterleri oluşturmaktadır.

4.2 İngiliz Metodu'na (Road Search Laboratory) Göre Karışım Hesabı

4.2.1 Temel yaklaşım

Metod temel olarak aşağıdaki gibi özetlenebilir:

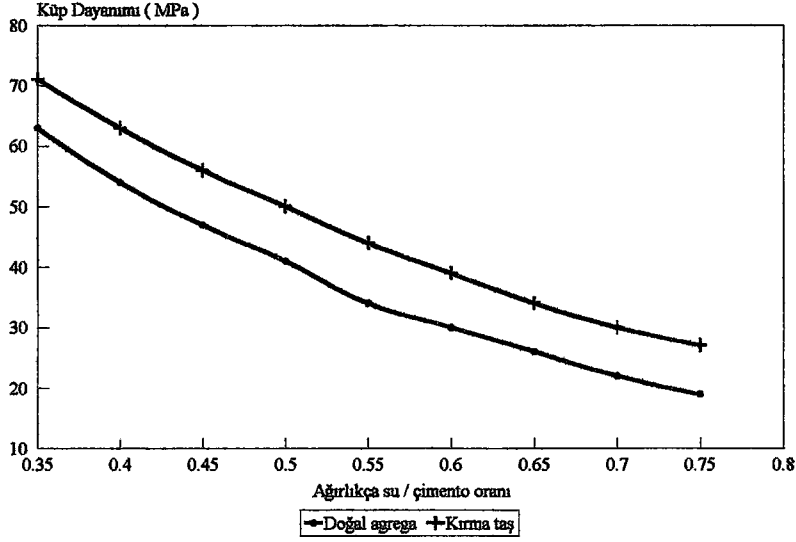
- a. İstenilen basınç dayanımı ve dayanıklılığı sağlayabilmek amacıyla beton yaşı ve çimento tipi için eldeki verilerden su/çimento oranı tespit edilir.
- b. Betonun istenen işlenebilirlik seviyesi tespit edilir. Buradan gerekli su miktarı bulunur.
- c. Agreganın su/çimento oranı hesaplandıktan sonra plastik beton elde edebilmek için ince agreganın kaba agregaya oranı tespit edilir.

4.2.2 Basınç dayanımı

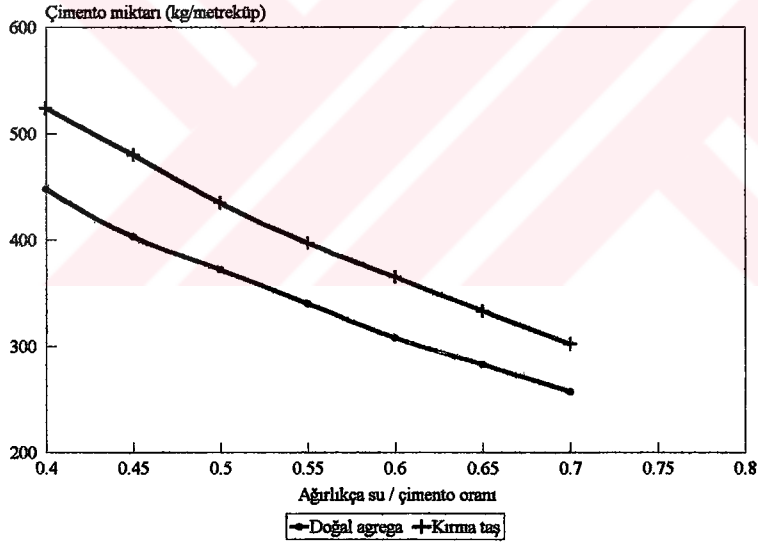
Uygun bir çimento ile üretilip tam olarak sıkıştırılmış betonda dayanımı etkileyen faktörlerin birincisi su/çimento oranı, ikincisi ise agreganın şeklidir. Kaba agreganın kırılmış agregası ve doğal agregası olarak iki grupta incelenmiştir. Şekil 4.1'de normal Portland çimentosu ile üretilmiş betonun kırılmış ve doğal agregası için 28 günlük karakteristik küp dayanımları su/çimento oranına bağlı olarak gösterilmiştir.

4.2.3 İşlenebilirlik

Bu önemli özellik beton üretiminin ekonomisini yakından etkilemektedir. İşlenebilirliği etkileyen en önemli faktör su miktarıdır. Tablo 4.1'de değişik işlenebilirlik değerleri, değişik agreganın dane boyları ve şekilleri için gerekli su miktarlarını göstermektedir. Çimento miktarı da işlenebilirliği etkileyen faktörlerden birisidir. Şekil 4.1'den gerekli su/çimento oranı ve Tablo 4.1'den su miktarı belirlendikten sonra



Şekil 4.1 Basınç dayanımının su/çimento oranı ile değişimi



Şekil 4.2 Çimento miktarının su/çimento oranı ile değişimi

çimento miktarı bu iki değerin oranı ile kolayca tespit edilebilir. Ayrıca Şekil 4.2 yardımıyla da su/çimento oranına karşılık gelen çimento miktarı belli bir işlenebilirlik ve agreg tipine için bulunabilir. Bütün bu adımlardan sonra Şekil 4.3 kullanılarak çeşitli agreg yoğunlukları için su miktarına bağlı olarak taze betonun yoğunluğu tespit edilir.

Böylece 1 m³ beton içerisindeki bütün bileşenler bulunduğuna göre, son adım olan agreganın miktarının tespiti mümkün olur. Agreganın miktarı bulunduktan sonra Tablo 4.2 yardımıyla çimento miktarı, maksimum agrega dane boyu ve beton işlenebilirliğine bağlı olarak ince ve kaba agrega oranları tespit edilir.

4.2.4 Agreganın granülometrisi

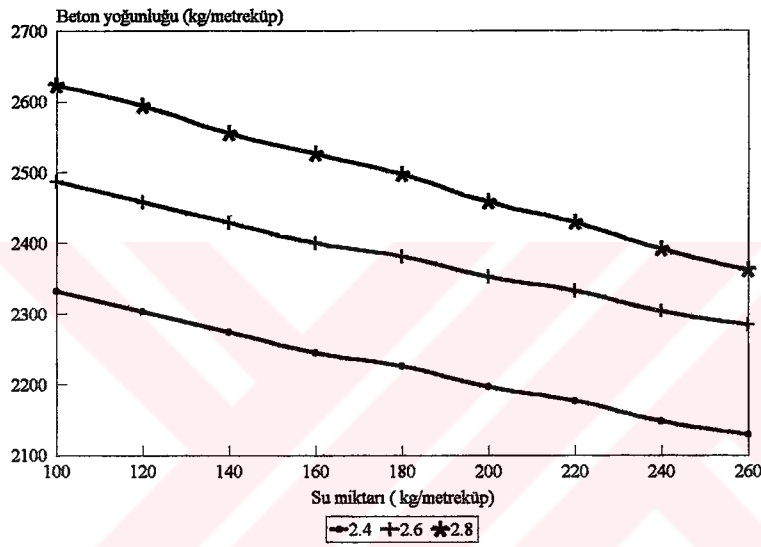
Betonun kompozitesinin ve dolayısıyla da dayanımının yüksek olması için maksimum agrega dane boyunun mümkün olduğu kadar büyük seçilmesi gerekmektedir. Bu şekilde tasarlanan bir karışımda karma suyu da minimize edilmiş olacaktır. Maksimum agrega dane boyunun seçiminden sonra değişik agrega boylarının da belli sınırlar içerisinde olması gerekmektedir. Bu bakımdan ince ve kaba agregadan oluşan karışımın amaçlanan bir granülometriye sahip olabilmesi için bileşenlerin oranlarının tespiti büyük önem arz etmektedir. Şekil 4.4’de maksimum agrega dane boyu 40 ve 20 mm olan agregalar için granülometrik eğriler verilmiştir.

Tablo 4.1 Su miktarları

İşlenebilirlik		Çok düşük	Düşük	Orta	Yüksek
Sıkıştırma faktörü		0.78	0.85	0.92	0.95
Slump (mm)		0	0-25	25-50	60-150
Maksimum agrega dane boyu (mm)	Agrega dane şekli	Yukarıdaki işlenebilirlik dereceleri için gerekli su miktarı (kg/m ³)			
10	Doğal	150	180	205	225
	Kırılmış	180	205	230	250
20	Doğal	135	160	180	195
	Kırılmış	170	190	210	225
40	Doğal	115	140	160	175
	Kırılmış	155	175	190	205

Tablo 4.2 Toplam agregre içerisindeki ince agregre yüzdesi

İşlene	Maksimum agregre dane boyu (mm)								
bilirlik	10			20			40		
	Çimento miktarı (kg/m ³)								
	Düşük	Orta	Yüksek	Düşük	Orta	Yüksek	Düşük	Orta	Yüksek
Düşük	45	40	35	40	35	30	35	30	30
Orta	50	45	40	45	40	35	40	35	35
Yüksek	55	50	45	50	45	40	45	40	40

**Şekil 4.3** Beton yoğunluğunun su miktarı ile değişimi

4.3 Türk Standardı (TS 802)'ye Göre Karışım Hesabı

4.3.1 Maksimum agregre dane boyunun tespiti

Yüksek dayanımlı beton üretebilmek için maksimum agregre dane boyunun mümkün olduğu kadar büyük seçilmesinin gerektiği daha önce ifade edilmişti. TS 802'de bu agregre boyutu yapı alamanının cinsi ve en dar kesitinin boyutu ile sınırlandırılmaktadır. Maksimum agregre dane boyu, en dar kesitin kalıp genişliğinin 1/5'inden, döşeme

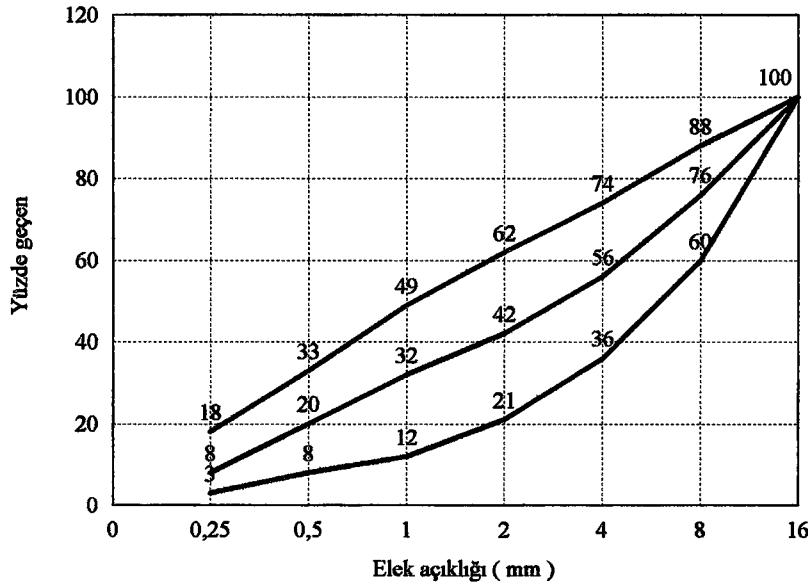
derinliğinin 1/3'ünden ve donatılı betonda en küçük donatı aralığının 3/4'ünden küçük seçilmelidir. Bu sınır değerler Tablo 4.3'te verilmiştir.

Tablo 4.3 Maksimum agregada dane boyu

Yapı elemanı kesitinin en dar boyutu (cm)	Maksimum agregada dane boyu (mm)			
	Donatılı perde, kiriş ve kolonlar	Sık donatılı döşemeler	Setrek donatılı veya donatısız döşemeler	Donatısız perdeler
6 - 14	16	16	32	16
15 - 29	32	32	63	32
30 - 74	63	63	63	63

4.3.2 Dane dağılımının tespiti

Beton agregasının dane dağılımı, yani granülometrisi maksimum agregada dane boyuna bağlı olarak verilmektedir. Şekil 4.4 'de maksimum agregada dane boyu 16 mm. olan beton agregasının granülometrik sınır değerleri gösterilmiştir. Yatay eksen de elek göz açıklıkları, dikey eksen de ise elekten geçen agregada miktarının yüzdesi gösterilmektedir. Bu eğrilerin dışındaki granülometriye sahip agregaların kullanılması standartta göre uygun olmamaktadır.



Şekil 4.4 Maksimum agrega dane boyu 16 mm. olan beton agregası için granülometrik sınırlar

4.3.3 Su / çimento oranının ve su miktarının tespiti

TS 802’de 28 günlük beton basınç dayanımlarına göre su / çimento oranları Tablo 4.4’te verilmiştir. Beton üretimi için gerekli karma suyu miktarı çimento miktarı ile büyük ölçüde bağıntılı olmayıp betonun kıvamı, agreganın dane dağılımı, dane şekli, yüzey alanı, ince agreganın ve karışıma girecek havanın miktarı ile ilişkili olup taze ve sertleşmiş betonda aranan işlenebilirlik, dayanım ve dayanıklılık özelliklerini sağlayacak en az miktar olarak seçilmelidir. Bir metreküp betonun karışım hesabında kullanılabilecek değerler Tablo 4.5’te verilmiştir. Bu tablo aynı zamanda tavsiye edilen hapsolunmuş hava miktarını da içermektedir.

4.3.4 Kıvamın tespiti

Beton kıvamı, randımanlı döküm ve homojen bir kütle oluşmasını sağlayacak en düşük değerde olmalıdır. Çeşitli yapı elemanları için uygun çökme değerleri Tablo 4. 6’da verilmiştir.

Tablo 4.4 Beton basınç dayanımları için su/çimento oranları

28 günlük beton basınç dayanımları (MPa)	Ağırlıkça su / çimento oranı	
	Hava katkısız beton	Hava katkılı beton
45	0.38	-----
40	0.43	-----
35	0.48	0.40
30	0.55	0.46
25	0.62	0.53
20	0.70	0.61
15	0.80	0.71

Tablo 4.5 Karışım suyu miktarı

Belirtilen dane dağılımları için hava katkısız betonda karışım suyu miktarı												
Çökme (cm)	8 mm. A	8 mm. B	8 mm. C	16 mm. A	16 mm. B	16 mm. C	32 mm. A	32 mm. B	32 mm. C	63 mm. A	63 mm. B	63 mm. C
2	158	177	196	138	158	182	132	151	172	122	139	162
4	160	180	200	140	160	185	135	155	175	125	140	165
6	168	186	207	147	166	190	138	159	178	127	146	170
7	168	190	208	147	167	191	138	160	179	128	147	172
10	175	195	215	155	175	200	145	165	190	135	155	175
12	188	207	231	166	188	213	155	177	202	145	165	193
13	190	210	233	168	190	215	157	181	205	147	168	193
15	195	215	240	175	195	220	165	185	215	150	175	200
17	202	224	248	179	203	229	169	194	221	157	180	209
Hava	%3			%2			%1			%0.5		

Tablo 4.6 Çökme değerleri

Yapı elemanları	Slump (cm)
Betonarme temeller	3-8
Donatısız beton temeller, kesonlar ve altyapı duvarları, kanal kaplama betonları	2-7
Döşeme, giriş, kolon, betonarme perdeler, tünel yan ve kemer betonları	5-10
Yol kaplama betonları, köprü ayakları	3-5
Tünel taban kaplama betonları	2-5

4.4 Amerikan Standardına (ACI 211.1) Göre Karışım Hesabı

Bu metotta beton karışımının işlenebilirliği, değişik maksimum agregâ boyutları için su miktarına bağı olarak tespit edilir. Betonun birim hacimdeki kaba agregâ hacmi, maksimum agregâ boyu ve kumun incelik modülü için bulunur. Diğer metodlarda olduğu gibi, su/çimento oranı hem dayanım hem de dayanıklılık şartlarını sağlayacak şekilde tespit edilir. Betondaki hava miktarı, ince agregâ hacmi hesaplanırken dikkate alınır. Karışım oranlarının adım adım bulunması aşağıdaki yol takip edilerek yapılır.

4.4.1 Slump'un tespiti

Eğer slump için kesin bir değer tespit edilmemiş ise, iş için uygun olan bir değer tablo 4.7'den seçilir. Tablodaki slump sınır değerleri, betondaki oturmanın vibrasyonla sağlandığı durumlarda geçerlidir.

Tablo 4.7 Yapı tipleri için slump değerleri

Yapının tipi	Slump (mm)	
	Maks.	Min.
Betonarme temel perdeleri ve sömeller	75	25
Temeller, kazıklar ve altyapı perdeleri	75	25
Kirişler ve betonarme perdeler	100	25
Bina kolonları	100	25
Kaplamalar ve döşemeler	75	25
Kütle betonlar	50	25

4.4.2 Maksimum agregâ dane boyunun tespiti

İyi derecelenmiş, nispeten büyük dane boyuna sahip agregalar ince agregalara göre daha az boşluk içerirler. Bundan dolayı en büyük boylu agregâ içeren betonlar daha az bağlayıcı maddeye (harç) ihtiyaç duyarlar. Genel olarak agregâ dane boyu yapının boyutlarına uymak şartı ile mümkün olduğu kadar büyük olmalıdır. Maksimum agregâ dane boyu; yapının en dar boyutunun %20'sini, döşeme kalınlığının %33'ünü ve donatılar

arasındaki mesafenin %75'ini geçmemelidir. Yüksek dayanımlı beton istendiği zaman daha küçük agrega boylarında daha iyi sonuçlar alınmaktadır, çünkü bu durum sabit bir su/çimento oranında daha yüksek dayanımlar oluşturmaktadır.

4.4.3 Karışım suyu ve hava miktarının tespiti

İstenilen bir slump değerini sağlamak amacı ile betonun birim hacmindeki su miktarı; maksimum agrega dane boyuna, dane şekline, beton ısisına, hava miktarına ve agreganın granülometrisine bağlıdır. Normal kullanım seviyelerini geçmemek şartı ile slump değeri, çimento miktarından büyük ölçüde etkilenmez. Tablo 4.8'de hava katkılı ve hava katkısız beton için gerekli su miktarları çeşitli agrega dane boylarına bağlı olarak gösterilmiştir. Agrega dane yapısı ve şekline bağlı olarak su miktarı değerleri tablodaki değerlerden biraz farklı olsada yapılacak ilk tahmin için bu değerler oldukça hassas değerlerdir.

Tablo 4.8 Karışım suyu ve hava miktarları

Slump (mm)	Maks. agrega boyu (mm) için su miktarı (kg/m ³)							
	10	12.5	20	25	40	50	70	150
Hava katkısız beton								
30-50	205	200	185	180	160	155	145	125
80-100	225	215	200	195	175	170	160	140
150-180	240	230	210	205	185	180	170	----
% Hava	3.0	2.5	2.0	1.5	1.0	0.5	0.3	0.2
Hava katkılı beton								
30-50	180	175	165	160	145	140	135	120
80-100	200	190	180	175	160	155	150	135
150-180	215	205	190	185	170	165	160	----
% Hava	8.0	7.0	6.0	5.0	4.5	4.0	3.5	3.0

4.4.4 Su/çimento oranının tespiti

İstene su/çimento oranı sadece dayanım şartlarına değil ayrıca dayanıklılık şartlarına göre tespit edilmelidir. Farklı agregalar ve çimentolar, sabit su/çimento oranında değişik dayanımlı betonlar oluşturduğundan kullanılacak malzemeler için su/çimento oranı ile dayanım arasındaki bağıntıları değiştirilmesi gerekmektedir. Bu

bağıntıların olmaması durumunda Portland çimentosu içeren betonlar için yaklaşık su/çimento oranı Tablo 4.9'dan alınabilir. Bu değerlere bağlı kalmakla birlikte su/çimento oranı belli değerleri aşmamalıdır. Bu sınır değerleri Tablo 4.10'da gösterilmiştir.

Tablo 4.9 Su/çimento değerleri

Su/çimento oranı		
28 günlük basınç dayanımı (Mpa)	Hava katkısız beton	Hava katkılı beton
45	0.38	-----
40	0.43	-----
35	0.48	0.40
30	0.55	0.46
25	0.62	0.53
20	0.70	0.61
15	0.80	0.71

Tablo 4.10 Müsaade edilen maksimum su/çimento oranı

Yapı tipi	Sürekli nemli veya donma ve çözülmeye maruz yapılar	Deniz suyu veya sülfatlara maruz yapılar
İnce kesitler ve pas payının 25 mm'den az olduğu kesitler	0.45	0.40
Diğer bütün yapılar	0.50	0.45

4.4.5 Çimento miktarını tespiti

Betonun birim hacmi için gerekli olan çimento miktarı daha önce tespit edilmiş olan su miktarı ve su/çimento oranı kullanılarak bulunur. Çimento miktarı gerekli su miktarının su/çimento oranına bölünmesiyle elde edilir. Ayrıca çimento miktarının mümkün olduğu kadar fazla olması da önemlidir.

4.4.6 Kaba agreganın miktarının tespiti

Betonun birim hacmindeki kaba agreganın miktarı belli bir değerde tutulursa aynı dane boyu ve granülometrik değerlere sahip agregalar daha iyi işlenebilirlik şartları meydana getireceklerdir. Bu uygun kaba agreganın miktarı Tablo 4.11’de verilmiştir. Buradan görüleceği üzere aynı işlenebilirlik için betonun birim hacmindeki kaba agreganın hacmi sadece maksimum agreganın boyuna ve ince agreganın incelik modülüne bağlıdır.

Tablo 4.11 Kaba agreganın miktarı

Agrega dane boyu	İnce agreganın incelik modülü için beton birim hacmindeki kaba agreganın hacmi			
	2.40	2.60	2.80	3.00
10	0.50	0.48	0.46	0.44
12.5	0.59	0.57	0.55	0.53
20	0.66	0.64	0.62	0.60
25	0.71	0.69	0.67	0.65
40	0.76	0.74	0.72	0.70
50	0.78	0.76	0.74	0.72
70	0.81	0.79	0.77	0.75
150	0.87	0.85	0.83	0.81

Betonlanacak elemanın çok sık donatılı veya betonun pompalanarak yerleştirilmesi durumlarında gereken yüksek işlenebilirliği elde edebilmek için Tablo 4.11’deki kaba agreganın miktarını % 10’a kadar artırmak gereklidir.

4.4.7 İnce agreganın miktarının tespiti

Yukarıdaki adımların hepsinin tamamlanması ile ince agreganın miktarı dışındaki bütün miktarlar tespit edilmiş olmaktadır. İnce agreganın miktarını tespit maksadı ile farklı iki metodun kullanılması mümkündür. Bunlardan biri ağırlık metodu diğeri de mutlak hacim metodudur. Bu iki metodun temeli de diğer bileşenlerin miktarları toplamından faydalanmak suretiyle aynı mantığa dayanmaktadır.

4.4.7.1 Ağırlık metodu

Eğer betonun birim hacminin ağırlığı tecrübeye dyanarak tahmin edilebilirse gerekli ince agreg ağırlığı basit, olarak taze beton ağırlığından diğer bileşenlerin ağırlıkları toplamının çıkarılması ile elde edilebilir. Genellikle betonun birim ağırlığı, malzemelerle ilgili evvelki tecrübelerle dayanarak kabul edilebilir bir hassasiyetle tahmin edilebilir. Bu bilgilerin olmadığı durumlarda betonun birim ağırlığı Tablo 4.12 kullanılarak bulunabilir.

Tablo 4.12 Tahmini beton birim ağırlığı

Maksimum agrega dane boyu (mm)	Beton birim ağırlığı (kg/m ³)	
	Hava katkısız beton	Hava katkılı beton
10	2280	2200
12.5	2310	2230
20	2345	2275
25	2380	2290
40	2410	2320
50	2445	2345
75	2490	2405
150	2530	2435

4.4.7.2 Mutlak hacim metodu

Gerekli ince agreg a miktarını hesaplamak için daha kesin bir metod olan mutlak ağırlık matodu bileşenlerin hacimlerinin kullanılmasını öngörür. Bu durumda bilinen bileşenlerin yani suyun, havanın, çimentonun ve kaba agreganın hacimleri ince agreganın hacmini bulmak üzere betonun birim hacminin ağırlığından çıkarılır. Herhangi bir bileşenin beton içerisinde işgal ettiği hacim o bileşenin ağırlığının malzeme yoğunluğuna bölünmesi ile elde edilir.

5. ÇELİK LİFLİ BETONLAR

5.1 Giriş

Yapı malzemesi olarak 1800’lü yılların ikinci yarısından itibaren çeliğin beton içerisine yerleştirilmesi ile kullanılmaya başlanan betonarme, özellikle basınç etkisi altındaki yüksek dayanımı, ekonomik oluşu ve kullanım kolaylığı gibi nedenlerle zamanla diğer yapı malzemelerine oranla çok daha büyük bir kullanım alanı bulmuştur. 1900’lü yılların başında otomobil ve enerji sektöründeki gelişmelere paralel olarak beton yol, baraj ve köprü yapımları ile beton teknolojisinde de büyük gelişmeler(Öngerme, Prefabrik) olmuştur. Yüzyılın ikinci yarısında da halen betonarmenin yerini alabilecek ve değişik ortamlarda kullanılabilecek bir yapı malzemesinin bulunamamış olması beton teknolojisinde zorunlu bir gelişme yaşanmasına neden olmuştur.

Betonarme betonundaki kuvvetlendirme çubuklarının yerlerinin ve miktarının tespiti işleminin inşaat süresine ve maliyete olan büyük etkileri araştırmacıları daha avantajlı yapı malzemeleri aramaya itmiştir. Yani hem basınç, hem çekme ve hem de eğilme dayanımı yüksek olan ve salt metal yapı malzemelerinden daha ekonomik olan farklı bir yapı malzemesi aranmaya başlanmıştır.

Gerçekte 4500 yıl öncesinden beri yapı malzemesi olarak kullanılmakta olan saman takviyeli kil harcının (kerpiç) esin kaynağı olduğu lifli betonlarla ilgili ilk çalışma 1960 da James P. Romualdi ve Gordon B. Batson tarafından yapılmıştır. Bu araştırmanın ümit verici sonuçları birçok araştırmacıyı bu konuya yöneltmiş ve zamanla lifli betonun birçok üstün özelliği yapılan deneylerle ispatlanmıştır.

5.2 Çelik Lifli Beton

Çelik lifli betonarme betonu, içerisinde aralıklarla dağıtılmış küçük çelik teller bulunan ince veya ince ve kaba agregası kullanılan çimentolardan yapılmış kompozit bir malzemedir. İlk bakışta kullanılan malzemeler açısından geleneksel betonarmeye benzese de aslında fark büyüktür. Farkın en önemli nedeni çelik liflerin beton içerisinde gelişigüzel

dağılmalarına rağmen betonun yük altında homojen bir malzeme gibi davranmasıdır. Bu homojenliğin betona kazandırdığı özelliklerden en önemlileri şunlardır.

1. Çatlamaya karşı büyük bir direnç artışının yanında yüksek bir eğilme dayanımı,
2. Kabul edilebilir bir darbe dayanımı ve çok yüksek enerji tutma kapasitesi,
3. Yorulma ve kesme kuvvetlerine karşı yüksek dayanım,
4. Yüksek plastik deformasyon derecelerinde yük taşıyabilme kapasitesi,

Çelik liflerin betona kazandırdığı en önemli özellik çekme dayanımında ki artıştır. Aynı zamanda çelik liflerin betona belirli oranda karıştırılması ile elde edilen betonun, çekme dayanımının yanında bir çok teknik özelliğinde de iyileşmeler gözlenmiştir. Bilindiği gibi beton içerisinde bulunan değişik gerilmeler, malzeme içerisindeki mikro çatlaklar nedeniyle düzensizdirler. Beton içerisine katılan lifler çimento matriksini takviye ederek beton içerisinde, üzerinden gerilmelerin geçtiği küçük köprüler gibi davranırlar. Beton içerisinde dağılmış olan liflerin çatlak sonlarına bitişik olmalarından dolayı lifler, matriksteki çatlağın yayılmasına neden olan gerilmeleri kendi üzerlerine alıp, çatlamamış bölgelere iletirler. İletilen bu gerilmeler çatlağın diğer yanına daha düşük gerilmeler olarak nakledilirler. Yani çelik lifler, beton matriksinde çekme gerilmeleri nedeniyle oluşabilecek çok sayıda kılcal çatlakların meydana gelmesini engellerler.

Çelik lifli beton basınç düktilitesi gösterir. Yani taşıma gücüne eriştiği halde yük taşıma özelliği vardır. Ayrıca kesme, burulma ve yorulmaya karşı mukavemeti fazladır. Bu nedenle kesme ve burulma elemanlarında (yüksek kirişler, betonarme silolar, deprem perdeleri) kullanımı çok yararlıdır. Çatlamalar, dökülme, parçalanma ve dağılmalar azdır. Basınç mukavemetinde de belirli bir artış görünür.

Betonun bir diğer önemli malzeme parametresi de kırılma enerjisi değeridir. Çelik lifli beton, özellikle ilk kırılma yükünden sonra oldukça yüksek bir düktilite gösterir. Bu nedenle lif oranına paralel olarak kırılma enerjisinde de artış kaydedilir. Çelik lifli betonların dinamik yükleme ve şekil değiştirmelere karşı da geleneksel betonarmeden teknik özellikler bakımından üstün yanları vardır. Titreşimli makina temellerinin

yapımında ve deprem etkisi altında bulunan yapılarda normal asal donatılar ile birlikte çok başarılı bir şekilde kullanılabilir.

Çelik lifler düşük karbonlu çelik C1008 kullanılarak soğukta çekme işlemi ile elde edilirler. En önemli nitelikleri yüksek ve üniform çekme gerilmesine karşılık düşük uzama özellikleridir. Çelik lifleri tanımlayan en önemli öge lifin sahip olduğu mekanik özellikler ile onun sayısal bir parametre gibi ifade edilmesini sağlayan biçimsel özellikleridir. Bunlar; lif hacmi oranı, görünüm oranı ve geometrik yapısıdır.

Çelik liflerin betona ilave miktarı 30 – 120 kg / m³ aralığındadır. Beton içerisine katılma oranı ise hacimsel olarak % 0.5 – 2.5 arasında olabilmektedir. Yapılan araştırmalar göstermiştir ki optimum fayda, hacimsel oranın %1-2 olması halinde sağlanmaktadır. Bu değerden daha az katılması halinde, normal beton özelliği üzerinde çok büyük bir olumlu gelişme sağlanamamaktadır. Daha yüksek oranda katılmasında ise normal beton basınç dayanımından daha düşük bir değer elde edilmektedir. Buna en büyük etken de yüksek oranda katılmış liflerin karışımı sırasında daha çok topaklaşmasıdır. Buna paralel olarak da yer yer beton içerisinde zayıf bölgeler ve hava boşlukları oluşmaktadır.

Görünüm oranı, lif uzunluğunun lif çapına oranıdır. Görünüm oranı için minimum değer 60 olarak belirlenmiştir. Yapılan araştırmalar görünüm oranı için en uygun değer 100 ve lif boyunun da 30 – 50 mm olması gerektiğini göstermiştir. Genelde çelik lifler dairesel kesitli olmalarına rağmen dikdörtgen kesitli lifler de üretilmektedir. Dikdörtgen kesitli lifler de çap olarak şartnamelerde eşdeğer çap olarak tanımlanan büyük kenar uzunluğu kullanılır. Özellikle çekme ve kesme kuvvetlerine çalışan liflerin beton ile aderansı lifli betonun işlevini olumlu yada olumsuz yönde etkiler. Dalgalandırılmış ve uçları kıvrılmış tellerin çekme kuvvetleri etkisi ile beton matriksinden ayrılması düz tellere oranla daha zordur. Ayrıca ucu kıvrılmış tellerin eşdeğer boylarının düz tellerin boylarından küçük olması betonun işlenebilirliğini artırır. Ancak yapılan araştırmalar beton özellikleri üzerindeki en büyük iyileştirmeyi düz çelik tellerin sağladığını göstermiştir.

5.3 Lifli Beton Özellikleri

Beton içerisine çelik liflerin katılması taze beton özelliklerini değiştirmektedir. İlk akla gelen taze beton özelliği betonun işlenebilirliğidir. İşlenebilirlik betonun taşınması, yerleştirilmesi ve sıkıştırılması ile ilgili bir kavramdır. Taze betonun bu özelliklerinin sertleşmiş betonun performansı üzerinde büyük etkisi vardır. Şimdiye kadar yapılan tüm çalışmalarda betona lif ilavesinin işlenebilirliği azalttığı sonucuna varılmıştır. Bu azalma üzerindeki en önemli iki parametre, karışımdaki lif hacmi ve lif görünüm oranıdır. Bu parametreler dışında lifleri betona katılması, karıştırma teknikleri ve lifli betonun karışım tasarımları da lifli taze betonun özelliklerini önemli ölçüde değiştirmektedir.

Lifsiz betonlarda işlenebilirliğin ölçülmesi için kullanılan en pratik ve yaygın deney slump deneyidir. Ancak lifli betonlarda slump deneyi pek doğru sonuçlar vermemektedir. Çelik lifli betonlarda işlenebilirliğin ölçülmesi için kullanılan en uygun yöntem Ve – Be deneyidir.

Beton içerisindeki lif hacminin artması işlenebilirliği güçleştirir. Lif yüzde değeri belli bir değeri aştığında karışım sırasında topaklaşmalar başlar. Görünüş oranının artmasıda işlenebilirliği güçleştiren bir başka etkidir. Lifin geometrik şekline göre de işlenebilirlik dalgalı, düz, uçları kıvrılmış sırasına göre azalmaktadır. Liflerin 2 -36 tanesinin suda çözünür yapıştırıcılar ile birleştirilip destelenmesinin de hem liflerin beton içerisinde homojen bir şekilde dağılması ve hem de işlenebilirliğin kolaylaşması açısından yararı büyüktür. İşlenebilirliğin artırılması için akışkanlık verici katkı maddeleri kullanılabilir. Özellikle çimento ağırlığının % 0.3' ü oranındaki katkı miktarından sonra işlenebilirlikte önemli artışlar tesbit edilmiştir.

Basınç dayanımı konusunda yapılan araştırmalar çelik liflerin betonun basınç dayanımını % 25 oranında olumlu etkileyip arttırabileceği gibi yine %25 oranında azaltabileceğini göstermiştir. Bu durum çelik liflerin, beton içerisindeki yönelimleri ile yakından ilgilidir. Yükleme düzlemine dik olarak yönelen lifler basınç gerilmesinde herhangi bir değişiklik meydana getirmezler. Çelik liflerin yükleme düzlemine olan paralellikleri arttıkça basınç dayanımına olumlu etkileride artar. Bu artış nihai yükte belirgin bir artış olmamasına rağmen çelik lifli beton tek eksenli yükleme altında daha sünek davranabilmektedir. Hatta numune boyunun % 10 kadar kısaldığı yüklemelerde

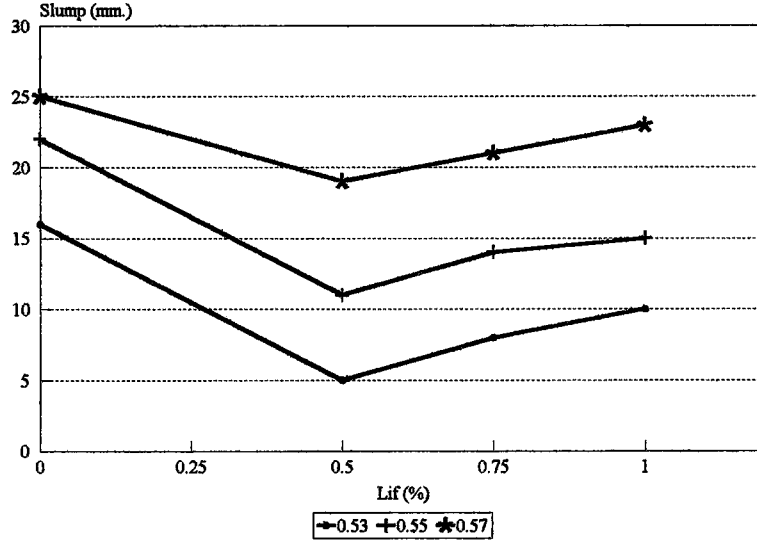
bile numune hala yük taşıyabilmekte ve parçalanmamaktadır. Lif hacimsel oranın % 0.75 'ten veya 60kg / m³ 'ten az olması halinde betonun basınç dayanımına etkisi ihmal edilebilecek kadar küçüktür. Liflerin geometrik oranda basınç dayanımı etkileyen bir başka faktördür.

5.4 Çelik Lifli Beton Slump Deneyleri

Karışımında kullanılan lif miktarının slump üzerindeki etkisinin saptanması amacı ile değişik su/çimento oranları ve lif oranlarında slump deneyleri gerçekleştirilmiştir. Lifli betonlardaki işlenebilirliğin ölçülmesi için en uygun yöntem V-B testidir. Çünkü klasik slump deneyinde liflerin topaklaşması problemi ortaya çıkmakta ve çökme değeri doğru bir şekilde tespit edilememektedir. Slump deneylerine ait sonuçlar Tablo 5.1'de toplu olarak verilmiştir. Bu deneylerde akışkanlaştırıcı katkı maddeleri kullanılmamış dolayısıyla daha düşük su/çimento oranları için slump değerlerini tespit etmek mümkün olmamıştır. Ayrıca lif miktarının ağırlıkça % 1.5' i geçtiği karışımlarda da topaklaşma olayı gözlemlendiğinden slump değerleri ölçülememiştir. Yapılan deneylerin sonuçları Şekil 5.1'de daha açık görülmektedir.

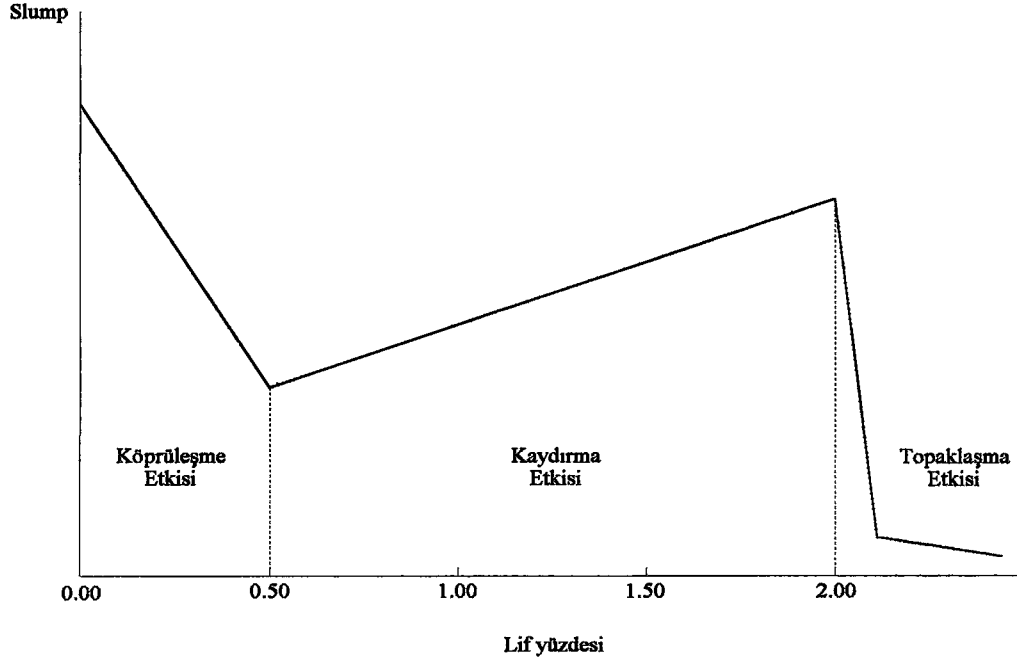
Tablo 5.1 Slump deneyi sonuçları

W / C oranı	Lif oranı (%)	Slump (mm.)			
		1. Numune	2. Numune	3. Numune	Ortalama
0.53	0.00	18	16	14	16
0.53	0.50	5	6	5	5
0.53	0.75	7	8	8	8
0.53	1.00	11	9	10	10
0.55	0.00	20	21	24	22
0.55	0.50	11	11	10	11
0.55	0.75	15	12	14	14
0.55	1.00	15	17	14	15
0.57	0.00	25	23	26	25
0.57	0.50	19	19	18	19
0.57	0.75	20	23	19	21
0.57	1.00	20	24	24	23



Şekil 5.1 Slump deneyi sonuçları

Lif miktarının slump değerleri üzerindeki etkisinin anlaşılabilmesi için iki tür katkı maddesinin de kullanıldığı bir deney gurubu Yapay Sinir Ağları ile eğitilmiş ve uygun sonuçlar elde edilmiştir. (Balaguru ve Shah, 1992) Bu deneylerde katkı maddesi olarak su azaltıcı (akışkanlaştırıcı) ve hava boşluğu oluşturan özel iki katkı kullanılmıştır. Yapılan deneyler ve incelenen bu veriler sonucunda slump değerinin lif miktarına bağlı olarak değişimi Şekil 5.2’de gösterilmiştir. Bu grafikte başlıca üç bölüm göze çarpmaktadır. Birinci bölümde liflerin agregalara mesnetli birer giriş gibi çalışması sonucunda belli bir lif oranına kadar slump değerinin azalması, ikinci bölümde lif miktarının artmasıyla agregaların lifler üzerinde kayması sonucu ortaya çıkan kaydırma etkisi ile slump değerinin azalması, üçüncü bölümde ise topaklaşma etkisi ile slump değerinin ani bir düşüşe uğraması gösterilmektedir.



Şekil 5.2 Slump değerinin lif miktarı ile değişimi

6. MODELLEME

6.1 Normal Basınç Dayanımlı Betonların Modellenmesi

6.1.1 Ağ Parametreleri'nin Belirlenmesi

Herhangi bir problemin YSA ile simülasyonuna başlamadan önce ağ parametrelerinin belirlenmesi gerekmektedir. Daha önceki tecrübelerle dayanarak, öğrenme oranı 0.35 ve momentum değeri 0.90 olarak kabul edilmiştir. Çıktı tabakasındaki nöron sayısının tespitinde su miktarı, çimento miktarı ve toplam agrega miktarı gözönüne alınarak üç çıktı nöronu kullanılmıştır. Girdi tabakasındaki nöron sayısı ise 28 günlük karakteristik silindir dayanımı, slump değeri, maksimum agrega dane çapı ve agrega granülometrisini incelik modülü ile orantılı olarak belirleyen bir katsayı olmak üzere dört adettir. Saklı tabaka sayısı problemin basitliğinden dolayı tek olarak düşünülmüştür. Saklı tabakadaki nöron sayısı ise 10 adet seçilmiştir. Bu değerler toplu olarak Tablo 6.1'de gösterilmiştir.

Tablo 6.1 Ağ parametreleri

Ağ Parametreleri	Değerleri
Proje Adı	Karışım
Eğitim Veri Sayısı	1200
Girdi Nöronu Sayısı	4
Saklı Tabaka Sayısı	1
Saklı Tabaka Nöronu Sayısı	10
Çıktı Nöronu Sayısı	3
Momentum Değeri	0.90
Öğrenme Oranı	0.35

6.1.2 Ağın Eğitim Setinin Hazırlanması

Çalışmanın eğitim seti Geri Yayılmalı Yapay Sinir Ağları bağıntıları kullanılarak hazırlanmış ve 32 bitlik Fortran derleyicisi ile kodlanmıştır. Daha önceden anlatıldığı gibi 28 günlük karakteristik silindir dayanımı, slump değeri, maksimum agrega dane çapı ve granülometrik bir katsayı girilerek ağdan çıktı olarak su, çimento ve toplam agrega

miktarları istenmektedir. Bu sebeple her bir girdi nöronunun kümesi Tablo 6.2'deki gibi seçilmiştir.

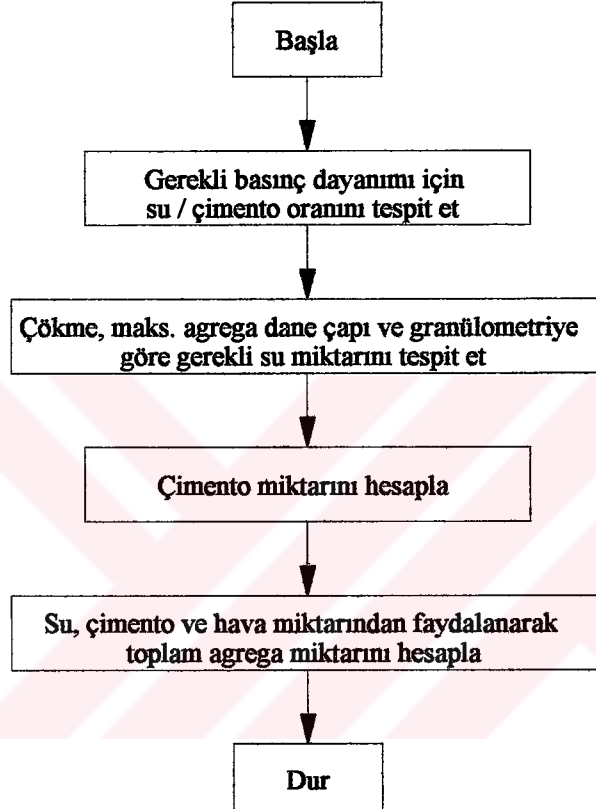
Tablo 6.2. Girdi nöronlarının kümeleri ve düzeltme faktörleri

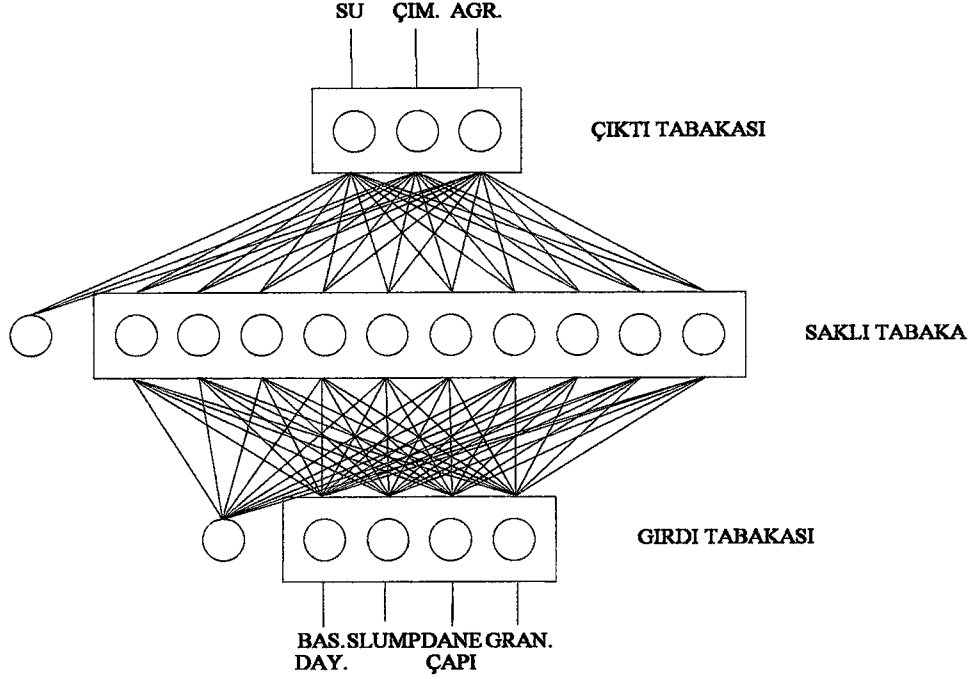
Girdi Nöronları	Sınırlar	Düzeltilme fak.	Birimler	Adet
28 günlük kar. Silindir day.	$D=(15,20,25,...,55,60)$	$D*1E-2$	MPa	10
Slump değeri	$S=(2,6,10,14)$	$S*1E-2$	cm	4
Maks. Agrega dane çapı	$A=(2,4,8,16,32,63)$	$(\ln A/\ln 2)*1E-1$	mm	6
Granülometrik katsayı	$G=(1,2,3,4,5)$	$G*1E-1$	---	5

Daha hassas sonuçlar elde edebilmek amacıyla girdi nöronları düzeltme faktörleri ile çarpılmıştır. Bu şekilde ağa sunulmak üzere toplam 1200 adet örnek elde edilmiştir. Ağa sunulacak verilerin hazırlanmasında konvansiyonel bir Fortran programı kullanılmıştır. Bu programda her bir girdi nöronunun kümesinden oluşan 1200 adet kombinasyon için çıktı değerleri logaritmik fonksiyonlar kullanılarak hesaplanmıştır. Kullanılan bu logaritmik fonksiyonlar, standartlarda gösterilen eğrilerden elde edilmiştir. Dataların hazırlanmasında kullanılan programın akış diyagramı Şekil 6.1'de gösterilmiştir.

6.1.3 Ağın Eğitilmesi

Yapılan çalışmada 100.000 iterasyon sonucunda 1200 örnek üzerinde % 0.144 mertebesinde hata elde edilmiştir. Eğitme işlemi Pentium-133 işlemcili bir bilgisayar ile yaklaşık iki saatte tamamlanmıştır. Eğitilen ağın mimarisi Şekil 6.2'de, eğitim aşaması boyunca kullanılan ağın toplam hatası ise Şekil 6.3'de sunulmuştur.





Şekil 6.2 Eğitim aşamasında kullanılan YSA'nın mimarisi

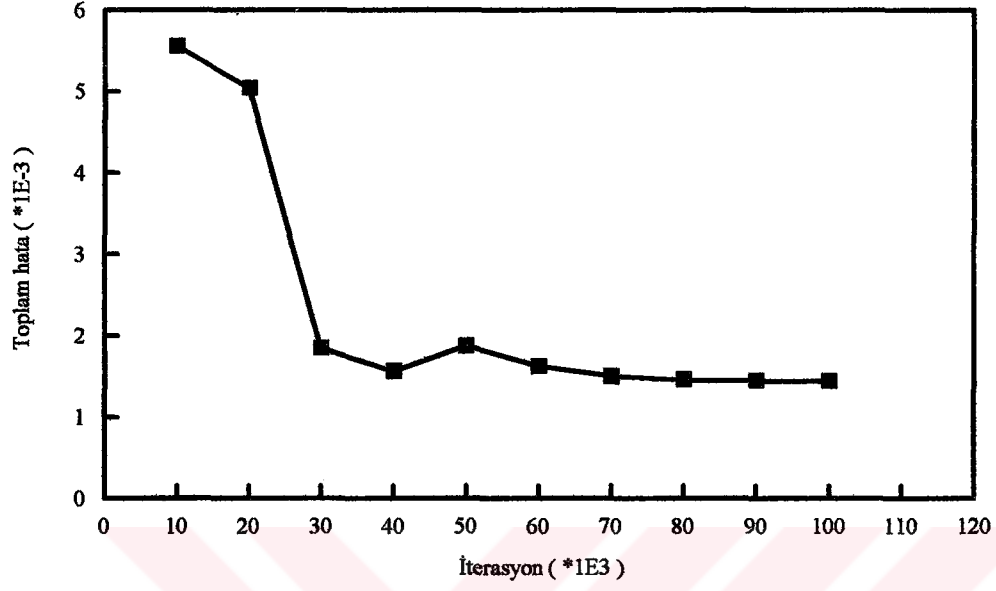
6.1.4 Ağı Denenmesi

Eğitim aşamasında, belirli bir periyodik sistem ile hazırlanan veriler kullanılmıştır. Deneme aşamasında ise Delpth Üniversitesinde yapılmış olan deneyler ağı sunularak sonuçlar karşılaştırılmıştır. Bu deneylerde 150*150*150 mm. boyutlarındaki küp numuneler kullanıldığından elde edilen basınç dayanımlarının 150*300 mm. standart silindire çevrilmesi için belirli katsayılar kullanılmıştır. 150*150*150 mm. küp numuneyi standart 200*200*200 mm. küpe çevirmek için basınç dayanımı 1.10'a bölünmüş ve standart silindire çevirmek içinde bu dayanım 0.85 katsayısı ile çarpılmıştır. Agregatör analizlerinden faydalanarak incelik modülleri tespit edilip bu değerlere göre granülometrik bir katsayı girdi olarak verilmiştir. 10-15 cm. slump değerleri için elde edilen karışım oranları karşılaştırılmıştır. Sonuçlar ve hatalar Tablo 6.3'de gösterilmiştir. Ağı eğitim aşamasında Normal Portland çimentosu kullanılmıştır. Çimentonun ve agreganın yoğunlukları sırası ile 3.15 ve 2.70 kg/dm³ olarak alınmıştır.

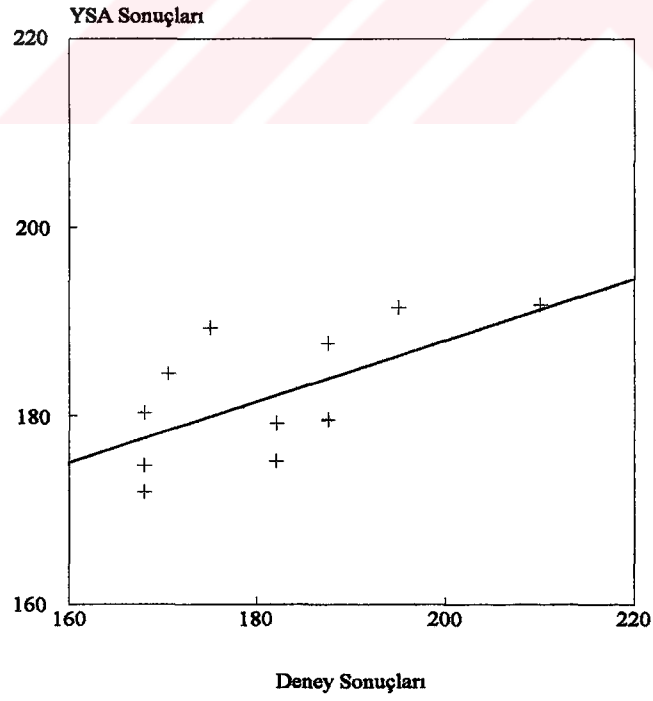
Bu sonuçlardan anlaşılacağı üzere YSA, beton karışım hesabı gibi ampirik ifadelerle dayalı bir problemde uygun sonuçlar vermiştir. Deneme sahasında elde edilen hatalar karışım problemi için ihmal edilebilecek seviyededir. Sonuçlar Şekil 6.4’de daha açık görülmektedir.

Tablo 6.3 Deneme aşamasında elde edilen sonuçların karşılaştırılması ve hatalar

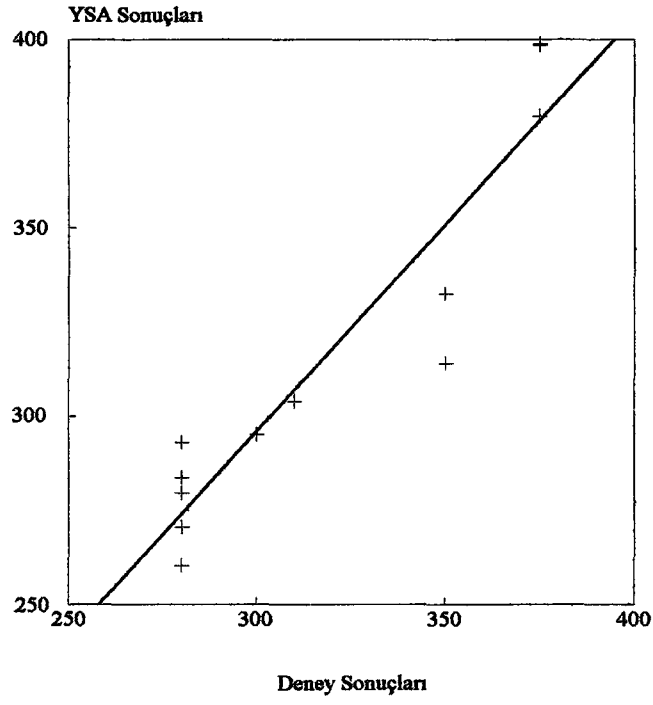
Num nu.	Bas. day.	Dane çapı	Slump	Gran. kats.	Ysa Sonuçları			Delft Üni. Deney Sonuçları			Hata		
					Su	Çim.	Agr.	Su	Çim.	Agr.	Su	Çim.	Agr.
0058	35.40	32	15	2.8	179.5	379.6	1852	187.5	375	1785	%4.3	%1.2	%3.7
0080	28.14	16	15	2.7	189.3	332.5	1842	175	350	1839	%8.2	%5.0	%0.2
0100	36.41	8	10	2.2	187.7	398.5	1768	187.5	375	1808	%0.1	%6.2	%2.2
0134	38.11	16	12	2.7	179.6	398.7	1815	187.5	375	1829	%4.3	%6.3	%0.8
0149	19.94	16	15	2.0	180.3	260.5	1929	168	280	1827	%7.3	%7.0	%5.6
0179	27.83	16	10	2.4	171.9	293	1928	168	280	1932	%2.3	%4.6	%0.2
0001	25.12	16	10	2.7	175.2	279.6	1932	182	280	1908	%3.8	%0.1	%1.3
0002	26.05	4	8	0.3	174.7	283.7	1876	168	280	1932	%4.0	%1.3	%2.9
0003	22.65	4	10	0.3	179.2	270.6	1877	182	280	1908	%1.5	%3.4	%1.6
0005	22.57	4	15	0.3	191.5	295.1	1821	195	300	1854	%1.8	%1.6	%1.8
0007	25.12	4	15	0.3	191.8	314	1803	210	350	1746	%8.7	%10	%3.3
0167	25.43	16	15	2.3	184.5	304	1879	170.5	310	1884	%8.2	%2.0	%0.3
								Ortalama Hata			%4.5	%4.1	%2.0
								Standart Sapma			%2.8	%2.8	%1.6



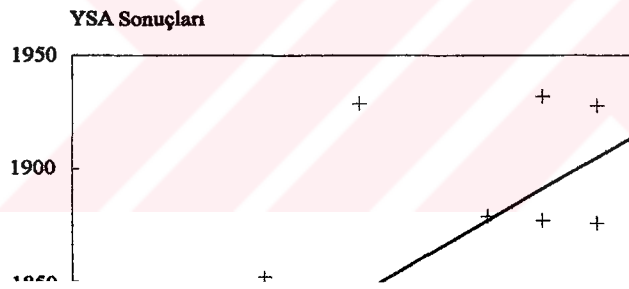
Şekil 6.3 Ağın eğitilmesi sırasında kaydedilen toplam



(a) Su miktarlarının karşılaştırılması



(b) Çimento miktarlarının karşılaştırılması



6.2 Çelik Lifli Betonun Slump Değerlerinin Modellenmesi

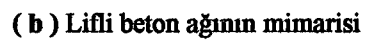
Eldeki deney sonuçlarının eğitilmesi ile iki ayrı ağ oluşturulmuştur. Bunlardan birincisi normal betonu ikincisi ise çelik lifli betonu temsil etmektedir. Birinci ağda girdi nöronları; su/çimento oranı, çimento miktarı, hava boşluğu oluşturan katkı maddesi miktarı ve su azaltıcı katkı maddesinin miktarı olmak üzere dört adet seçilmiştir. Saklı tabaka nöron sayısı beş tanedir. Çıktı tabakasında ise sırasıyla slump değeri V-B değeri ve hava yüzdesi bulunmaktadır. İkinci ağda ise girdi nöronları; su/çimento oranı, çimento miktarı, lif miktarı, hava boşluğu oluşturan katkı maddesi ve su azaltıcı katkı maddesi olmak üzere beş tanedir. Bu ağda altı adet saklı tabaka nöronu kullanılmış ve çıktıda sırasıyla slump, V-B değeri ve hava yüzdesi elde edilmiştir. Bu iki ağın mimarisi Şekil 6.5’de gösterilmiştir.

Deneme amacı ile rastgele üç karışımın çeşitli lif miktarları için slump, V-B ve hava yüzdeleri hesaplanmıştır. Deneme aşamasında kullanılan numunelerin karışım oranları Tablo 6.4’de verilmiştir.

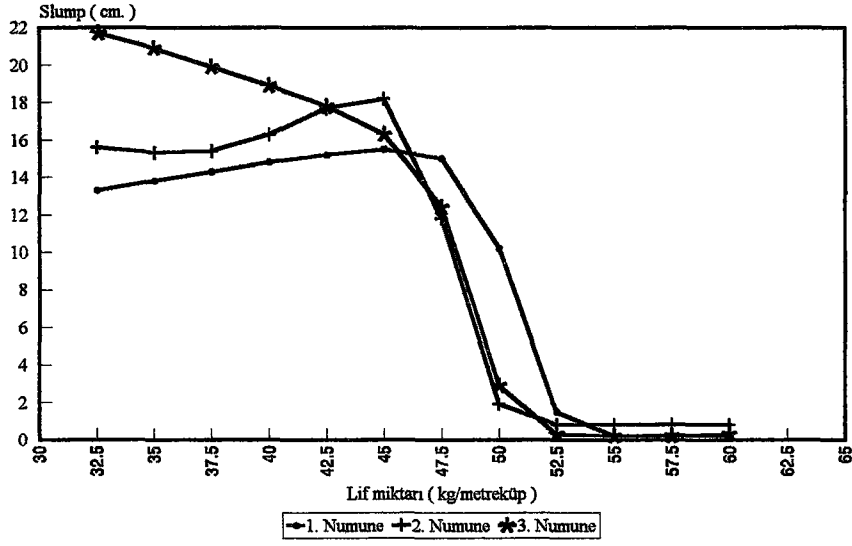
Lifli beton için Tablo 6.4’deki numunelerden elde edilen sonuçlar grafik olarak Şekil 6.6’de gösterilmiştir. Lif miktarının yaklaşık olarak 45 kg/m^3 (% 2) değerine ulaştığı noktadaki ani slump azalması, lifli betondaki topaklaşma olayını açık bir şekilde ortaya koymaktadır.

Tablo 6.4 Deneme numunelerinin karışım oranları

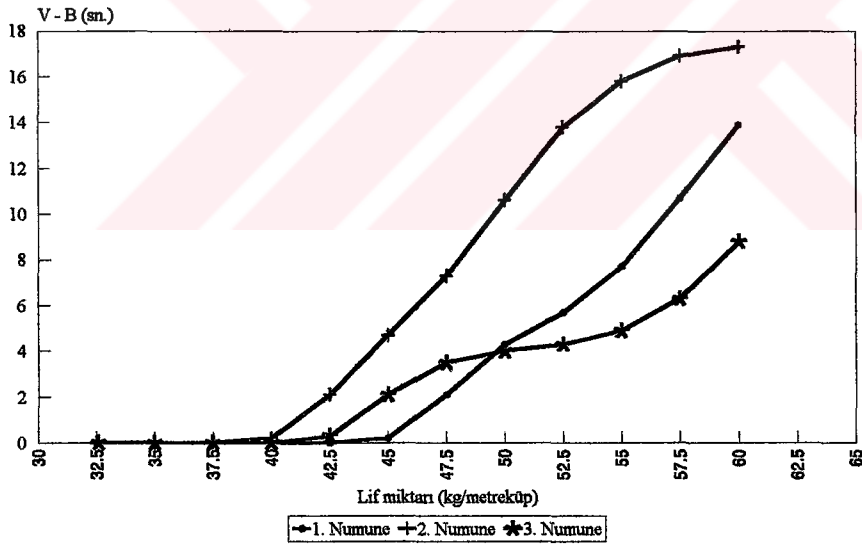
Numune Nu.	Su/çimento oranı	Çimento (kg/m^3)	Su katkısı (kg/m^3)	Hava kat. (kg/m^3)	Lif mik. (kg/m^3)
1	0.40	350	3	0.9	32.5-60
2	0.35	400	4	1.2	32.5-60
3	0.37	375	5	1.0	32.5-60



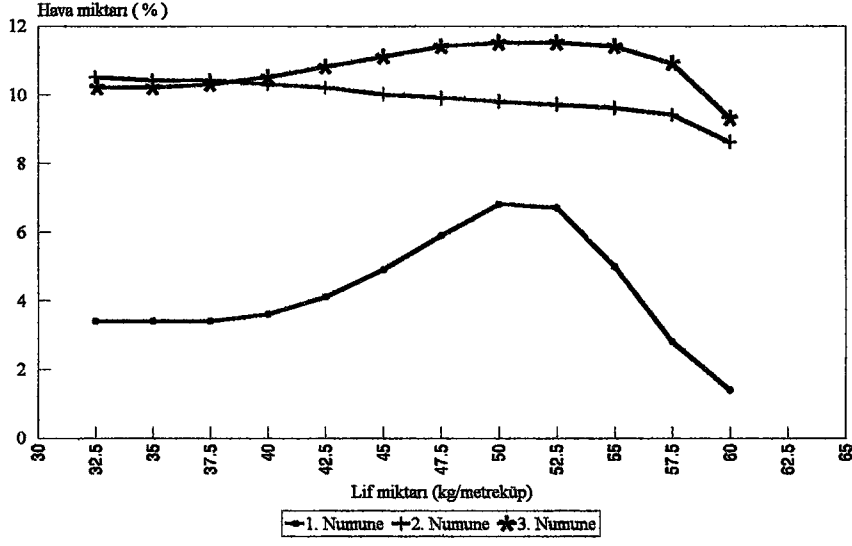
Şekil 6.5 Slump değerlerinin eğitilmesinde kullanılan ağların mimarileri



(a) Slump değerleri



(b) V-B değerleri



(c) Hava miktarı değerleri

Şekil 6.6 Deneme numunelerinin sonuçları

6.3 Karşılaştırmalı Örnek

Bu bölümde sayısal bir örnek üzerinde Yapay Sinir Ağları'nın uygunluğu gösterilecektir.

Aşağıda özellikleri verilen malzemeler kullanılarak; 28 günlük karakteristik basınç dayanımı 30 N/mm^2 , maksimum agrega dane boyu 40 mm., agrega tipi kırma taş ve slump değeri 75 mm. Olan beton üretilmek istenmektedir. Malzeme özellikleri şöyledir:

- i) Çimento: Kullanılacak çimento, yoğunluğu 1500 kg/m^3 ve özgül ağırlığı 3.15 olan normal Portland çimentosudur.
- ii) Agregalar: Kaba agreganın birim ağırlığı 1600 kg/m^3 , incelik modülü 6 ve özgül ağırlığı 2.6'dır. İnce agreganın ise birim ağırlığı 1700 kg/m^3 , incelik modülü 2.2 ve özgül ağırlığı 2.6'dır.

Tablo 6.5'de TS 802'ye göre ve Yapay Sinir Ağları ile yapılan hesaplamalar görülmektedir.

Tablo 6.5 Sonuçların karşılaştırılması

Kullanılan metod	Bileşenlerin kg/m^3 cinsinden miktarları			
	Su	Çim.	K. Agr.	İ. Agr.
YSA	176	323	1153	769
TS 802	180	327	1102	734

Bu tablodan da anlaşılacağı gibi Yapay Sinir Ağları çok uygun sonuçlar vermektedir.

7. SONUÇ

Bu çalışmanın amacı yapay sinir ağlarının kullanımını ve inşaat mühendisliği problemlerine uygunluğunu açıklamaktır. Yapay sinir ağlarının direkt olarak deneysel sonuçları kullanarak eğitime işlemini yapması, özellikle sadece ampirik ifadelerle dayanan problemlerin çözümünde büyük avantajlar sağlamaktadır. Elde edilen sonuçlar da ağların sağlıklı sonuçlar elde edebildiğini açıkça göstermektedir.

Bu çalışmada ACI 211.1, Road Search Laboratory ve TS 802 standartlarına göre normal basınç dayanımlı betonların karışım hesapları yapılarak mevcut deney sonuçları ile karşılaştırılmıştır. Bu karşılaştırmadan deney sonuçlarına en yakın çözümleri TS 802 standardının verdiği tespit edilmiştir. Fakat bu standartlardaki hesap metodlarının hepsi yol gösterici özelliktedir. Çünkü beton gibi homojen olmayan bir malzemenin karışım oranlarının hesaplanmasında ve şantiyede veya beton santralinde üretilmesinde birçok dış etken de oldukça etkili olmaktadır.

Son yıllarda çok büyük bir kullanım alanı bulan çelik lifli betonların karışım hesapları henüz tam olarak standartlaştırılmamıştır. Betondaki lif miktarı taze betonun işlenebilirliğini birinci derecede etkilemektedir. Dolayısıyla karışımında kullanılacak su miktarının hesaplanması önemli olmaktadır. Düşük su/çimento oranlarında yeterli işlenebilirliği sağlamak amacıyla betona çeşitli katkı maddeleri de ilave edilmektedir. Lif miktarının belli bir sınır değerini aşması durumunda istenmeyen bazı özellikler de ortaya çıkabilmektedir. Bu nedenle optimum lif miktarının hassas olarak belirlenmesi gerekmektedir. Ağdan elde edilen sonuçlara göre, lif miktarı belli bir değere ulaştınca karıştırma sırasında liflerin topaklaşması önlenememektedir. Topaklaşma problemi çelik lifli betonların istenmeyen özelliklerinin başında gelmektedir.

Çelik lifli betonların karışım hesabında takip edilecek en mantıklı yol lif miktarına göre slump değerinin tespit edilmesi ve buradan gerekli su miktarının hesaplanmasıdır.

8. KAYNAKLAR

ARSLAN, A. (1992). **İnşaat Mühendisliğinde Uzman Sistem Uygulamaları.** İnşaat Mühendisliğinde Bilgisayar Kullanımı III. Sempozyumu. İ. T. Ü. İnşaat Fakültesi İstanbul

ARSLAN, A. ve İNCE, R. (1993). **Betonarme Kolonları Tasarımında Nöral Ağ Modeli Uygulaması.** TÜBİTAK, DOĞA Türk Mühendislik ve Çevre Bilimleri.

ARSLAN, A. ve İNCE, R. (1994). **A Neural Network Application On Design Of Reinforced Concrete Flat Slabs.** Computational Structures Technology, Civil Comp. Conf. Athens, Greece.

ARSLAN, A. ve İNCE, R. (1994). **Yapı Mühendisliğinde Nöral Ağlar ve Uygulama Potansiyeli.** İnşaat Mühendisliğinde Bilgisayar Kullanımı IV. Sempozyumu, İ. T. Ü. İnşaat Fköltesi. İstanbul.

HINTON, G. E. (1992). **How Neural Networks Learn From Experience.** Scientific American. Sept.

HOPFIELD, J. J. (1982). **Neural Networks And Physical Systems With Emergent Collective Computational Abilities.** Proceedings of the National Academy of Science, 75. pp:2554-2558

MC. COLLOCH, W. S. ve PITTS, W. (1943). **A Logical Calculus of the Ideas Immanent in Neural Nets.** Bulletin of Mathematical Biophysics, 5. pp : 115-137

MELSA, P. J. W. (1989). **Neural Networks: A Conceptual Overview Report TRC-89-08,** Tellabs Research Center.

KOHONEN, T. (1989). **An Introduction To Neural Computing.** Neural Networks, pp:3-16

LYDON, F. D. **Concrete Mix Design,** Applied Science Publishers 1982

GAMBHIR, M. L. **Concrete Technology,** McGraw-Hill Publishing Company 1993

NEVILLE, A. M. **Properties of Concrete,** English Language Book Society 1981

POSTACIOĞLU, B. **Beton,** Cilt II Teknik Kitaplar Yayınevi 1987

ACI COMMITTEE 211 **ACI 211.1 Standart Practice for Selecting Proportions for Normal, Heavyweight, and Mass Concrete,** 1981

TÜRK STANDARTLARI ENSTİTÜSÜ **TS 802 Beton Karışım Hesapları,** 1985.

TÜRK STANDARTLARI ENSTİTÜSÜ TS 10513 Beton Takviyesinde Kullanılan Çelik Teller, 1992

ACI COMMITTEE ACI 544.4R Design Considerations for Steel Fiber Reinforced Concrete, 1988

BEKAERT The Properties of DRAMIX Steel Fiber Concrete

BEKAERT Steel Fiber Concrete Under Flexural Load

ERSOY, U. Betonarme Temel İlkeler ve Taşıma Gücü Hesabı, Evrim Yayınevi

BALAGURU, P. N. ve SHAH, S. P. Fiber-Reinforced Cement Composites, McGraw-Hill 1992

