

BİR KATKI MALZEMESİNİN BETONUN FİZİKSEL
ÖZELLİKLERİNE ETKİSİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ
(YAPI EĞİTİMİ)

Hüseyin Yılmaz ARUNTAŞ

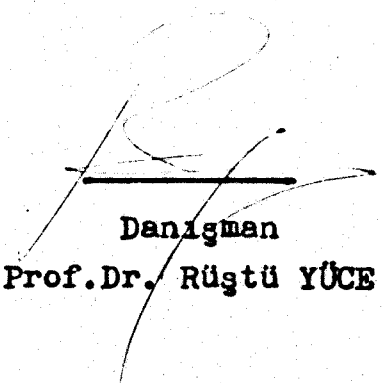
Haziran 1988

ANKARA

GAZİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

T. C.
Yükseköğretim Kurulu
Dokümantasyon Merkezi

Bu tezin Yüksek Lisans tezi olarak uygun olduğunu onaylarım.


Danışman
Prof. Dr. Rüstü YÜCE


Sınav Jürisi

Başkan : Prof. Dr. Rüstü YÜCE

Üye : Yrd. Doç. Dr. Mustafa TOKYAY

Üye : Yrd. Doç. Dr. Recep KILIÇ

Bu Tez Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü
Tez Yazım Esaslarına uygundur.



BİR KATKI MALZEMESİNİN BETONUN FİZİKSEL
ÖZELLİKLERİNE ETKİSİ
(Yüksek Lisans Tezi)

Hüseyin Yılmaz ARUNTAŞ
GAZİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
Haziran 1988

ÖZ

Bir beton katkı malzemesinin betonun fiziksel ve mekanik özelliklerine etkisinin incelendiği bu çalışmada; "Sikament" süperakışkanlaştırıcı beton katkısı kullanılarak katkının, taze betonda işlenebilme özelliği, sertleşmiş betonda basınç ve yarmada çekme (indirekt çekme) dayanımına etkisi, w/c oranı sabit tutularak katkı oranı artırılan 3 ve w/c oranı azaltılarak katkı oranı yükseltile 4 ayrı beton üzerinde araştırılmıştır. 15x30 cm boyutunda silindir numuneler, kür odası ve atmosfer tesirleri olmak üzere iki farklı ortamda bekletilmiştir. Katkı; betonun işlenebilme özelliğini, w/c oranı sabit betonlarda % 129-243 ve w/c oranı azaltılan betonlarda % 29-114 arasında artırmıştır. Katkının basınç dayanımına etkisi; w/c oranı sabit betonlarda her iki ortam için olumsuz olmuş ve dayanımda % 2-39 azalma görülmüştür. W/c oranı azaltılan betonlarda ise her iki ortam için % 19-54 arasında dayanım artışı sağlanmıştır. Yarmada çekme dayanımları, w/c oranı azaltılan betonlarda yükselmiş ve dayanımda her iki ortam için % 10-26 artış görülmüştür.

EFFECT OF AN ADMIXTURE ON THE PHYSICAL
PROPERTIES OF CONCRETE

(M.Sc. Thesis)

Hüseyin Yılmaz ARUNTAŞ

GAZI UNIVERSITY

INSTITUTE OF SCIENCE AND TECHNOLOGY

June 1988

ABSTRACT

In this study, the effect of an admixture on the physical and mechanical properties of concrete has been investigated. A super fluidifier called "Sikament" was used as an admixture and the change in compressive and tensile strengths and workability of concrete were closely observed. During the tests the amount of admixtures were increased gradually by keeping the w/c ratio constant in the first set and then varying the w/c ratio in the second set. Half of 15x30 cm cylinder specimens were cured whereas the remaining half were treated under existing atmospheric conditions. The results of the study have shown that, the workability of the concrete increases by 129-243 % when w/c ratio is kept constant and 29-114 % if w/c ratio is lowered. "Sikament" seems to influence the compressive strength of concrete adversely for specimens having constant w/c ratios. It was found out that, exclusive of curing conditions, "Sikament" decreases the compressive strength of concrete by 2-39 % for constant w/c ratio specimens. For specimens having low w/c values, "Sikament" added 19-54 % extra compressive strength both for cured and atmosphere exposed specimens. "Sikament" as an admixture improved the tensile properties of concrete. An increase of 10-26 % in tensile strength were achieved for concrete specimens having low w/c ratios.

TEŞEKKÜR

Bu Tez çalışmasında; bilgi, tecrübe ve tavsiyeleri ile araştırmalarımı yönlendiren, tez danışmanım sayın Prof.Dr. Rüstü YÜCE'ye, çalışmalarında kolaylık sağlayan ve teşvik eden Yapı Eğitimi Bölümü Başkanı sayın Prof.Dr. Erkan BENLİ'ye, Bölüm Başkan Yardımcısı sayın Yard.Doç.Dr. M.Haluk ÇELİK'e, maddi ve manevi yardımlarını esirgemeyen kıymetli hocam sayın Öğr.Gör. Orhan UYSAL'a, Öğr.Gör. Mahmut ALİYAZICIOĞLU'na, deney çalışmalarında yardımcı olan sayın Arş.Gör. Osman ŞİMŞEK'e ve kıymetli eşime teşekkür ederim.

TABLULARIN LİSTESİ

<u>Tablo</u>	<u>Sayfa</u>
Tablo 1. Çimentonun kimyasal bileşimi.....	20
Tablo 2. Çimentonun fiziksel ve kimyasal özellikleri.....	20
Tablo 3. Katkı malzemesinin özellikleri.....	21
Tablo 4. Agregata tane dağılımı sonuçları.....	23
Tablo 5. Atmosfer tesirlerine bırakılan numuneler için sıcaklık değerleri.....	30
Tablo 6. 1 m ³ betona giren gerçek malzeme miktarları.....	31
Tablo 7. Taze beton özellikleri.....	34
Tablo 8. Üretilen betonların basınç ve yarmada çekme (indirekt çekme) dayanımı sonuçları.....	36

ŞEKİLLERİN LİSTESİ

<u>Şekil</u>	<u>Sayfa</u>
Şekil 1. Agrega karışımının tane dağılımı eğrisi	24
Şekil 2. Su/çimento oranı sabit betonlarda katkı malzemesi-çökme bağıntısı.....	33
Şekil 3. Su/çimento oranı azaltılan betonlarda katkı malzemesi-çökme bağıntısı.....	33
Şekil 4. Su/çimento oranı sabit betonlarda katkı malzemesi-basınç dayanımı bağıntısı....	37
Şekil 5. Su/çimento oranı azaltılan betonlarda katkı malzemesi-basınç dayanımı bağıntısı.....	37
Şekil 6. Kür odasında saklanan betonlarda katkı malzemesi-yarmada çekme dayanımı bağıntısı.....	38
Şekil 7. Atmosfer tesirlerine bırakılan betonlarda katkı malzemesi-yarmada çekme dayanımı bağıntısı.....	38

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
ÖZ	II
ABSTRACT	III
TEŞEKKÜR	IV
TABLOLARIN LİSTESİ	V
ŞEKİLLERİN LİSTESİ	VI
BÖLÜM 1	
GİRİŞ	1
1.1. Beton Katkı Maddeleri	4
1.1.1. Katkı maddelerinin kullanım amaç- ları	5
1.1.2. Katkı maddelerinin sınıflandırıl- ması	6
1.1.3. Türkiye'de üretilen beton katkı maddeleri	11
1.2. Konunun Önemi	12
1.3. Araştırmanın Amacı ve Kapsamı	14
BÖLÜM 2	
KAYNAK TARAMASI	15
BÖLÜM 3	
MALZEMELER	19
3.1. Agregası	19
3.2. Bağlayıcı madde	19
3.3. Katkı malzemesi	21
3.4. Karma suyu	21
BÖLÜM 4	
DENEY YÖNTEMİ	22
4.1. Agregası Deney Yöntemleri	22
4.1.1. Deney numunesi hazırlama	22

4.1.2. Tane büyüklüğü dağılımının tayini (elek analizi).....	22
4.1.3. Özgül ağırlık, su emme oranı ve porozite	25
4.1.4. Tabii nem oranı	27
4.2. Beton Karışımları	27
4.2.1. Karışım hesabı	27
4.2.2. Karışımların üretilmesi	28
4.2.3. Numune şekil ve boyutları, kalıp- lara yerleştirme ve kür şartları	29
4.2.4. Üretilen betonların kodlanması ve bileşimleri	29
4.3. Taze Beton Deney Yöntemleri	31
4.3.1. İşlenebilme özelliği	31
4.3.2. Birim ağırlık	32
4.4. Sertleşmiş Beton Deney Yöntemleri	34
4.4.1. Basınç dayanımı	34
4.4.2. Yarmada çekme dayanımı (indirekt çekme)	
BÖLÜM 5	
ERİŞİLEN SONUÇLAR	39
5.1. Katkı Malzemesinin İşlenebilmeye Etkisi	39
5.2. Katkı Malzemesinin Basınç Dayanımına Etkisi	40
5.3. Katkı Malzemesinin Yarmada Çekme Dayanı- mına Etkisi (İndirekt Çekme Dayanımı) ..	41
BÖLÜM 6	
TAVSİYELER	44
KAYNAKLAR	45
ÖZGEÇMİŞ	49

BÖLÜM 1

GİRİŞ

İnsanoğlu ilk çağlardan itibaren hayatını sürdürürebilmek, tabiat olaylarından ve yırtıcı hayvanlardan kendisini koruyabilmek için daima güvenli bir barınak ihtiyacı duymuştur. Başlangıçta barınılacak yer; bir mağara, ağaç kovuğu veya sazlardan yapılan bir kulübedir. Sonraları geniş hacimli yapılara ihtiyaç duyulması ile bu yapılarda ahşap, kerpiç, taş ve tuğla inşaat malzemesi olarak kullanılmıştır. İnsanların ferdi yaşamdan toplu yaşama geçmeleri, nüfusun hızla artması, ihtiyaçların çeşitlenerek çoğalması insanları yeni arayışlara yöneltmiştir. Bunun sonucu bilim ve teknolojinin her sahasında gelişmeler olmuş, inşaat sektöründe de yeni malzemeler ortaya çıkarılmıştır.

Beton bu malzemelerden biridir. Günümüzden yaklaşık bir asır evvel bir dizi çalışma sonucu ortaya çıkarılan beton, bugün inşaat denilince akla gelen ilk malzemelerden biri olup yapı alanına köklü değişiklikler getirmiştir.

Beton; çimento, beton agregası, su ve gerektiğinde katkı maddelerinin homojen olarak karıştırılması ile elde edilen, başlangıçta plâstik kıvamda olup zamanla çimentonun hidrasyonu sonucu katılaşp sertleşen bir yapı malzemesidir(1).

Betonun beton çeliği ile birlikte kullanılması in-
şaat sektöründe bir çığır açmıştır. Dünyada ilk olarak
Fransız Mönier tarafından kullanılan ve betonarme adı-
nı alan bu sistem(2), diğer sistemlere olan bir çok üs-
tünlükleri ile günümüzde en fazla kullanılan ve tercih
edilen bir inşaat sistemi haline gelmiştir.

Betonun yapısını oluşturan malzemelerin sahip ol-
duğu özellikler ile bunların birbirine olan oranları,
betonun kalite ve verimine tesir etmektedir. İstenilen
kıvam ve işlenebilme özelliğinde, yeterli dayanıma sa-
hip, geçirimsiz, zararlı atmosfer ve kimyasal tesirlere
karşı dayanıklı, kısaca kaliteli bir beton üretebilmek
için yapım, döküm ve bakım işlerinde bazı kurallara u-
yulması gerekir. Bu kurallar, normal ve anormal hava
şartları dikkate alınarak belirlenmiştir(3,4).

Betonun özelliklerine tesir eden çeşitli faktörler
bulunmaktadır. Beton karışım hesapları yapılırken gözö-
nünde bulundurulan bu özellikler şöyle sıralanabilir ;

1. Çimentonun cinsi ve dayanımı
2. Beton malzemesinin karışımının cinsi
3. Beton karışım malzemesinin tane şekli ve yüze-
yinin durumu
4. Agreganın tane dağılımı
5. Beton malzemesinin dayanımı
6. Çimento miktarı
7. Karışımın kalitesi
8. Karma suyunun özelliği, miktarı ve su/çimento
oranı (w/c)

9. Betonun kıvamı ve taşınması
10. Sıkışmanın cinsi ve kalitesi
11. Karışım malzemesinin ve çevrenin sıcaklığı
12. Betonun korunması
13. Sertleşme süresi
14. Elemanın büyüklüğü
15. Beton katkı maddeleri

Betonun özelliklerine doğrudan tesir eden faktörler; agrega, çimento, su/çimento oranı ve katkı maddeleridir.

Oktar(5), beton bileşimi hesaplarında ;

- a. Taze betonun işlenebilme özelliği
- b. Agrega tane dağılımı
- c. Çimento dozajı
- d. Su/çimento oranı olmak üzere 4 değişken olduğunu belirtmiştir.

Betonun yaygın olarak kullanılışı, teknolojik olduğu kadar ekonomik yönden de bu malzemenin en akılcı şekilde kullanımını gerektirmektedir. Betonun en pahalı bileşeni olan çimento dozajının iyi hesap edilmesi gerekir. Çimento dozajının minimum olması her zaman gerçekleşmesi istenilen bir husustur. Bunun ilk sebebi ekonomi olmaktadır. Dozajın artması beton maliyetini yükseltmektedir. Ayrıca çimento dozajının artmasının teknik bakımdan da önemli sakıncaları bulunmaktadır. Çimento dozajı ya da birim hacim içinde bulunan çimento hamuru hacmi fazla olan betonlarda, zamanla betonun

büzülmesi sonucu rötire meydana gelmektedir. Ayrıca sünme de artmaktadır.

Tane dağılımı uygun agrega karışımlarında agreganın max. tane büyüklüğü arttıkça taneler arasındaki boşluk azalır. Bu bakımdan max. tane büyüklüğünün fazla olması, çimento dozajının düşük değerler almasını sağlamaktadır(5).

Kesikli tane dağılımına sahip betonların agrega taneleri arasında kalan boşlukları daha az olmaktadır. Böylece bunlar, daha düşük çimento dozajlı beton üretimine imkan vermektedir. Ancak bu tür betonların daha fazla ayrışma göstereceği açıktır. Bu bakımdan böyle betonların oldukça kuru kıvamlarda yapılması, vibrasyonla yerleştirilmesi ve hepsinden önemlisi taşınması ve sıkıştırılması sırasında büyük özen gösterilmesi gerekir(5).

Betonun dayanımını doğrudan etkileyen en önemli faktör su/çimento oranıdır. Su/çimento oranı ile dayanım ters orantılıdır. Yani bu oran azaldıkça dayanım artmakta, yükseldikçe dayanım düşmektedir. Su/çimento oranının yükselmesi sonucu, dozajın artmasına rağmen dayanımda % 20-30'a varan düşmeler görülmektedir(6).

1.1. Beton Katkı Maddeleri

Betonların taze ve sertleşmiş haldeki bazı özelliklerini düzeltmek veya iyileştirmek için karışım yapılırken ya da başlangıçta karışıma ilave edilen ve genellikle sıvı olan maddelerdir.

Katkı maddelerini betonun yapısında olağanüstü değişiklikler yapan maddeler olarak görmek doğru değildir. Eksik veya hatalı olarak üretilmiş bir betonun özelliklerini katkı maddesinin iyileştirmesi ise imkansızdır. Katkı maddelerinin seçilmesi ve kullanılmasında dikkat etme zorunluluğu vardır. Betonun bazı özelliklerini iyileştirmek için kullanılan bir katkı, diğer özellikler üzerinde olumsuz tesir yapabilmektedir. Çimento-katkı uyumu ile katkı maddesinin dozajı önemli unsurlar olarak karşımıza çıkmaktadır.

1.1.1. Katkı maddelerinin kullanım amaçları

Katkı maddelerinin kullanımındaki amaçlardan önemli olanları aşağıdaki gibi sıralanabilir(7);

1. Taze beton, harç ve çimento serbetlerinde :
 - a. Sabit su miktarında işlenebilmenin arttırılması veya sabit işlenebilmede su miktarının azaltılması
 - b. Prizin hızlandırılması veya geciktirilmesi
 - c. Bir miktar hacim genişlemesinin sağlanması
 - d. Terleme miktarının ve hızının değiştirilmesi
 - e. Ayrışmanın azaltılması
 - f. Pompalanabilirliğin arttırılması
2. Sertleşmiş beton, harç ve çimento serbetlerinde :
 - a. Priz sırasında açığa çıkan ısıнын azaltılması
 - b. Erken yaşlardaki dayanımın arttırılması
 - c. Dayanımın(basınç, çekme, eğilme) arttırılması
 - d. Dayanıklılığın arttırılması

- e. Kapiler su emmenin azaltılması
- f. Geçirimsizliğin sağlanması
- g. Donatı-beton aderansının arttırılması
- h. Alkali-agrega reaksiyonundan doğan genişlemenin kontrolü
- 1. Sellüer beton üretilmesi
- i. Eski veya yeni dökülen betonların kaynaması
- j. Darbe ve aşınma dayanımının arttırılması
- k. Donatı korozyonunun önlenmesi
- l. Renkli harç ve beton üretilmesi

1.1.2. Katkı maddelerinin sınıflandırılması

Yapılan çeşitli çalışmalar sonucu, katkı maddelerinin sınıflandırılması genellikle betonda amaçlanan nitelik değişiklikleri ile fiziko-kimyasal karakterlerine göre yapılmaktadır. RILEM'in Katkı Maddeleri Çalışma Grubu, katkı maddelerini sağladıkları sonuçları gözönüne alarak 9 gruba ayırmıştır(8). Buna göre :

1. Taze betonun ~~teknolojisini~~ teknolojisini değiştiren katkı maddeleri

- a. Su azaltıcı katkıları
- b. Hava sürükleyiciler
- c. Mineral tozları
- d. Flokülasyon maddeleri
- e. Su tutucular

2. Betonun hava miktarını değiştiren katkı maddeleri

- a. Hava sürükleyiciler

- b. Havayı dışarı atan katkıları
- c. Gaz meydana getiren katkı maddeleri (sellüer beton elde etmek için kullanılan)
- d. Köpük meydana getiren katkı maddeleri
3. Katılaşma ve sertleşmeyi değiştiren katkıları
 - a. Priz geciktiriciler
 - b. Priz hızlandırıcılar
 - c. Sertleşmeyi hızlandıranlar
4. Genişletici katkıları (rötreyi azaltmak ve ortadan kaldırmak için)
5. Betonun fiziksel özelliklerini iyileştiren katkıları
 - a. Hava sürükleyiciler
 - b. Donma noktasını düşüren katkıları
 - c. Geçirimsizliği azaltan katkıları
 - d. Su itici katkıları
6. Mekanik etkilere dayanıklılığı iyileştiren katkıları
7. Biyolojik etkilere dayanıklılığı artıran katkıları
8. Kimyasal etkilere dayanıklılığı artıran katkıları
9. Betonun rengini değiştiren katkıları

Joisel(9) ise, katkı maddelerini fiziko-kimyasal karakterlerine göre aşağıdaki şekilde 3 grupta toplamıştır :

1. Karma suyunda erimeyen katkılar(katı ve sıvı plastifiyanlar)
2. Tansio-aktif katkılar(hava sürükleyiciler, akışkanlaştırıcılar, tansio-aktif plastifiyanlar)
3. Karma suyunda eriyen katkılar (priz hızlandırıcılar ve geciktiriciler)

Bunlardan başka çeşitli sınıflandırmalarda yapılmaktadır. Birbirine çok benzeyen bu sınıflandırmalardan ziyade burada katkı maddeleri hakkında kısa ve öz bilgiler vermek daha yerinde olacaktır.

Betonun reolojisini (zamanın fonksiyonu olarak malzemenin akma özelliğinin gerilme-şekil değiştirme cinsinden belirlenmesi) değiştiren katkılar, tansio-aktif maddelerdir. Bunlara akışkanlaştırıcılar da denir. Bu maddeler betonun işlenebilme özelliğini yükseltip su miktarını azaltarak dayanımını önemli miktarda artırırlar. Tansio-aktif maddelerin flokülasyonu önlemleri ve aynı zamanda çimento tanelerinin birbiri üzerinde kaymalarını kolaylaştırdıkları için yağlayıcı tesir yapmaları, betonun iç sürtünmesini azaltmaktadır (10). Tansio-aktif maddelerin çoğunluğu kağıt üretimi yapılırken elde edilen linyosülfonatlardan meydana gelmektedir (11). Plastifiyan veya plastikliği artıran bu katkıları, su azaltıcı ve su tutucu şeklinde ikiye ayırabiliriz. Su azaltıcı maddeler arasında linyosülfonik asit ve tuzları ile hidroksi karboksilik asit ve tuzları sayılabilir. Su tutucu maddeler ise; toz haldeki maddeler (kieselguhr, betonite, kolloidal kil, yağlı kireç, uçucu kül,

puzolan), kolloidal maddeler (alginat, yosun esaslı ka-
zein) ve polivinil asetat'tır (12).

Son yıllarda süper plastifiyan adı verilen katkı maddeleri üretilmiştir. Kimyasal yapısı RSO_3 tipinde organik sülfonatların oluşturduğu bu katkı maddelerine süperakışkanlaştırıcılar (yüksek oranda su azaltıcılar) da denilmektedir (11). Süperakışkanlaştırıcı katkıları 3 gruba ayırabiliriz (13).

1. Formaldehid melamin sülfonatlar : Alman orijinli olup en bilinenleri Melment L10'dur.

2. Formaldehid naftalin sülfonatlar : Japon orijinli Mighty 150, Kuzey Amerika orijinli Lomar D ve Sika-ment en bilinenleridir.

3. Değiştirilmiş linyosülfonatlar : Kanada orijinli Mukoplast bu gruba girmektedir.

Süperakışkanlaştırıcı katkıların uygulamaya girmesi ile akıcı ve yüksek dayanıma sahip beton üretimi gerçekleştirilmiştir (14). Akışkanlaştırıcı ve süperakışkanlaştırıcı katkıları; sabit su/çimento oranında çimento dozajını azaltırlar, işlenebilmeyi belirgin olarak arttırırlar. 28 günlük mukavemetlerde % 25 artış sağlayarak basınç dayanımını azaltmadan çimento dozajını azaltma imkanı verirler ve enerji tasarrufu sağlarlar. Katkı kullanılması sonucu dona ve agresif sulara dayanıklılık artabilmektedir.

Betondaki hava sürükleyici katkılarda tansio-aktif özellik gösterirler. Beton içine ufak kabarcıklar halin-

de hava sürüklenmesi ile taze betondaki suyun dışarı çıkması önlenir. Böylece rötreye azalır ve donmaya karşı dayanıklılığı iyi bir beton üretilmiş olur.

Betonun prizini geciktiren katkıları, aynı zamanda su azaltıcı olduklarından hem priz süresini uzatırlar, hem de su/çimento oranını değiştirmeden çimento miktarını azaltırlar. Katkı kullanımı, katkısız betona göre uzak mesafelere taşıma sonucu betonda oluşan çökme kaybını azaltmaz, ancak aynı kıvamı sağlamak için yeniden su verme durumunda gerekli olan su miktarını azaltır. Böylece katkılı betonda daha yüksek dayanım elde edilmiş olur (15).

Çimentonun hidratasyonu, bileşenlerinin suda çözünmeleri ile gerçekleşmektedir. Priz hızlandırıcılar-geciktiriciler çimento bileşenlerinin (CaO , SiO_2 , Al_2O_3 , Fe_2O_3 gibi) çözünme miktarlarına ve özellikle çözünme hızlarına etkirler (10).

Çimento bileşenlerinin çözünme hızını sınırlayan katkıları priz süresini de uzatırlar. Bunlara çözünme indirgeyici katkıları denir. Diğer geciktiriciler, tıkaçıcı geciktiricilerdir. Tıkaçıcılar, çimento taneleri üzerinde çökelen ince bir tabaka yardımı ile suyun tane içine süzülmesini önlerler (16).

Priz süresini hızlandıran katkıları genellikle injeksiyon betonlarında kullanılırlar. Alüminat esaslı olanları çimento ağırlığına göre % 3 oranında kullanıldığında priz başlangıç süresini 1.5 dk'ya kadar indire-

bilmektedir (10).

Betonda rötreyi azaltmak ya da tamamen yok etmek için çelik, alüminyum, çinko gibi metal tozları kullanılmaktadır.

Betonun fiziksel özelliklerine tesir eden katkılar, özellikle sıcaklığın sıfırın altına düştüğü zaman meydana gelen don olayını, suyun donma derecesini düşürerek önlemek ve betonun geçirimsizliğini artırmak için kullanılmaktadır. Sıvı ve toz halinde olan bu katkılar, çimento dozajının % 0.5-5 arasında betona katılmaktadır.

Betonun ani çarpma, vurma, sarsma vb. sonucu zarar görmesini önlemek için mekanik etkilere dayanıklılığı arttıran katkılar kullanılmaktadır. Ayrıca kimyasal ve biyolojik zararlılara karşı da kullanılan katkı maddeleri vardır. Bunlardan başka betonun sahip olduğu rengi değiştiren katkı maddeleri de üretilmektedir.

1.1.3. Türkiye'de üretilen beton katkı maddeleri

Beton katkı maddeleri son yıllarda ülkemizde üretilmekte ve kullanılmaktadır. Türkiye'de genellikle kullanılan katkı maddelerini; akışkanlaştırıcı (su azaltıcı), hava sürükleyici, prizi hızlandırıcı ve geciktirici, su geçirimsizliğini azaltıcı ve aderans dayanımını arttırıcı katkılar olarak sınıflandırabiliriz.

Türkiye'de beton katkıları ile ilgili Türk Standardları Enstitüsü tarafından çıkarılmış iki standard bulunmaktadır (17,18). Bunlar, beton kimyasal katkı maddeleri (priz süresini ayarlayan ve karışım suyunu azaltan)

ile betona hava sürükleyici katkı maddeleridir.

1.2. Konunun Önemi

Yetmişli yılların ortalarından başlayarak özellikle son on yıl içinde katkı maddelerinin önemi farkedilmiştir. Gelişmiş ülkelerde konu ile ilgili resmi ve özel kuruluşlar, yoğun araştırma ve inceleme çalışmaları sonucu katkı teknolojisini geliştirerek inşaat sektöründe yaygın olarak kullanılmasını sağlamışlardır.

Bilindiği gibi beton üç ana bileşenden oluşmaktadır. Bu bileşenlerin beton içindeki miktarları ve birbirine olan oranları, betondan istenilen özelliklere tesir etmektedir. Uygun karışımların yapılması ve daha iyi beton üretimi için laboratuvar çalışmalarına göre standartlar belirlenmiştir. Ancak bütün bu faaliyetler, inşaat sektörünün farklı uygulama sahalarına cevap vermemektedir. Beton fonksiyonlarının güçlendirilmesinin gerektiği yer ve durumlar bulunmaktadır. Ayrıca betonun dökülmesinden sonra bakımının az olması ve ek maliyet getirmemesi istenmektedir. A.B.D.'de sadece liman betonlarının yenilenmesi ve bakımı için yılda 20 milyon dolar harcanmaktadır (19).

Günümüzde inşaat denildiği zaman ilk akla gelen malzeme beton olmaktadır. Beton artık klasik ve prekast yapılar başta olmak üzere otoyol, uçak pisti, liman, baraj, tünel ve galeri ile su yapılarına kadar hemen her yerde kullanılmaktadır. Bu çeşitli kullanım sahalarının her biri betondan ayrı bir görev beklemektedir.

Türkiye'de konut açığı, kanaması dinmeyen bir yara gibi devam etmektedir. Uzmanlar, açığın prefabrik konut yapımı ile kısa sürede kapanacağını iddia etmektedirler. Ancak ülkemizde henüz bu sistem yerleşmemiştir. İnşaat sektöründe işçiliğin malzemedeki pahalılığı, kış mevsiminde üretimin durması ve geçen zaman üretim maliyetlerini devamlı olarak yükseltmektedir.

Karayollarının yakın bir gelecekte, petrole dayalı yol kaplamalarından beton yollara geçmesi sözkonusudur. Avrupa ve A.B.D.'de büyük oranda kullanılan beton yollar; yüksek basınç dayanımları, uzun ömürlü olmaları ve hemen hiç bakıma ihtiyaç göstermemeleri yüzünden tercih edilmektedir. Belçika'da; 40 yıl olarak hesaplanan uzun ömür, düşük bakım maliyeti ve sağladığı seyahat konforu ile beton yollar, karayolu ulaşım ağının yol kategorisine göre % 16-58'ini oluşturmaktadır. Kaplama yüzeyinin kayma direncini artırmak için, beton yüzeyinde sertleşmeyi geciktirici maddeler yaygın olarak kullanılmaktadır (20). İngiltere'de beton yolların bakımı o kadar azdır ki, bu konuda hiç bir kayda rastlanmamıştır (21). A.B.D.'de ise beton yollar, tüm yolların % 50'sini teşkil etmektedir (22). Süperplastisize beton, tamir ve rekonstrüksiyon çalışmalarında trafik kolaylıkları verdiği için son yıllarda çok kullanılmaktadır(23).

Bütün bu uygulamalar gözönüne alındığında, ithalatının yaklaşık yarısını petrole döviz ödeyerek yapan ülkemiz için beton yollar, hem döviz hem de enerji tasarrufudur. Yapılan çalışmalar göstermiştir ki; katkı

malzemesi kullanılarak üretilen betonların işlenebilirliği fazla, işçiliği azdır. Günümüzde işçiliğin malzemedен pahalı oluşu dikkate alınırса bu çok önemlidir. Betonda çimento dozajını azaltarak dayanımı yükselten katkı malzemeleri, kış aylarında üretime devam edilmesini sağlayarak gün geçtikçe artan yapıм maliyetini düşürmektedir.

1.3. Araştırmanın Amacı ve Kapsamı

Bu çalışmada, bir beton katkı malzemesinin betonun fiziksel ve mekanik özellikleri üzerindeki etkileri incelenmiştir. Harç katkıları çalışmanın dışındadır. Çalışmanın amacı; katkı malzemesi kullanılarak betonun özelliklerinin iyileştirilmesi ve kendisinden beklenen görevi en mükemmel şekilde yerine getirmesini sağlayarak, inşaat sektörüne getireceği fayda ve kolaylıkların araştırılmasıdır.

Araştırmada, Sikament süper flüidifiyan beton katkısı kullanılmıştır. Çalışma bir katkı malzemesi ile sınırlanmıştır. Buna karşılık diğer katkı malzemelerinin, betona kazandırdığı özellikler üzerine yapılan çalışmalar ve sonuçları hakkında bilgi verilmiştir.

BÖLÜM 2

KAYNAK TARAMASI

Beton katkı malzemelerinin taze ve sertleşmiş betonlar üzerindeki etkilerini inceleyen araştırmalar yoğun bir şekilde devam etmektedir. Araştırmacılar; taze ve sertleşmiş betonlar ile tamir ve bakım isteyen betonlar üzerinde çalışarak, en kaliteli ve ekonomik betonu elde etmeye çalışmaktadırlar. Bu bölümde; Türkiye'de ve Dünya'da yapılmış olan katkı malzemelerinin betonun fiziksel ve mekanik özelliklerine etkisini inceleyen son çalışmalara yer verilmiştir.

Akman (6), beton karışımına kalker unu karıştırarak ürettiği betonlarda, % 15-20 arasında basınç dayanımı artışı sağlamıştır.

Uyan (24), kalsiyum stearat esaslı su itici katkı maddesinin kılcallığa etkisini, farklı bileşimlerdeki beton numuneleri üzerinde incelemiştir. Çimento ağırlığının % 4'ü oranında katkı kullanıldığı zaman, betonların kılcallığında büyük miktarda azalma olduğunu, bu azalmanın katkı/çimento oranının artması ile birlikte yavaşlayarak devam ettiğini tesbit etmiştir. Ayrıca betonun basınç dayanımını da arttırmıştır.

Uyan (24), Çatalağzı Termik Santrali uçucu külünü kullanarak yaptığı çalışmada, çimento dozajı sabit olmak üzere uçucu kül ilavesi ile betonun basınç dayanı-

mının arttığını, kılcallıkta ise bir miktar azalma olduğunu gözlemiştir. Ayrıca uçucu külün, beton karışımının kılcallığının zamanla artmasını önlediğini tespit etmiştir.

Florida Ulaşım Bölümü(19) tarafından, klorürlerin (tuzların) beton içerisine nüfuz etmesi ile meydana gelen korozyonu önlemeyi amaçlayan bir çalışma yapılmıştır. Bu çalışmada, silis buharı katkı malzemesi olarak kullanılmıştır. Hızlandırılmış korozyon deneyleri, silis buharının etkili olduğunu göstermiştir. Silis buharlı betonlar normal betona kıyasla, korozyon deneylerinde 3 kat fazla dayanım kazanmıştır. Normal beton numuneler 28 günde bozulurken, silis buharlı beton numunelerde 80 gün sonra dahi hiç bir bozulma görülmemiştir.

Silis buharı ile diğer bir çalışma, W.R. Grace şirketi tarafından yapılmıştır. Bu çalışmada Renner(25); 100 lb (45.36 kg) çimento ve 14.5 lb (6.58 kg) silis buharı ile betonun basınç dayanımını 6000 psi (422 kgf/cm²) den 8000-14000 psi (562-984 kgf/cm²)'ye kadar artırdıklarını belirtmiştir. Çimentosu azaltılan diğer bir numune ise, 28 gün sonunda basınç dayanımının yükseldiği gözlenmiştir.

Akman ve Uyan(16), çimentonun prizini geciktirmek için yaptıkları çalışmada, priz geciktirici olarak boraks, disodyum fosfat ve şeker kullanmışlardır. Boraksın priz geciktirme etkisinin genellikle zayıf olduğunu, fosfatın ise olumlu ve güvenilir biçimde geliştiği gö-

rülmüştür. Şekerin bu iki katkıya oranla etkisinin çok daha küçük dozajlarda olduğu tespit edilmiştir.

Uyan ile Özkul(10), betonda akışkanlaştırıcı katkı maddesi kullanarak w/c oranını % 20 azaltmışlardır. İşlenebilirliği sabit tutulan bir betonda, basınç dayanımı % 40 artmıştır. Betonda katkı kullanılarak işlenebilirlik ve dayanım sabit olmak üzere, çimento miktarından % 15 tasarruf yapılabileceği gözlenmiştir.

Uyan ve Özkul(10), betonun prizini hızlandırmak için alüminat esaslı priz hızlandırıcı katkı kullanarak priz başlangıcını 1.5 dk'ya, priz sonunuda 3 dk'ya kadar indirmişlerdir.

Amerikan Beton Enstitüsü(26), bir yapı alternatifini olarak kükürt betonu geliştirmiştir. Kükürt beton üretiminde kükürt, mineral filler ve agrega çesitli oranlarda 138-143°C sıcaklıkta karıştırılmaktadır. Burada bağlayıcı olarak erimiş kükürt kullanılmıştır. Kükürt beton en yüksek dayanımınının % 80'ine bir kaç saatte erişmekte, 24 saat sonunda ise % 100 dayanım kazanmaktadır. Kükürt betonun min. basınç dayanımı 5000-9000 psi(351.5-633 kgf/cm²)'dir.

Gates(27), beton blok, tuğla ve kaldırım taşlarının yapımında akışkanlaştırıcı katkıların kullanılması ile işlenebilirliğin ve üretimin arttığını, yüzeydeki çatlakların ve parçalanmanın azaldığını belirtmektedir. Katkılar, buhar kuru ihtiyacını azaltmakta ve dayanımı yükseltmektedir.

Gupchup, Jayaram ve Kulkarni(28), yaptıkları araştırmada 9 farklı katkı malzemesini çimento ve beton üzerinde denemişlerdir. Çimentonun priz süresini, priz hızlandırıcı-su azaltıcı olan 4 ve 5 no'lu katkıları fark edilmiş şekilde azaltmakta, 3 ve 7 günlük basınç dayanımlarını da artırmaktadır. Normal su azaltıcı olan 1 ve 3 no'lu katkıları ile priz geciktirici-su azaltıcı niteliğe sahip 6 no'lu katkı, betonun işlenebilmesine önemli oranda tesir etmektedir. Priz geciktirici-su azaltıcı olan 7 no'lu katkı ile normal su azaltıcı nitelikteki 8 no'lu katkı karışımları hariç bütün karışımlar için, karışımdaki çimento miktarı arttıkça işlenebilme azalmıştır. Niteliği bilinmeyen 2 ve 9 no'lu katılardan başka diğer katkıları, kontrol karışımına kıyasla 7 günlük basınç dayanımlarını bütün w/c oranları için genellikle artırmaktadır. W/c oranı azaldıkça karışımlarda katkıların etkisi kesin olarak azalmaktadır. 28 günlük basınç dayanımlarında kontrol karışımına göre max. artışı, % 40 ile 5 no'lu katkı sağlamıştır. 4 no'lu katkı % 26, diğerleri ise % 3-11 arasında artış göstermiştir. 90 günlük basınç dayanımlarında 2 ve 9 no'lu katkıları hariç her katkı, kontrol karışımına oranla yüksek dayanıma sağlamaktadır.

BÖLÜM 3

MALZEMELER

Bu bölümde; deney çalışmalarında kullanılan agrega, bağlayıcı madde, katkı malzemesi ve karma suyu hakkında bilgi verilmiştir.

3.1. Agrega

Beton karışımlarında agrega olarak; Ankara-İstanbul karayolu 40. km'de bulunan Ankara ili Yenimahalle ilçesine bağlı Kazan Nahiyesi'nde çıkarılan tabii kum ve çakıl kullanılmıştır. Kumun özgül ağırlığı 2.42 g/cm^3 , çakılın ise 2.38 g/cm^3 bulunmuştur. Kuru ağırlığa oranla kumun su emme oranı % 5.3, çakılın % 4.4'dür. Kumun porozitesi % 12.83, çakılın ise % 10.47'dir. Pratik olarak organik ve çamurlu madde yoktur.

3.2. Bağlayıcı Madde

Türkiye'de en çok KPC 325 Katkılı Portland Çimentosu üretilmekte ve kullanılmaktadır. Bu nedenle beton deney karışımlarında bağlayıcı olarak 1987 yılı ürünü TS 19 KPC 325 Başkent Çimento Sanayii T.A.Ş. (Baştaş) Çimentosu kullanılmıştır. Çimento üzerinde yapılan deneyler, TS 24 ve TS 639'a göre Başkent Çimento Sanayii laboratuvarında yapılmıştır. Çimentoya ait kimyasal analiz sonuçları Tablo 1'de, fiziksel ve mekanik özellikleri Tablo 2'de gösterilmiştir.

Tablo 1. Çimentonun Kimyasal Bileşimi (%)

SiO ₂	20.57
Al ₂ O ₃	6.74
Fe ₂ O ₃	3.18
CaO	53.55
MgO	2.04
SO ₃	2.87
Kızdırma kaybı	3.00
Çözünmeyen kalıntı	7.60
Tayin edilemeyen	0.45
Serbest CaO	1.00

Tablo 2. Çimentonun Fiziksel ve Mekanik Özellikleri

Priz başlangıcı	(saat)	2.24	
Priz sonu	(saat)	3.50	
Hacim sabitliği	(mm)	0	
90 mikronluk elek üzeri	(%)	4.0	
200 mikronluk elek üzeri	(%)	0.1	
Özgül yüzey	(blaine-cm ² /gr)	4021	
Özgül ağırlık	(gr/cm ³)	2.95	
Basınç dayanımı	(kg/cm ²)	2 gün	161
		7 gün	280
		28 gün	406
Eğilme sonucu çekme dayanımı	(kg/cm ²)	2 gün	34
		7 gün	53
		28 gün	72

3.3. Katkı Malzemesi

Beton karışımlarında kullanılan katkı malzemesi, bir ticari kuruluştan alınan Sikament süper flüidifiyan beton katkısıdır. Çimentonun karışım içindeki dispersiyonunu sağlayarak betona akışkanlık veren ve dayanımını önemli miktarda artıran bu katkı sülfonat esaslıdır. Katkı malzemesinin özellikleri Tablo 3'de verilmiştir.

Tablo 3. Katkı Malzemesinin Özellikleri

Şekil	Sıvı
Renk	Kahverengi
Viskozite	20 C'da: 13.5"
Yoğunluk	1.2 kg/lt

3.4. Karma Suyu

Beton karışımlarında kullanılacak suyun içme suyu olarak kullanılabilen su olması gerekmektedir(2). Beton numunelerin hazırlanmasında Ankara Şehir İçme Suyu kullanılmıştır.

BÖLÜM 4

DENEY YÖNTEMİ

Bu bölümde; agregâ, taze ve sertleşmiş beton deney yöntemleri hakkında bilgi verilecektir. Deneyler, Gazi Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi Yapı Malzemesi Laboratuvarında yapılmıştır.

4.1. Agregâ Deney Yöntemleri

4.1.1. Deney numunesi hazırlama

Beton karışımlarında kullanılacak agregâ üç tane sınıfına ayrılmıştır(29). Bunlar; <#4 ince agregâ(kum), #4-3/4" kaba agregâ(ince çakıl) ve 3/4"-1 1/2" kaba agregâ(iri çakıl) tane sınıflarıdır.

Deneylerde kullanılan numune miktarları bölgeç ile alınmıştır(30). Tane dağılımının tespitinde ASTM elek serisi kullanılmıştır.

4.1.2. Tane büyüklüğü dağılımının tayini(elek analizi)

Agregâ tane sınıflarının karışımı sonucu elde edilecek eğrinin TS 706 Şekil 3'deki 3 no'lu bölge içinde kalması gerekmektedir(29).

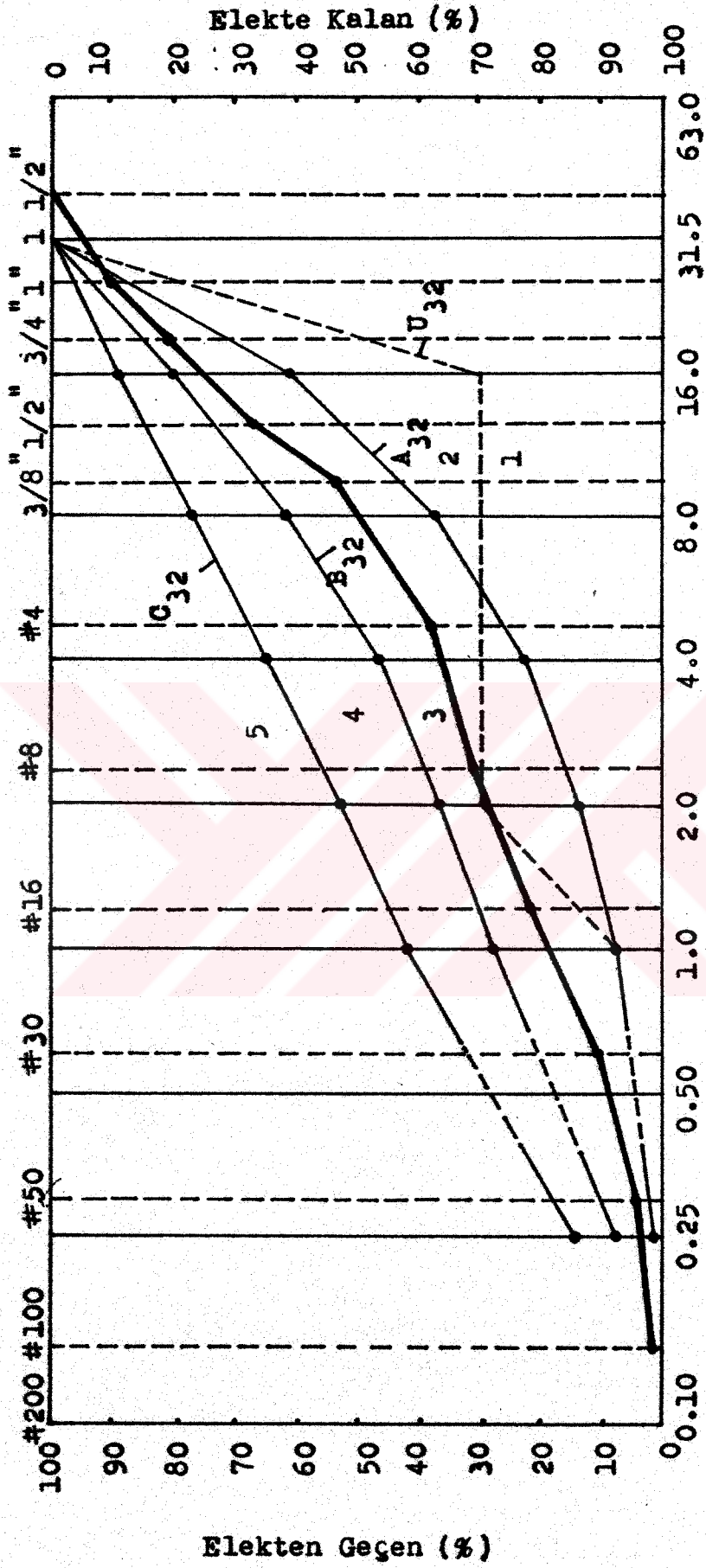
Tane dağılımını elde etmek için iki ayrı eleme işlemi yapılmıştır. Birincide agregânın tane dağılımı hakkında bilgi edinilmiştir. Buna göre tane sınıflarından ağırlık olarak % 40 <#4, % 40 #4-3/4" ve % 20 3/4"-

1 1/2" agrega alınarak elek analizi yapılmış, öngörülen tane dağılımı belirlenmiştir. Elek analizi sonucu elde edilen karışım değerleri ile yığılımlı % kalan ve geçen hesaplanmıştır. Sonuçlar Tablo 4'de verilmiştir.

Tablo 4. Agrega Tane Dağılımı Sonuçları

Elek no	Her elek üst. kalan g	Her elek üst. kalan %	Yığılımlı	
			Kalan %	Geçen %
1 1/2"	—	—	—	100
1"	500	10	10	90
3/4"	450	9	19	81
1/2"	700	14	33	67
3/8"	650	13	46	54
No.4	800	16	62	38
No.8	300	6	68	32
No.16	500	10	78	22
No.30	550	11	89	11
No.50	300	6	95	5
No.100	150	3	98	2
Alta geçen	100	2	100	—
Toplam	5000	100		

Agrega tane dağılımı eğrisi, Tablo 4'deki % geçen değerleri kullanılarak Şekil 1'de gösterilmiştir. Tane dağılımı sonucunun 3 no'lu bölge içinde kaldığı görülmüştür.



Şekil 1. Agrega Karışımının Tane Dağılımı Eğrisi

4.1.3. Özgül ağırlık, su emme oranı ve porozite

İnce agreganın özgül ağırlığının tespiti için, 800 g numune 5 g hassasiyetindeki Wartburg terazide tartılarak içinde yaklaşık 20°C sıcaklıkta su bulunan bir kapta 24 saat bekletilmiştir. İnce taneleri kaybolmadan suyu süzöldükten sonra ısıtıcı kullanılarak numune doygun kuru yüzey hale getirilmiştir. Bunun için kesik koni yöntemi kullanılmıştır. Numune tartılarak doygun kuru yüzey ağırlığı kaydedilmiştir. Numune etüv kurusu duruma getirildikten sonra piknometre içine doldurularak birlikte tartılmıştır. Piknometrenin ağırlığı bu ağırlıktan çıkarılarak numunenin kuru ağırlığı bulunmuştur. Piknometre 20°C sıcaklıktaki su ile yarıya kadar doldurulmuş, vakum pompası kullanılarak içindeki hava kabarcıkları çıkarılmıştır. Piknometre, 1 saat sonra 500 ml işaret çizgisine kadar su ile doldurularak tartılmıştır. Sonuçlar, aşağıdaki formüller kullanılarak hesaplanmıştır(32).

$$\delta_d = \frac{W_2}{W_2 + W_4 - W_3} \quad m_1 = \frac{W_2 - W_1}{W_1} \times 100$$

Formüllerde :

δ_d = İnce agreganın doygun yüzey kuru özgül ağırlığı

m_1 = İnce agreganın su emme oranı (%)

W_1 = Numunenin etüv kurusu ağırlığı (g)

W_2 = Numunenin doygun yüzey kuru ağırlığı (g)

W_3 = Piknometre, su ve numunenin toplam ağırlığı

lığı (g)

$W_4 = 500$ ml çizgisine kadar su ile dolu ölçü kabı ağırlığı (g)

İri agreganın özgül ağırlık deneyi için, 3 kg numune alınarak içinde yaklaşık 20°C sıcaklıkta su bulunan bir kaptan 24 saat bekletilmiştir. Suyu süzülerek taneler üzerinde gözle görülebilecek su tabakası kalmayınca kadar kurutulmuş, tartılarak doymun yüzey kuru ağırlığı bulunmuştur. Numune kafes örgülü tel sepete konarak su dolu kovanın içine su yüzeyinden en az 5 cm aşağıda olacak şekilde daldırılmıştır. Su yüzüne çıkarılmadan içindeki hava kabarcıklarının çıkması sağlanmıştır. Sepetin kovanın kenarına dokunmamasına dikkat edilerek doymun numunenin sudaki ağırlığı tespit edilmiştir. Numune etüv kurusu duruma getirilerek oda sıcaklığına kadar soğutulmuş ve tartılarak havadaki kuru ağırlığı belirlenmiştir. Hesaplama aşağıdaki formüller ile yapılmıştır(32).

$$\delta d = \frac{W_2}{W_2 - W_3}$$

$$m_c = \frac{W_2 - W_1}{W_1} \times 100$$

Formüllerde :

δd = İri agreganın doymun yüzey kuru özgül ağırlığı

m_c = İri agreganın su emme oranı (%)

W_1 = Numunenin etüv kurusu ağırlığı (g)

W_2 = Numunenin doymun yüzey kuru halde havadaki ağırlığı (g)

$W_3 = \text{Numunenin sudaki ağırlığı (g)}$

Sonuçlar, aralarında özgül ağırlık için % 2, su emme oranı için 0.2'den daha küçük fark bulunan iki deneyin aritmetik ortalamasıdır.

Porozite değerleri, su emme oranları ile özgül ağırlıklar çarpılarak elde edilmiştir(24).

4.1.4. Tabii nem oranı

Deney için 500 g ince ve 5000 g iri agrega numunesi terazide tartılarak tabii nemli ağırlıkları belirlenmiştir. Numuneler etüvde kurutulduktan sonra tartılarak kuru ağırlıkları tespit edilmiştir. Hesaplama aşağıdaki formül kullanılmıştır(33).

$$TN = \frac{W_2 - W_1}{W_1} \times 100$$

Formülde :

TN = Tabii nem oranı (%)

W_1 = Numunenin etüv kurusu ağırlığı (g)

W_2 = Nemli numune ağırlığı (g)

4.2. Beton Karışımları

4.2.1. Karışım hesabı

Beton karışım hesabı, TS 802 "Beton Karışım Hesap Esasları" Türk standardına göre yapılmıştır.

Karışıma giren ince ve iri agrega oranları, öngörülen tane dağılımını sağlayacak şekilde tespit edilmiştir(1,29).

Çimento miktarı, deneme karışımı yapıldıktan sonra ekonomi ve rötre olayı düşünülerek azaltılmış, bütün karışımlarda dozaj sabit tutulmuştur.

Öngörülen su/çimento oranının sağlanabilmesi, agreganın "suya doygun yüzey kuru" olmasına bağlıdır. Agregada bu durumu sağlamak için karma suyu artırılmıştır.

Katkı malzemesinin üretilen betonlar üzerindeki etkisi, su/çimento oranı ile birlikte iki şekilde araştırılmıştır. Birincide su/çimento oranı sabit tutularak % 0.5, % 1.0 ve % 1.5 katkılı 3 karışım yapılmıştır. İkincide ise, su/çimento oranı % 5, % 13, % 20 ve % 27 azaltılmış, yerine % 0.5, % 1.0, % 1.5 ve % 2.0 katkı malzemesi katılarak 4 karışım daha üretilmiştir. Böylece kontrol karışımı ile birlikte toplam 8 karışım elde edilmiştir. Katkı malzemesi, çimento ağırlığının %'si olarak karışıma karma suyu ile birlikte katılmıştır.

4.2.2. Karışımların üretilmesi

Beton karışımları; düşey eksenli, zorlamalı karıştırılmalı 75 dm³ kapasiteli betoniyer ile karıştırılarak üretilmiştir.

Betoniyer bir bez ile nemlendirilerek çakıl, kum ve çimento 1 dk süre ile kuru halde karıştırılmıştır. Bu karışıma katkı malzemesi karma suyu ile birlikte ilave edilmiş, 3 dk daha karıştırma yapılarak işlem tamamlanmıştır.

4.2.3. Numune şekil ve boyutları, kalıplara yerleştirme ve kür şartları

Üretilen beton numuneleri silindir şeklinde olup 15x30 cm boyutundadır. 8 no'lu karışımdan 6, 4 no'lu karışımdan 12 ve diğer karışımlardan ise 18'er adet beton numunesi üretilmiştir.

Numuneler kalıplara üç tabaka halinde ve her tabakaya 25 şişleme yapılarak yerleştirilmiştir. Toplam 75 şişleme yapıldıktan sonra kalıpların yüzeyi düzeltilmiş, % 75 nemli ortamda $20\pm 2^{\circ}\text{C}$ sıcaklıkta 24 saat bekletilmiştir.

Numuneler kalıplardan çıkarılarak, kür odası ve atmosfer tesirleri olmak üzere iki farklı ortamda 7 ve 28 gün bekletilmiştir. Kür odasında % 100 nem $20\pm 2^{\circ}\text{C}$ sıcaklıkta, atmosfer tesirlerinde ise öğleye kadar gölgede, öğleden sonra güneş ışınlarının etkisinde kalmıştır. Bu numuneler için ortalama, en yüksek ve en düşük hava sıcaklıkları Tablo 5'de verilmiştir.

4.2.4. Üretilen betonların kodlanması ve bileşimleri

Betonların kodlanmasında şu yöntem uygulanmıştır. İlk olarak numunenin saklandığı ortam ve karışım numarası belirtilmiştir. Burada K ile kür odası, A ile atmosfer tesirleri gösterilmiştir. Daha sonra su/çimento oranı, son olarak da katkı malzemesi % cinsinden verilmiştir.

Üretilen beton serilerinden, su/çimento oranı 0.55

Tablo 5. Atmosfer Tesirlerine Bırakılan Numuneler için Sıcaklık Değerleri (Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü)

G Ü N L E R	Ort. Sıcak. °C				En Yük. Sıcak. °C				En Düş. Sıcak. °C			
	A Y L A R				A Y L A R				A Y L A R			
	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül
1	128	238	244	212	160	295	306	293	122	160	181	127
2	120	242	242	210	182	312	310	290	93	142	168	141
3	133	232	232	214	178	296	303	300	98	150	153	137
4	147	220	244	222	208	303	313	313	75	146	170	137
5	181	217	261	210	247	270	338	286	86	164	173	126
6	186	202	280	204	268	288	370	274	119	142	176	134
7	174	150	289	218	229	175	362	294	140	136	221	136
8	170	158	304	226	224	207	390	313	82	94	210	135
9	192	176	261	241	263	232	337	331	97	96	208	168
10	211	206	236	232	280	270	309	323	120	123	164	169
11	214	235	224	197	297	302	307	257	120	142	141	142
12	200	234	228	185	260	312	298	272	124	166	154	119
13	204	230	228	179	266	298	299	263	130	160	167	100
14	204	242	180	200	264	304	260	284	135	167	140	103
15	209	244	186	216	272	308	254	305	134	173	98	118
16	228	246	211	213	297	300	291	292	148	172	122	142
17	243	246	166	189	324	313	226	261	147	168	144	135
18	198	266	157	160	253	343	232	231	174	176	86	99
19	158	262	180	168	226	343	262	237	138	177	80	90
20	170	258	216	181	228	328	296	267	103	159	115	88
21	191	258	226	206	263	326	298	285	102	175	138	106
22	192	262	196	156	282	334	290	221	139	172	154	134
23	194	266	170	127	258	335	235	204	118	177	117	71
24	198	263	179	143	278	333	246	238	107	176	108	53
25	200	262	169	175	277	332	236	278	150	181	100	73
26	216	266	183	186	278	345	251	288	136	174	96	89
27	208	277	200	193	266	366	267	296	126	186	116	102
28	217	280	220	209	279	366	297	310	152	187	138	112
29	230	278	222	224	289	375	312	311	156	216	134	135
30	226	237	207	209	288	306	267	275	144	172	152	140
31		254	200			332	269			176	130	
Ay ort	191	239	217	197	256	308	291	280	124	161	144	119
Yıl	1 9 8 7											

olan karışımların bileşimleri aynıdır. Diğer karışımlarda, su/çimento oranının azaltılması sonucu dozaj sabit olduğu için sadece su ve agrega miktarları değişmiştir. Beton karışımlarının bileşimleri Tablo 6'da verilmiştir.

Tablo 6. 1 m³ Betona Giren Gerçek Malzeme Miktarları (kg)

Beton no	Çimento	Su	w/c	Katkı %	Kum #4	İnce Çakıl #4-3/4"	İri Çakıl 3/4"-1 1/2"
1	318	175	0.55	0	690	678	340
2	318	175	0.55	0.5	690	678	340
3	318	175	0.55	1.0	690	678	340
4	318	175	0.55	1.5	690	678	340
5	318	165	0.52	0.5	699	688	345
6	318	153	0.48	1.0	711	700	350
7	318	140	0.44	1.5	724	712	357
8	318	127	0.40	2.0	737	725	362

4.3. Taze Beton Deney Yöntemleri

4.3.1. İşlenebilme özelliği

Taze betonun çökme miktarı, işlenebilme özelliği olarak ifade edilmektedir. İşlenebilme özelliği, kesik huni (slump) yöntemi ile belirlenmiştir. Kesik huninin taban çapı 203 mm, üst çapı 102 mm ve yüksekliği 305 mm'dir. Sıkıştırma işlemi şişleme çubuğu kullanılarak yapılmıştır. Şişleme çubuğu; 600 mm boyunda, 16 mm çapında olan ucu yuvarlatılmış çelik çubuktur.

Beton kesik huni içine yaklaşık üç eşit tabaka halinde ve her tabakaya 25 defa işleme yapılarak yerleştirilmiştir. Kesik huni üst yüzeyi mala ile düzeltildikten sonra düşey doğrultuda yavaşça yukarıya çekilerek alınmıştır. Huni ile betonun yükseklik farkı, çökme değerini vermektedir(34). Çökme değerleri iki deneyin aritmetik ortalaması olarak Tablo 7'de verilmiştir. Katkı malzemesi ile su/çimento oranına bağlı olarak çökme bağıntısı Şekil 2 ve 3'de gösterilmiştir.

4.3.2. Birim ağırlık

Deney için 8 litrelik ölçü kabı kullanılmıştır. Beton ölçü kabına üç eşit tabakada doldurulmuş ve her tabakaya 25 defa işleme yapılmıştır. Beton yüzeyi kabın üst seviyesinde düzeltilerek ölçme kabı tartılmıştır. Kabın ağırlığı brüt ağırlıktan çıkarılarak betonun net ağırlığı belirlenmiştir. Taze betonun birim ağırlığı aşağıdaki formül ile hesaplanmıştır(35).

$$B = \frac{W_n}{V_k}$$

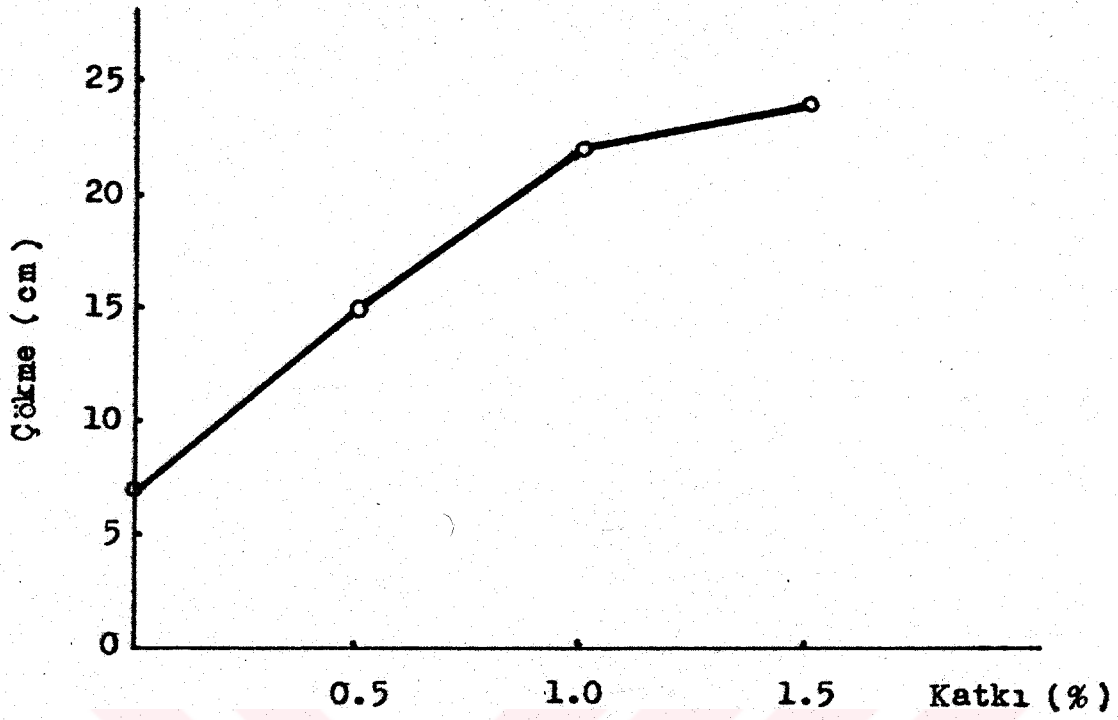
Formülde :

B = Taze betonun birim ağırlığı (kg/m^3)

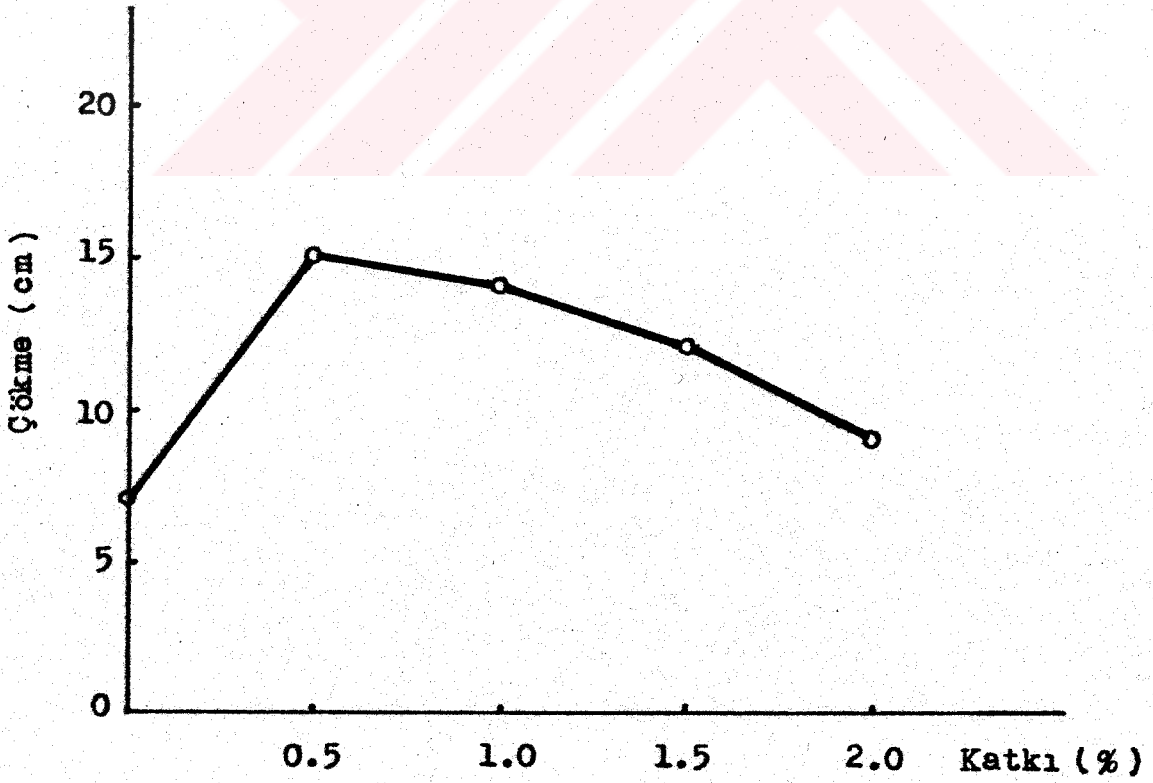
W_n = Ölçme kabındaki betonun net ağırlığı (kg)

V_k = Ölçme kabı hacmi (m^3)

Deney sonuçları, iki deneyin aritmetik ortalaması olarak Tablo 7'de verilmiştir.



Şekil 2. Su/çimento oranı sabit betonlarda katkı malzemesi-çökme bağıntısı



Şekil 3. Su/çimento oranı azaltılan betonlarda katkı malzemesi-çökme bağıntısı

Tablo 7. Taze Beton Özellikleri

Beton no	W/C	Katkı %	Çökme cm	Birim Ağırlık kg/m ³	Kompasite m ³ /m ³
1	0.55	0	7	2200	0.821
2	0.55	0.5	16	2230	0.820
3	0.55	1.0	22	2210	0.819
4	0.55	1.5	24	2220	0.818
5	0.52	0.5	15	2220	0.830
6	0.48	1.0	14	2210	0.841
7	0.44	1.5	12	2215	0.853
8	0.40	2.0	9	2225	0.864

4.4. Sertleşmiş Beton Deney Yöntemleri

4.4.1. Basınç dayanımı

Sertleşmiş betonda aranılan en önemli özellik, basınç dayanımı olmaktadır. Dayanım değeri aynı zamanda beton sınıfını göstermektedir. Deney 8 no'lu beton dışında, 7 ve 28 günlük bütün beton numunelerine uygulanmıştır. Deneyden önce numunelerin alt ve üst yüzleri, yaklaşık % 70 kükürt ve % 30 grafit tozu karışımı ile başlıklanmıştır.

Deney, basınç ve eğilme ünitesi olan 10, 50 ve 200 ton kapasiteli ELE marka deney aleti ile yapılmıştır. Yüklemeye sabit bir hız ile numune kırılincaya kadar devam edilmiştir. Dayanım değeri, aşağıdaki formül ile hesaplanmıştır(36).

$$\sigma_g = \frac{P}{A}$$

Formülde :

σ_g = Numunenin basınç dayanımı (kgf/cm²)

P = Numune kesit alanına gelen yük (kgf)

A = Numune kesit alanı (cm²)

Sonuçlar, üç deney numunesinin aritmetik ortalaması olarak Tablo 8'de verilmiştir. Su/çimento oranına bağlı olarak basınç dayanımı-katkı malzemesi bağıntısı Şekil 4 ve 5'de gösterilmiştir.

4.4.2. Yarmada çekme dayanımı (İndirekt çekme dayanımı)

Deney 4 no'lu beton dışında, 28 günlük bütün beton numunelerinde silindir yarma yöntemi kullanılarak yapılmıştır. Deneyde 100, 250 ve 500 ton kapasiteli Universal deney aleti kullanılmıştır. Kontrplak bantlar üzerine boyuna yerleştirilen numuneye orta noktasından çizgisel yük uygulanmıştır. Dayanım değeri aşağıdaki formül ile hesaplanmıştır(37).

$$\sigma_{YÇ} = \frac{P}{\pi \times \frac{d}{2} \times h}$$

Formülde :

$\sigma_{YÇ}$ = Silindir yarma çekme dayanımı (kgf/cm²)

P = Kırılma anındaki yük (kgf)

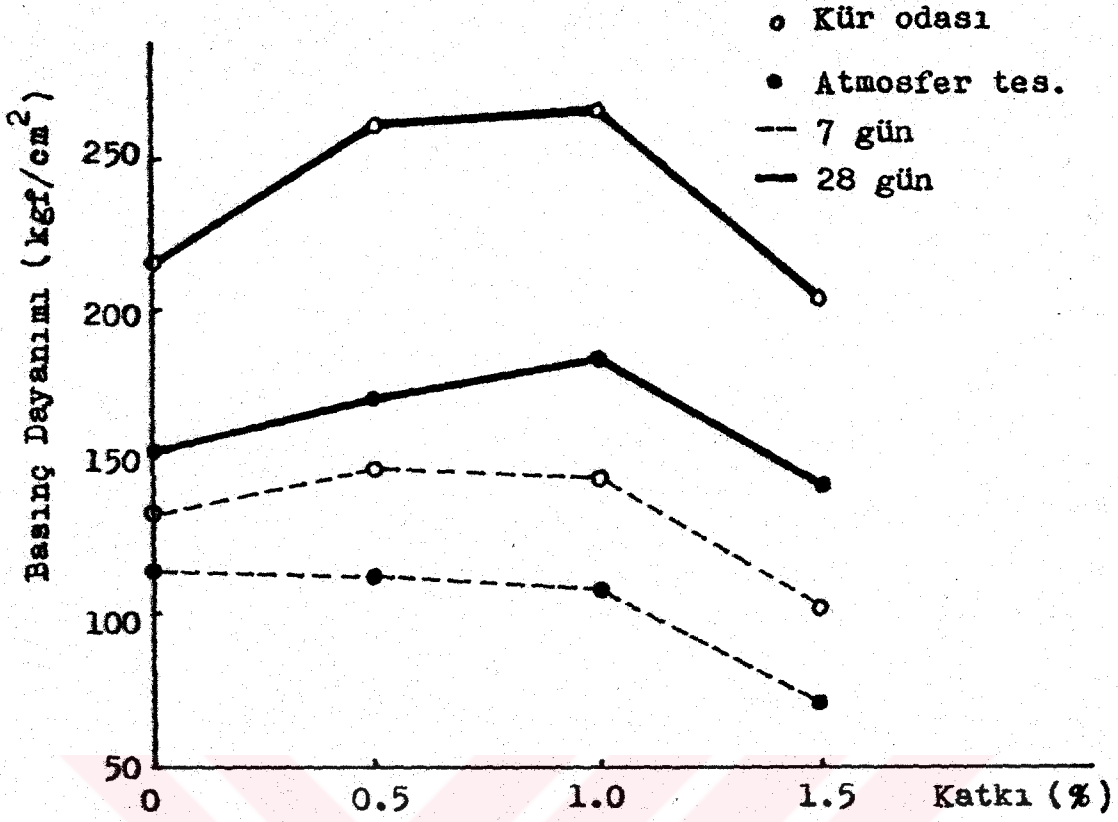
h = Silindirin boyu (cm)

d = Silindirin çapı (cm)

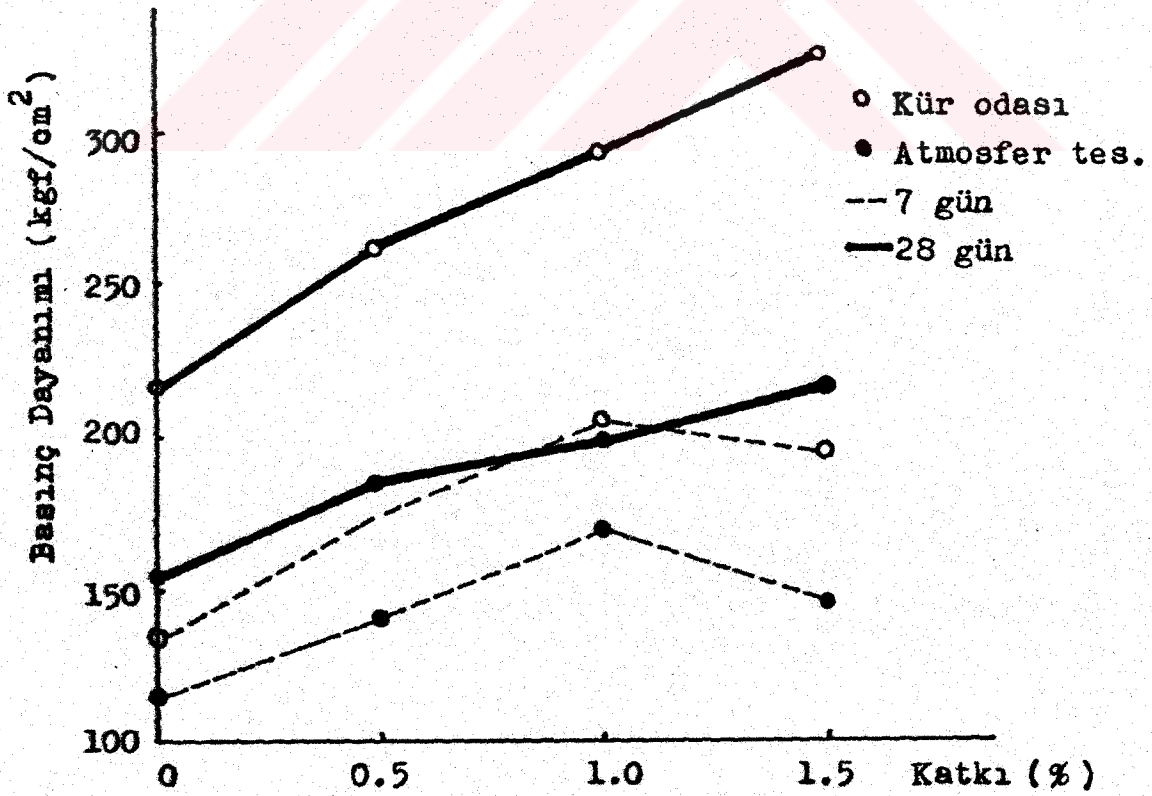
Deney sonuçları, üç deney numunesinin aritmetik ortalaması olarak Tablo 8'de verilmiştir. Su/çimento oranına bağlı olarak yarmada çekme dayanımı-katkı malzemesi bağıntısı Şekil 6 ve 7'de gösterilmiştir.

Tablo 8. Üretilen Betonların Basınç ve Yarmada Çekme (İndirekt Çekme) Dayanımı Sonuçları

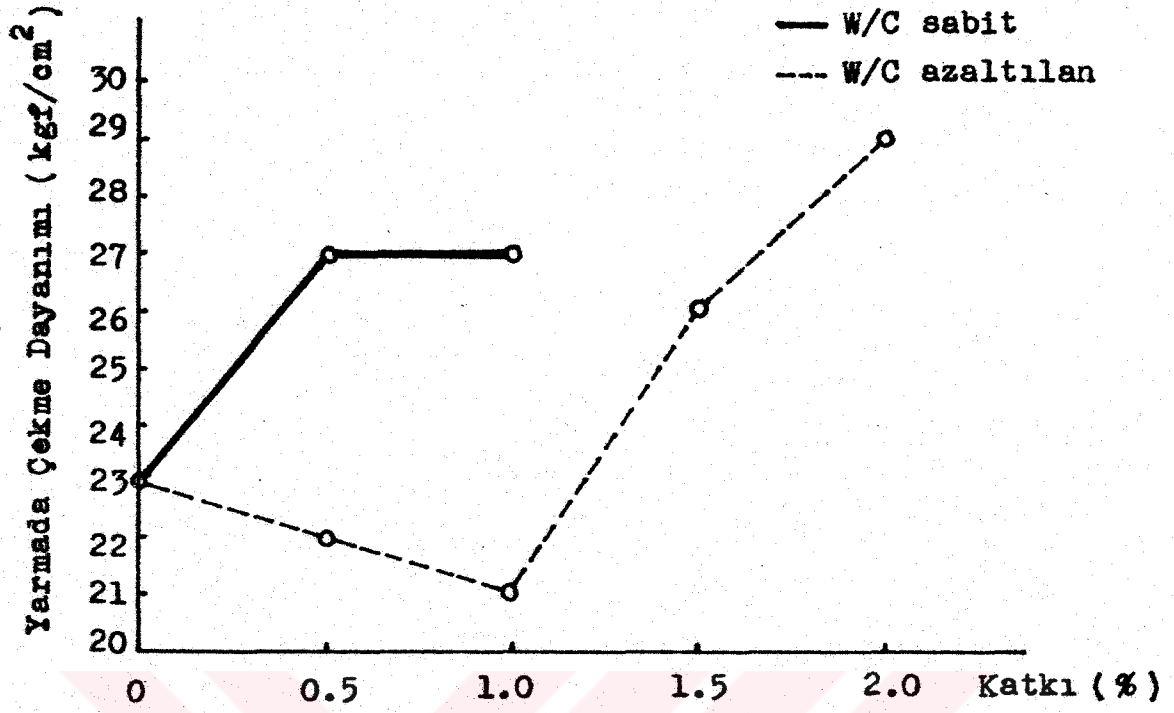
Beton kodu	Basınç Dayanımı kgf/cm ²		Yarmada Çekme Dayanımı kgf/cm ²
	7 gün	28 gün	28 gün
K-1/0.55/ 0	133	217	23
K-2/0.55/0.5	148	261	27
K-3/0.55/1.0	146	266	27
K-4/0.55/1.5	101	204	--
K-5/0.52/0.5	173	267	22
K-6/0.48/1.0	205	292	21
K-7/0.44/1.5	194	324	26
K-8/0.40/2.0	---	---	29
A-1/0.55/ 0	114	155	20
A-2/0.55/0.5	112	171	24
A-3/0.55/1.0	109	183	22
A-4/0.55/1.5	70	142	--
A-5/0.52/0.5	141	184	20
A-6/0.48/1.0	169	199	17
A-7/0.44/1.5	144	216	19
A-8/0.40/2.0	---	---	21



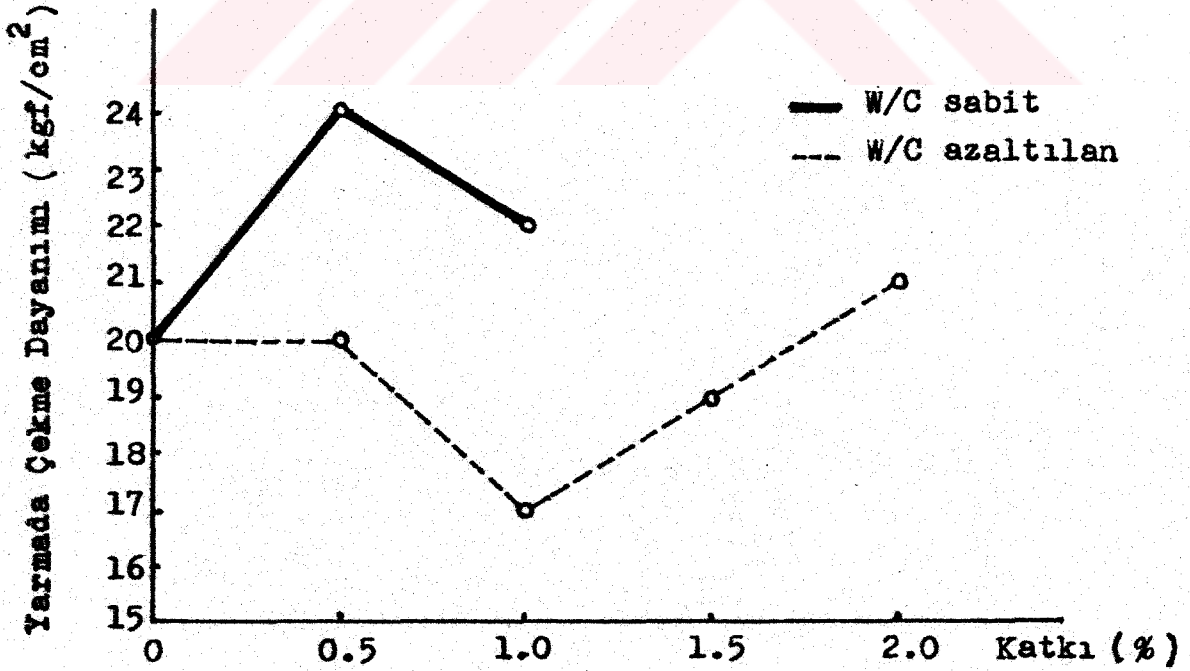
Şekil 4. Su/çimento oranı sabit betonlarda katkı malzemesi-baskınç dayanımı bağıntısı



Şekil 5. Su/çimento oranı azaltılan betonlarda katkı malzemesi-baskınç dayanımı bağıntısı



Şekil 6. Kür odasında saklanan betonlarda katkı malzemesi-yarımda çekme dayanımı bağıntısı



Şekil 7. Atmosfer tesirlerine bırakılan betonlarda katkı malzemesi-yarımda çekme dayanımı bağıntısı

BÖLÜM 5

ERİŞİLEN SONUÇLAR

Katkı malzemesinin betonun fiziksel ve mekanik özelliklerine etkisi, su/çimento oranı ile birlikte taze ve sertleşmiş betonlar üzerinde incelenmiş ve aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir.

5.1. Katkı Malzemesinin İşlenebilmeye Etkisi

Üretilen betonlardan elde edilen çökme değerleri Tablo 7'de ve buna bağlı olarak katkı malzemesi-çökme bağıntısı Şekil 2 ve 3'de gösterilmiştir. Buna göre;

1. W/c oranı sabit tutularak katkı oranı artırıldığı zaman çökme değeri % 129-243 arasında yükselmekte diğer bir ifade ile işlenebilme artmaktadır. Ancak bu tür betonlarda katkı oranı yükseldikçe katkının, ayrışmalara yol açtığı ve kohezyonu önemli ölçüde azalttığı gözlenmiştir. Deneme amacı ile üretilen % 5 katkılı bir betonda çok yüksek (26 cm) çökme değeri elde edilmiştir. Deney sonucuna göre, yüksek katkı kullanımı işlenebilme-yi daha fazla artırmamakta, kohezyonu ise tamamen ortadan kaldırmaktadır.

2. W/c oranı azaltılırken katkı oranı artırılan betonlarda çökme değeri % 29-114 arasında artmış, ayrıca kohezyonda yükselmiştir. Ancak çökme değeri, kontrol betonuna göre artmakla birlikte giderek azalma göstermiştir. Deneyler sonucu w/c oranınının % 20'ye kadar azalması

verimli olmuştur. 8 no'lu karışımda w/c oranı % 27 azaltılmış, kontrol karışımına göre işlenebilmenin daha zor olduğu gözlenmiştir. W/c oranının % 20'den fazla azaltılması uygun görülmemektedir.

3. Su/çimento oranı azaltılan betolarda katkı oranı yükseldikçe kompasitenin de arttığı Tablo 7'de görülmektedir. Bu durumda geçirimsizliğin azaldığı söylenebilir.

5.2. Katkı Malzemesinin Basınç Dayanımına Etkisi

Katkı malzemesi ile üretilen betonların basınç dayanımı değerleri Tablo 8'de, buna bağlı olarak katkı malzemesi-basınç dayanımı bağıntısı Şekil 4 ve 5'de gösterilmiş ve erişilen sonuçlar aşağıda sıralanmıştır;

1. Su/çimento oranı sabit ve kür odasında saklanan betonlarda kontrol karışımına (1 no'lu beton) göre 7 günlük dayanım değerleri; 2 ve 3 no'lu betonlarda % 11 ve % 10 yükselmiş, 4 no'lu betonda % 24 azalmıştır. 28 günlük dayanımlar, 2 ve 3 no'lu betonlarda % 20 ve % 23 artmış, 4 no'lu betonda % 6 azalma göstermiştir. Denecek için üretilen % 5 katkılı betonda dayanım değeri, % 0.5 katkılı 5 no'lu beton ile yaklaşık eşittir. Bu sonuç, belli bir dozdan sonra katkı artışının dayanımı arttırmadığını göstermektedir.

2. Su/çimento oranı sabit ve atmosfer tesirlerine bırakılan betonlarda kontrol betonuna göre 7 günlük dayanımlar; 2,3 ve 4 no'lu betonlar için sıra ile % 2, % 4 ve % 39 düşmüştür. 28 günlük dayanım değerleri, 2

ve 3 no'lu betonlarda % 10 ve % 18 artarken, 4 no'lu betonda % 8 azalmıştır.

Elde edilen bu sonuçlara göre, w/c oranı sabit olan betonlar için katkı artışının sakıncalı olduğu söylenebilir. Ayrıca deney sonrası numune kırılarak yapılan incelemelerde, agrega-çimento bağlantısının iyi olmadığı ve agrega soyulmalarının olduğu gözlenmiştir.

3. Su/çimento oranı azaltılan ve kür odasında saklanan betonlarda kontrol betonuna kıyasla 7 günlük dayanımlar, 5, 6 ve 7 no'lu betonlar için % 30, % 54 ve % 46, 28 günlük dayanımlar % 23, % 35 ve % 49 artış göstermiştir.

4. Su/çimento oranı azaltılan ve atmosfer tesirlerine bırakılan 5, 6 ve 7 no'lu betonların kontrol betonuna göre 7 günlük dayanımları, sıra ile % 24, % 48 ve % 26, 28 günlük dayanımları ise % 19, % 28 ve % 39 yükselmiştir.

Görüldüğü gibi, w/c oranı azaltılırken katkı oranı artırılan betonlarda dayanım değeri devamlı olarak yükselmektedir. Numune kırılarak yapılan incelemeler sonucu, agrega-çimento birleşiminin çok iyi olduğu gözlenmiştir.

5.3. Katkı Malzemesinin Yarmada Çekme Dayanımına Etkisi (İndirekt Çekme Dayanımı)

Üretilen betonların yarmada çekme dayanımı değerleri Tablo 8'de, bağlı olarak katkı malzemesi-yarmada çekme dayanımı bağlantısı Şekil 6 ve 7'de gösterilmiştir.

Buna göre;

1. Su/çimento oranı sabit olan 2 ve 3 no'lu betonların kontrol betonuna kıyasla dayanım değerleri; kür odasında her ikisi için % 17, atmosfer tesirleri altında ise % 20 ve % 10 artış göstermiştir.

2. Su/çimento oranı azaltılan betonların dayanım değerleri, başlangıçta düşerken daha sonra yükselmiştir. Kontrol betonuna göre kür odasında saklanan betonlarda dayanım değeri, 5 ve 6 no'lu betonlar için % 4 ve % 9 azalırken 7 ve 8 no'lu betonlarda % 13 ve % 26 artmıştır. Atmosfer tesirlerine bırakılan betonların dayanım değeri ise, kontrol betonuna göre 5 no'lu betonda eşit olurken 6 no'lu betonda % 15 azalmıştır. 7 no'lu betonda bir önceki betona göre yükselme olurken % 5 azalmış ve 8 no'lu betonda % 5 artış göstermiştir.

Betonda dayanım artışı, Şekil 6 ve 7'den de görüleceği gibi 6 no'lu betondan sonra olmaktadır. Su/çimento oranı azaltılırken katkının artırılmasının dayanımı yükselttiği görülmüştür. Bu sonuç betondaki kohezyon artışına bağlanmıştır. Bu arada atmosfer tesirlerine bırakılan 2 no'lu betondan 2 ayrı deney yapılmış ve ilginç bir durumla karşılaşmıştır. İlk deneyde 24 kgf/cm^2 'lik bir dayanım değerine ulaşıldığı halde ikinci deneyde, 15 kgf/cm^2 'lik bir dayanım değeri elde edilmiş ve iki deney arasında 9 kgf/cm^2 'lik fark meydana gelmiştir. Bu durum ikinci deneyde kullanılan numunelerin yağmur etkisinde kalmasına bağlanmıştır.

Basınç ve yarmada çekme dayanımı değerleri, kür odasında daima yüksek olmuştur. Elde edilen bu netice, betona kür uygulanması halinde dayanım artışı sağlanacağını ve kürün beton için ne kadar önemli olduğunu göstermektedir.



BÖLÜM 6

TAVSİYELER

Erişilen sonuçların ışığında aşağıdaki tavsiyeler yapılmıştır :

1. Katkı malzemesinin betonun fiziksel özelliklerini iyileştirmeye etkisi beklenildiği gibi fazla olmaktadır. Bu nedenle katkı geçidi ne olursa olsun katkının kullanmadan önce, katkı-çimento uyumu için mutlaka denenmesi gereklidir.

2. Betona katkı malzemesi katıldığı zaman w/c oranı kesinlikle azaltılmalıdır.

3. Deneysel çalışmalar göstermiştir ki, betona kür uygulandığı taktirde dayanım yükselmektedir. Bu yüzden betonda dayanım artışı için kür uygulaması yapılmalıdır.

4. Yüksek beton dayanımı ve betonda çok iyi bir işlenebilme dolayısı ile az işçilik istenilen yerlerde, su yapılarında ve pompaj betonlarında katkı malzemesi kullanılmalıdır.

5. Karayolları beton yol yapımına geçtiği zaman, katkıların betona yaptığı tesiri gözönüne almalıdır.

6. Bundan sonra yapılacak çalışmalarda; katkının betona etkisi hakkında daha güvenilir bilgi elde etmek için 90 günlük numunelerde kırılmalı, ayrıca priz, röt-re, sünme ve geçirimsizlik deneyleri de yapılmalıdır.

KAYNAKLAR

1. TS 802, Beton Karışım Hesap Esasları, Türk Standardları Enstitüsü, Ankara, (1985).
2. Ersoy, U., Atımtay, E., Betonarme (temel ilkeler ve hesap yöntemleri), Güven Kitap Evi Yayınları, (1975).
3. TS 1247, Beton Yapım, Döküm ve Bakım Kuralları (normal hava koşullarında), Türk Standardları Enstitüsü, Ankara, (1984).
4. TS 1248, Beton Yapım, Döküm ve Bakım Kuralları (anormal hava koşullarında), Türk Standardları Enstitüsü, Ankara, (1973).
5. Oktar, O.N., Beton Bileşimi Hesaplarında Prensipler, Beton Semineri, DSİ. Genel Müdürlüğü, Ankara, (1984).
6. Akman, M.S., Beton Agregaları, Beton Semineri, DSİ. Genel Müdürlüğü, Ankara, (1984).
7. ACI Committee 212 Report, "Admixtures for Concrete", ACI Concrete International, Design and Construction, v.3, No.5, (1981).
8. RILEM Committee 11A., Concrete Admixtures (final report), Rilem, No. 48, (1975).
9. Joisel, A., Admixtures for cement, Physico-Chemistry of Concrete and its Reinforcement, Published by the Author, 3 avenue Andre, 95230 Soisy, (1973).
10. Uyan, M., Özkul, H., Beton Katkı Maddeleri ve Türkiye'de Durumu, III. Mühendislik Haftası Bildirileri,

Akdeniz Üniversitesi, Isparta Mühendislik Fakültesi,
Isparta, (1985).

11. Özturan, T., Beton Katkı Maddelerinin Genel Özellikleri, Sınıflandırılmaları ve İşlenebilme Özelliğine Etkiyen Katkılar, Beton Semineri, DSİ. Genel Müdürlüğü, Ankara, (1984).
12. Postacıoğlu, B., Beton (bağlayıcı maddeler), Cilt 1, Teknik Kitaplar Yayınevi, İstanbul, (1986).
13. Malhotra, V. M., "Superplasticizers : Their Effect on Fresh and Hardened Concrete", ACI Concrete International, Design and Construction, V. 3, No. 5, (1981).
14. Howlett, P., Rixom, R., "Superplasticized Concrete", ACI Journal, (1977).
15. Ravina, D., ACI Journal, Proc. V.72, No.6, pp.291-295, (1975).
16. Akman, M.S., Uyan, M., Priz Geciktirici Katkıların Bazı Türk Çimentoları Üzerine Etkileri, TBTAK. VI. Bilim Kongresi, ss.65-79, İzmir, (1977).
17. TS 3452, Beton Kimyasal Katkı Maddeleri (priz süresini ayarlayan ve karışım suyunu azaltan), Türk Standardları Enstitüsü, Ankara, (1984).
18. TS 3456, Betona Hava Sürükleyici Katkı Maddeleri, Türk Standardları Enstitüsü, Ankara, (1984).
19. "Concrete Damage Control Studied in Silica Fume Application", Construction Industry International, p.36,

July, (1987).

20. Fuchs, F., Beton Yollar, Beton Yollar Sempozyumu, Türkiye Çimento Müstahsilleri Birliği, Ankara, (1986).
21. Maggs, M.F., Beton Yollar ve Taşıyıcı Malzemelerin Ekonomik Yönü, Beton Yollar Sempozyumu, Türkiye Çimento Müstahsilleri Birliği, Ankara, (1986).
22. Darter, M.I., A.B.D.'de Beton Yol Üzerine Deneyimler ve Uygulamaları, Beton Yollar Sempozyumu, Türkiye Çimento Müstahsilleri Birliği, Ankara, (1986).
23. Kraemer, C., Beton Kaplamalar Üzerine Piarch Çalışmaları, Beton Yollar Sempozyumu, Türkiye Çimento Müstahsilleri Birliği, Ankara, (1986).
24. Uyan, M., Beton ve Harçlarda Kılcallık Olayı, Doktora Tezi, İTÜ. İnşaat Fakültesi, İstanbul, (1975).
25. Renner, J., "Silica Fume : A Candid Closeup of an Important New Admixture", Concrete Products, pp.26-27, October, (1986).
26. "Sulfur Concrete : A Construction Alternative", Consulting Engineer, p.47, August, (1984).
27. Gates, R., "The Economy and Use of Concrete Admixtures in Masonry Block", Concrete Products, p.16, October, (1987).
28. Gupchup, V.N., Jayaram, S., Kulkarni, J.A., "Effect of Admixtures on Properties of High Strength Concrete Mixes", Indian Concrete Journal, pp.331-335,

December, (1979).

29. TS 706, Beton Agregaları, Türk Standardları Enstitüsü, Ankara, (1980).
30. TS 707, Beton Agregalarından Numune Alma ve Deney Numunesi Hazırlama Yöntemi, Türk Standardları Enstitüsü, Ankara, (1980).
31. TS 3530, Beton Agregalarının Tane Büyüklüğü Dağılımının Tayini (granülometrik birleşim tayini), Türk Standardları Enstitüsü, Ankara, (1980).
32. TS 3526, Beton Agregalarında Özgül Ağırlık ve Su Emme Oranı Tayini, Türk Standardları Enstitüsü, Ankara, (1980).
33. Albayrak, H.F., Beton Deneyleri El Kitabı, Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, DSİ. Genel Müdürlüğü, Ankara, (1985).
34. TS 2871, Taze Beton Kıvam Deneyi (çökme hunisi metodu ile), Türk Standardları Enstitüsü, Ankara, (1977).
35. TS 2941, Taze Betonda Birim Ağırlık, Verim ve Hava Miktarının Ağırlık Yöntemi ile Tayini, Türk Standardları Enstitüsü, Ankara, (1978).
36. TS 3114, Beton Basınç Dayanımı Deney Metodu, Türk Standardları Enstitüsü, Ankara, (1978).
37. TS 3129, Betonda Yarmada Çekme Dayanımı Tayini Deneyi (silindir yarma metodu), Türk Standardları Enstitüsü, Ankara, (1978).

ÖZGEÇMİŞ

1963 yılında Denizli ili Honaz ilçesinde doğan H. Yılmaz ARUNTAŞ ; ilk öğrenimini Burdur ili Tefenni ilçesinde, orta ve meslek lisesi öğrenimini Denizli ilinde tamamladı. 1985 yılında Gazi Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi Yapı Eğitimi Bölümünü bitirdi. 1986 yılında aynı bölüme Araştırma Görevlisi olarak atandı. Halen bu göreve devam etmektedir.