

**T.C.
SÜLEYMAN DEMİREL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**KATKILI BETONLARIN EĞİLME ÖZELLİKLERİNİN
VE DAVRANIŞININ İNCELENMESİ**

Arif İlyas SOMER

**Danışman
Doç. Dr. Kemal T. YÜCEL**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI
ISPARTA - 2019**



©2019 [Arif İlyas SOMER]

TEZ ONAYI

Arif İlyas SOMER tarafından hazırlanan "**Katkılı Betonların Eğilme Özelliklerinin Ve Davranışının İncelenmesi**" adlı tez çalışması aşağıdaki jüri üyeleri önünde Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü **İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı**'nda **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak başarı ile savunulmuştur.

Danışman

Doç. Dr. Kemal T. YÜCEL
Süleyman Demirel Üniversitesi

Jüri Üyesi

Prof. Dr. Aynur KAZAZ
Akdeniz Üniversitesi

Jüri Üyesi

Prof. Dr. Zeki AY
Süleyman Demirel Üniversitesi

Enstitü Müdürü

Doç. Dr. Şule Sultan UĞUR

TAAHHÜTNAME

Bu tezin akademik ve etik kurallara uygun olarak yazıldığını ve kullanılan tüm literatür bilgilerinin referans gösterilerek tezde yer aldığını beyan ederim.

Arif İlyas SOMER



İÇİNDEKİLER

	Sayfa
İÇİNDEKİLER.....	i
ÖZET.....	iii
ABSTRACT.....	iv
TEŞEKKÜR.....	v
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	vi
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	vii
1. GİRİŞ.....	1
2. KAYNAK BİLGİSİ.....	5
2.1. Beton Katkı Maddeleri.....	5
2.1.1. Kimyasal Katkı Maddeleri.....	6
2.1.2. Mineral Katkı Maddeleri.....	7
2.1.3. Fiber Katkı Maddeleri.....	10
2.2. Aderans ve Kenetlenme.....	12
2.2.1. Aderansı Etkileyen Faktörler.....	14
2.3. Bulanık Mantık.....	17
3. MATERYAL ve METOD.....	19
3.1. Materyal.....	19
3.1.1. Agregalar.....	19
3.1.2. Çimento.....	19
3.1.3. Kimyasal Katkı.....	19
3.1.4. Mineral Katkıları.....	20
3.1.5. Fiber Katkı.....	20
3.1.6. Çelik Donatı Çubukları.....	20
3.2. Beton Karışım Hesapları.....	20
3.3. Metod.....	23
3.3.1. Çökme (Slump) Deneyi.....	23
3.3.2. Birim Ağırlık Deneyi.....	23
3.3.3. Aderans Deneyi.....	24
3.3.4. Basınç ve Eğilme Dayanımı Deneyi.....	25
3.3.5. Aderanslı Eğilme Deneyi.....	26
3.3.6. Modelleme.....	27
4. BULGULAR.....	31
4.1. Agregaların Granülometrik Özellikleri.....	31
4.2. Agregaların Fiziksel Özellikleri.....	31
4.3. Kimyasal Katkı.....	32
4.4. Çimento.....	33
4.5. Silis Dumanı.....	33
4.6. Uçucu Küller.....	34
4.7. Çalışmada Kullanılan Çelik Donatılar.....	34
4.8. Birim Hacim Ağırlık ve Basınç Dayanımı Sonuçları.....	35
4.9. Eğilme Dayanımı Sonuçları.....	37
4.10. Aderans Deneyi Sonuçları.....	37
4.11. Aderanslı Eğilme Deneyi Sonuçları.....	39
5. TARTIŞMA VE SONUÇ.....	43

6. KAYNAKLAR.....	44
ÖZGEÇMİŞ.....	48



ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

KATKILI BETONLARIN EĞİLME ÖZELLİKLERİNİN VE DAVRANIŞININ İNCELENMESİ

Arif İlyas SOMER

**Süleyman Demirel Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı**

Danışman: Doç. Dr. Kemal T. YÜCEL

Beton, günden güne birçok uygulamalarda kullanım alanı buldukça, dayanımı ve durabilitesi de buna paralel olarak geliştirilmiştir. Son yıllarda, dayanım ve dayanıklılığına göre yüksek performanslı betonların üretilmesi ile donatı-beton aderans özelliklerinin belirlenmesi de önem kazanmıştır.

Bu çalışma kapsamında, mineral ve kimyasal katkıları kullanılarak üretilen normal ve yüksek dayanımlı betonlarda donatı-beton aderans dayanımının belirlenmesi ve bulanık mantıkla modellenmesi amaçlanmıştır. Çalışmalar deneysel ve modelleme olmak üzere iki bölümde tasarlanmaktadır. Deneysel bölümde, normal ve yüksek dayanımlı beton üretiminde, mineral katkı olarak uçucu kül ve silis dumanı kullanılacaktır. Kimyasal katkı olarak da süperakışkanlaştırıcı ve hiperakışkanlaştırıcı katkıları kullanılacaktır. Taze ve sertleşmiş beton numuneleri üzerinde sırasıyla; çökme, çökmede-yayılma, basınç ve eğilmede-çekme dayanımları belirlenecektir. Aynı zamanda, çekme bölgesine farklı çaplarda donatı yerleştirilmiş olan prizmatik numuneler üzerinde eğilmede aderans dayanımı belirlenecektir. Bu işlem için eğilme çerçevesi geliştirilmiştir. Numuneler üzerinde eğilme-aderans dayanımı belirlenmesi esnasında yük-yer değiştirme verileri alınarak, gerilme-kayma davranışları belirlenecektir. İkinci bölümde ise, elde edilen sertleşmiş beton verileri olan basınç dayanımı, eğilme dayanımı ve çekme dayanımına göre aderans dayanımının değişimi ile gerilme ve kayma davranışı bulanık mantık ile modellenmeye çalışılacaktır.

Çalışmalar sonucunda, normal ve yüksek dayanımlı betonların donatı-beton aderans dayanımının ve gerilme-kayma davranışları ortaya konmaya çalışılacaktır. Yine elde edilen veriler kullanılarak, bulanık mantık ile model geliştirilecek ve bu sayede teknik ekipman, personel, malzeme ve zaman gerektiren deneysel çalışmaların yerine daha çok kolaylık sağlanacaktır.

Anahtar Kelimeler: Aderans, normal dayanımlı beton, yüksek dayanımlı beton, modelleme

2019, 48 sayfa

ABSTRACT

M.Sc. Thesis

BENDING PROPERTIES OF ADDITIVE CONCRETE AND BEHAVIOR INVESTIGATION

Arif İlyas SOMER

**Süleyman Demirel University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Civil Engineering**

Supervisor: Assoc. Prof. Dr. Kemal T. YÜCEL

Concrete have been to take part in many application from day to day, its durability and strength was developed as parallel. In recent years, also, define of properties of steel-concrete bond strength has gained importance by production of high strength concrete as strength and durability.

In coverage of this study, define of steel-concrete bond strength of plain and high strength concrete, produced with mineral and chemical admixtures, and modeling with fuzzy logic were investigated. The studies were designed in two parts as experimental and modeling. In experimental part, in the production of plain and high strength concrete, fly ash and silica fume will be used as mineral admixtures. The superplasticizer and hyperplasticizer will be used as chemical admixture. Slump, slump-spread, compressive strength and tensile strength in tension will be defined on fresh and hardened concrete, respectively. Also, tension-bond strength will be defined on prism specimens which have steel in different ratio in tensile area. Tension frame was developed for this study. The stress-slip behavior will be defined by supply of load-replacement value during the measuring of tension-bond strength. In the second part, change of bond strength depending on compressive strength, tensile and tension strength and stress-slip behavior will be modeled with fuzzy logic.

At the result of studies, steel-concrete bond strength and stress-slip behavior of plain and high strength concrete will be studying to put forward. Also, the fuzzy logic model will be developed by use of obtained values, thus, it is supplied that more easily studies instead of experimental studies that required to technical equipment, personal, materials and time.

Keys: Bond, plain concrete, high strength concrete, modeling.

2019, 48 pages

TEŞEKKÜR

Bu araştırma için beni yönlendiren, karşılaştığım zorlukları bilgi ve tecrübesi ile aşmamda yardımcı olan değerli Danışman Hocam Doç. Dr. Kemal T. YÜCEL'e teşekkürlerimi sunarım.

1620-YL-08 No'lu Proje ile tezimi maddi olarak destekleyen Süleyman Demirel Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Yönetim Birimi Başkanlığı'na teşekkür ederim.

Günümüzde beton önemli gelişmeler kaydetmiştir. Geçmişteki klasik beton anlayışı yerini teknolojik beton kavramına bırakmıştır. Beton üretiminde saha ve laboratuvar çalışmaları koordineli olarak yürütülmektedir. Mineral, kimyasal ve fiber katkı kullanımı ile betondan beklenen dayanım ve dayanıklılık kriterleri geliştirilebilmektedir. Betonarme yapı elemanları içerisinde beton ve çeliğin davranışı ve aderans dayanımı ayrı bir önem taşımaktadır. Bu çalışma kapsamında, mineral ve kimyasal katkılar kullanılarak üretilen normal ve yüksek dayanımlı betonlarda donatı-beton aderans ve eğilme dayanımının belirlenmesi ve modellenmesi amaçlanmıştır.

Bu çalışma, Süleyman Demirel Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi tarafından 1620-YL-08 no'lu "Katkılı Betonların Eğilme Özelliklerinin ve Davranışının İncelenmesi" adlı proje kapsamında gerçekleştirilmiştir.

Ayrıca, bu çalışma 106M155 sayılı Araştırma Projesi olarak TÜBİTAK tarafından da desteklenmiştir.

Arif İlyas SOMER
ISPARTA, 2019

ŞEKİLLER DİZİNİ

	Sayfa
Şekil 2.1. Beton ve çelik çubuk yüzeyindeki dişler.....	13
Şekil 2.2. Beton içerisindeki çubuğun çekilmesiyle, betonda oluşan çatlamlar.....	16
Şekil 2.3. Bulanık Denetleyici	18
Şekil 3.1. Üretilen betonlara ait kodlama	21
Şekil 3.2. Betonun karılma işlem aşamaları	23
Şekil 3.3. Aderans deney çerçevesi ve aderans deneyinin yapılışı.....	24
Şekil 3.4. Deneylerde kullanılan aderans ölçüm ekipmanının şeması.....	25
Şekil 3.5. Eğilme deneyinin yapılışı.....	25
Şekil 3.6. Aderanslı eğilme deneyinin yapılışı.....	26
Şekil 3.7. Deney sonrası numuneler	27
Şekil 3.8. Basınç, eğilme ve donatının çekme dayanımı için oluşturulan üyelik fonksiyonları	28
Şekil 3.9. Aderans dayanımı için oluşturulan üyelik fonksiyonu.....	28
Şekil 3.10. Aderans dayanımı için oluşturulan kural tabanları	28
Şekil 4.1. I. ve II. Seri için karışım agregası granülometrisi ve sınır değerleri	31
Şekil 4.2. Karışım serileri ve kullanılan kimyasal katkı oranları.....	33
Şekil 4.3. Kullanılan çelik donatıların gerilme şekil değiştirme grafiği.....	35
Şekil 4.4. Çakıllı beton serisi birim hacim ağırlık ve basınç dayanımı sonuçları	36
Şekil 4.5. Kırmataşlı beton serisi birim hacim ağırlık ve basınç dayanımı sonuçları	36
Şekil 4.6. Eğilme dayanımı ve eğilmede sehim deney sonuçları	37
Şekil 4.7. Çakıllı beton serisi aderans deneyi sonuçları	38
Şekil 4.8. Kırmataşlı beton serisi aderans deneyi sonuçları	38
Şekil 4.9. Çakıllı beton serisi aderanslı eğilme deney sonuçları.....	39
Şekil 4.10. Kırmataşlı beton serisi aderanslı eğilme deney sonuçları	40
Şekil 4.11. Aderans deneyi çıktıları (kuvvet, uzama) ve model çıktıları arasında ilişki	42
Şekil 4.12. Aderanslı eğilme deneyi çıktıları ve model çıktıları arasında ilişki	42

ÇİZELGELER DİZİNİ

	Sayfa
Çizelge 2.1. Fiber tipleri ve bazı özellikleri (Daniel, 1998).....	11
Çizelge 3.1. Deneylerde kullanılan polipropilen fiber katkının özellikleri	20
Çizelge 3.2. Araştırma deneyleri karışım bileşenleri	22
Çizelge 4.1. Agregat karışım oranları (%).....	31
Çizelge 4.2. İri ve ince agregaların tane yoğunlukları ve su emme oranları	32
Çizelge 4.3. İri ve ince agreganın sıkışık ve gevşek birim hacim kütleleri (yığın yoğunlukları) (kg/m ³).....	32
Çizelge 4.4. Kimyasal katkının özellikleri.....	32
Çizelge 4.5. Deneylerde kullanılan PÇ 42.5 R'nin özellikleri.....	33
Çizelge 4.6. Silis dumanının (FeSi) kimyasal özellikleri.....	34
Çizelge 4.7. Uçucu küllerin kimyasal özellikleri ve görünen tane yoğunlukları..	34
Çizelge 4.8. Kullanılan çelik donatıların özellikleri.....	35
Çizelge 4.9. Veri madenciliğinden elde edilen modeller.....	40

1. GİRİŞ

Bugün dünyada Portland çimentosu ile yapılmış beton, birçok inşaat ve farklı yapılarda kullanılan en seçkin malzeme olarak karşımıza çıkmaktadır. Bunun esas nedeni beton yapısı için inşaat işleminin ve malzemelerin ucuz olması ve aynı zamanda kullanım süresince bakımının da düşük maliyetli olmasındadır. Bu nedenle beton teknolojisinde meydana gelen gelişmeler sürpriz değildir. Beton teknolojisindeki gelişmelerde en büyük yenilik katkı teknolojisindeki buluşlar sayesinde betonun performansı üzerinde elde edilen önemli derecedeki artışlardır. Betondan beklenen en büyük özellikler dayanım ve dayanıklılık kriterlerini sağlamasıdır.

Günümüz yapılarında en fazla tercih edilen yapı malzemesi olan betonda kullanılan katkı maddesi, betonun üretimi sırasında su, agrega ve çimento dışında küçük miktarlarda, betonun niteliklerinde istenilen yönde değişiklik sağlamak için katılan kimyasal, mineral ve fiber katkıları olarak sınıflandırılabilir. Kimyasal katkı maddeleri su, agrega ve çimento dışında betonlara çok düşük miktarlarda katılan organik veya inorganik kimyasal maddelerdir. Bunların kullanılması beton üretimi için zorunluluk taşımamaktadır. Ülkemizde kullanımları henüz yaygınlaşmaya başlayan bu maddeler ileri teknolojiye sahip ülkelerde büyük uygulama bulmaktadır, hatta katkı maddesiz beton üretimi giderek azalmaktadır. Mineral katkıları da, uçucu kül ve silis dumanı gibi malzemelerdir. Beton teknolojisinde, silis dumanı(Sd), pulverize edilmiş uçucu kül(UK) ve öğütülmüş taneli yüksek fırın cürufu(YFC) gibi mineral bağlayıcı katkıları önemli bir yer taşımaktadırlar. Ekonomik faydalarıyla birlikte, bu mineral katkıların mekanik dayanıma, dayanıklılığa ve işlenebilme özelliklerine olumlu etkileri bulunmaktadır. Sd eklenmesi yüksek performanslı beton (YPB) elde edebilmek için şarttır. Bu mineral katkıların puzolan özelliğine sahiptir olmaları, dayanım ve dayanıklılık üzerindeki pozitif etkileri uzun süre sonra ortaya çıkmaktadır. İşlenebilme konusunda puzolanik aktivitelerinden bağımsız, incelik ve tane geometrisine bağlıdır. Fiber katkıları arasında günümüzde en yaygın olarak kullanılanı çelik fiberler olup, cam ve

polipropilen liflerin de kullanımları günden güne yaygınlaşmaktadır. Bu fiberler betonun eğilme, tokluk, çatlak ilerlemesi ve rötire gibi karakteristik özellikleri üzerinde etkilidirler. Kullanılan liflerin, boyutlar, narinlikleri ve geometrik yapıları farklıdır ve bu farklılıklar mekanik özellikleri etkiler. Farklı türdeki liflerin, bir arada kullanılması, malzeme özelliklerinin iyileşmesinde olumlu etkiler yapabilir.

Ankraj elemanları, yerleştirme zamanı ve şekilleri açısından iki grupta incelenmektedir: birinci grup, önceden taze betona yerleştirilerek hazırlanan elemanlar olarak, ikinci grup ise sonradan sertleşmiş betona yerleştirilenler olarak incelenir. Birinci grup çalışmalar, betonarme proje çalışmaları için önemli bir veri kaynağı teşkil etmektedir. Sertleşmiş betona bir bağlayıcı madde kullanılarak yerleştirilen ankraj elemanlardan oluşan ikinci grup çalışmalar, bitmiş yapılarda, değişiklik yapmak için teknik sorumlulara ilave olanaklar hazırlamaktadır. Aynı zamanda hasar görmüş yapıların onarım ve güçlendirilmesinde, bu elemanlardan yararlanma imkanı doğmaktadır.

Yukarıda bahsedilen katkıların betona ilave edilmesiyle, yüksek dayanım ve fiziksel ve kimyasal çevre koşullarına karşı yüksek durabilite gösterebilen yüksek performanslı betonlar (YPB) üretmek mümkündür. Beton ve çeliğin birleşimi olarak adlandırılan betonarme ile inşa edilen yapılarda, beton olarak YPB kullanıldığında, yapının da yüksek performanslı yapı olarak adlandırılması (YPY) mümkündür. Betonarme yapılarda beton içerisine gömülü olan çelik donatı ile beton arasındaki bağ, betonun fiziksel ve mekanik özellikleriyle önemli derecede ilişkilidir ve bu ilişki aynı zamanda yapıyı da etkilemektedir. Çelik donatı ile beton arasındaki bu yapışma “aderans” veya “kenetlenme” olarak adlandırılmaktadır. Aderans ve kenetlenme dayanımının belirlenmesi için çeşitli deney yöntemleri geliştirilmiştir. Bunlar:

- Pull-out (çekip-çıkarma) deneyi
- Eksantrik çekip-çıkarma deneyi
- Teksas deneyi

- Buerau of Standards deneyi
- Standard Belçika mafsallı kiriş deneyi (Bakis, vd. 1998, Zhang vd. 2001, Lau vd. 2001, Lorenzis vd. 2002)

Bu deneyler arasında en klasik ve pratik ve yaygın olanı pull-out deneyidir (Confibrecrete, 2000). Bu tür deney elemanlarında dik kesme donatısının olmayışı, mesnete uygulanan yerel basınç gerilmeleri ve betonun çok fazla olması ve çekme çatlaklarının oluşmadığı durumlar görülmektedir. Bu sebeple, eğilme çekme çatlaklarının davranışlarında etkili olduğundan eksantrik çekip-çıkarma ve kirişler üzerinde testler uygulanarak beton-donatı arasındaki eğilme-aderans dayanımları belirlenmeye çalışılmaktadır. ACI Committee 408R-03 de aderans dayanım belirlenmesi için eksantrik çekip çıkarma deneyini tavsiye etmektedir. Ayrıca bu tip deney düzeneği üzerinden aderans gerilmesi/dayanımı ile kayma veya aderans kuvveti ile kayma ilişkilerinin de belirlenebileceğini vurgulamıştır.

Aderans veya kenetlenmenin belirlenmesi üzerine günümüze kadar yurtdışında birçok çalışma yapılmasına rağmen, ülkemizde kendi ürettiğimiz çeliklerle yapılan çalışmalar çok sınırlı sayıdadır.

Yerlici vd. (1995), beton basınç dayanımında, betonun örtü kalınlığını ve gövdeyi sarma donatısının miktarıyla yüksek dayanımlı betondaki aderans dayanımını ve gerekli minimum kenetlenme boyunun üzerindeki etkilerini araştırmışlardır. Deney yöntemi olarak eksantrik çekip-çıkarma yöntemini kullanmışlar ve farklı çapta donatılar üzerinde deneyler gerçekleştirilmiştir. Çalışmaları sonucunda beton basınç dayanımının, beton örtü kalınlığının ve sarma donatısının miktarının artışıyla aderans dayanımının da arttığını belirtmişlerdir.

Türk (2002), yapmış olduğu çalışmada, bileşik eğilmeye maruz kalan betonarme elemanların beton özelliklerine bağımlı olan donatı aderansını incelemiştir. Çalışmalarını, basit ve bileşik eğilmeye maruz ve çekme bölgesine bindirmeli olarak donatı yerleştirilmiş ve 30 MPa üzerinde basınç dayanımına

sahip kirişler üzerinde gerçekleştirmiştir. Değişken olarak farklı çaplarda donatı kullanmıştır. Deneysel çalışması sonucunda, donatı çapının artmasıyla aderans dayanımının azaldığını gözlemlemiştir.

Diğer çalışmalar ise, betona epoksiyle veya beton taze haldeyken gömülen donatıların dayanımı olarak bilinen ankraj veya kenetlenme dayanımını araştırmışlardır. Yapılan üç çalışmada sırasıyla, beton ankrajlarının statik ve tekrarlı yükler altındaki davranışları, çimento tipinin kenetlenmeye etkisi ve agrega boyutuna bağlı olarak kenetlenme dayanımının incelenmesi üzerine yapılmıştır. Bu çalışmaların sadece birincisinde yalın betondan farklı olarak çelik lif katkılı betonlardaki ankraj dayanımı da incelenmiştir (Zhang vd. 2001, Lau vd. 2001, Lorenzis vd. 2002).

Bu araştırmanın amacı, mineral (C ve F tipi uçucu kül ile silis dumanı), kimyasal ve fiber katkılı olarak üretilen betonların ankraj demirleri önceden yerleştirilerek ankraj taşıma kuvveti ve ankraj dayanımının donatı çapı, beton tipi ve beton dayanımına bağlı olarak incelenecektir. Elde edilen sonuçlar, bulanık mantık yöntemi ile modellenmeye çalışılacaktır. Günümüzde özellikle ülkemizde de kullanımı yaygınlaşmaya başlayan polipropilen fiber katkıların kullanıldığı betonlarda ülkemizde üretilen çelik donatılarla arasındaki ilişki henüz ortaya konmuş değildir. Bunun için bu çalışmada, fiber katkılı betonlarda çekip-çıkarma ve eğilme aderansının belirlenmesi hedeflenmiştir.

2. KAYNAK BİLGİSİ

2.1. Beton Katkı Maddeleri

Günümüzde en çok tercih edilen yapı malzemesi olan betonda kullanılan katkı maddesi, beton karışımı oluşturabilmek için kullandığımız temel yapı malzemelerinin (çimento, agrega ve su), karıştırılmadan önce ve karıştırılma sırasında beton karışımına eklenen malzemeye denilmektedir (TS EN 934-2).

Katkı maddeleri, harç veya betonun özelliklerinin iyileştirerek daha ekonomik ve daha az enerji harcamak için kullanılır. Katkı maddelerinin sağlamış oldukları bazı özellikler (Ramachandran, 1995) ;

- Su/çimento oranında değişiklik yapmaksızın işlenebilirliği arttırmak
- Priz süresini ve işlenebilirliği değiştirmeksizin su ihtiyacını azaltmak
- Genleşmeleri sınırlandırmak
- Terleme, segregasyon ve pompalanabilme özelliklerini iyileştirmek
- Dayanım gelişme oranını arttırmak
- Dayanıklılığı (durability) arttırmak
- Permeability azaltmak
- Alkali-agrega genleşmesini azaltmak
- Yeni veya eski (yaşlı) betonun donatıyla arasındaki kenetlenmeyi arttırmak
- Beton içerisindeki çeliği korumak

Katkı maddeleri, kimyasal katkılar, mineral katkılar ve fiber katkılar olarak üç kategoriye ayrılabilir. Bu katkılardan özellikle kimyasal katkılar, büyük oranda betonun çimento ve su yüzdesini ayarlamak amacıyla kullanılırlar. Mineral katkılarda, betonun terlemesinin azaltılması, akışkanlığının artırılması ve bu

yöntemle sertleşmiş beton dayanımının ve dayanıklılığının arttırılması amaçlanmaktadır. Fiber katkılarda da, fiberin özelliğine göre, betonda rötrenin azaltılması için, oluşan mikro ve makro çatlakların oluşmasını ve ilerlemesini engellemenin hedeflendiği belirtilebilir (Türker 2003; Ünal v.d. 2005; Yan v.d., 2002).

2.1.1. Kimyasal Katkı Maddeleri

ASTM C 125, katkı maddesi, karıştırmadan önce veya karıştırma esnasında beton bileşenlerinden agrega, su ve çimento haricinde kalan beton harmanına eklenen madde olarak tanımlanmaktadır. Organik veya inorganik esaslı olan katkı maddeleri betonun bileşimine toplam bağlayıcının ağırlık olarak %5'ini geçmeyecek oranlarda katılırlar. Genelde sıvı formda olan bu maddeler literatürde "kimyasal katkı maddeleri" olarak bilinirler. TS EN 934-2 ise beton kimyasal katkısı, taze veya sertleşmiş betonun çimento kütlesinin % 5'ini geçmemek şartıyla özelliklerini değiştirmek için karıştırma esnasında betona eklenen madde olarak ifade edilmektedir. (Erdoğan, 1997)

Literatürde bileşimleri ve işlevleri birbirinden farklı bir çok kimyasal katkı vardır. (Akman, 1996)

TS EN 934-2 standardına göre bu katkılar:

- Su azaltıcı ve akışkanlaştırıcı katkılar
- Yüksek oranda su azaltıcı ve süper akışkanlaştırıcı katkılar
- Su tutucu (terlemeyi önleyen) katkılar
- Hava sürükleyici katkılar
- Priz hızlandırıcı katkılar
- Sertleşmeyi hızlandırıcı katkılar
- Priz geciktirici katkılar

- Su geçirimsizlik katkıları
- Çok işlevli katkılar

olarak sınıflandırılmaktadır.

Kimyasal katkılardan en fazla bilinen ve kullanılan grup akışkanlaştırıcılardır. Yüksek performanslı beton üretebilmek için süper akışkanlaştırıcı katkıların kullanılması gerekmektedir. Bu süper akışkanlaştırıcıların kimyasal içeriğinde melamin folmaldehid sülfonatlar, modifiye edilmiş lignosülfonatlar, naftalin sülfonatlar mevcuttur. Akışkanlaştırıcılar tanelerin beton içerisine dağıtılmasını, havanın sürüklenmesini, ve çimento tanelerinin topaklaşmasının önlenmesini sağlarlar. (Akman ve Yücel, 1996; Uyan vd., 1996; Erdoğan, 1997)

Çimento tanelerinin tamamıyla hidrate olmasını sağlar ve suyun yüzey gerilimini azaltarak ıslatma gücünü artırır. Betoniyerde çepere yapışmaz, betonda agrega tanelerinin ayrışması en az seviyede kalır. Çimento hamuru ve agrega bağlantısını olumlu yönde etkiler. (Akman, 1996)

Taze betondaki çimento tanelerinin su arayüzeyindeki fiziksel ve kimyasal kuvvetlerin etkilerinin değişikliğine sebep olurlar. Çünkü; çimento tanelerini kaplayan yüzey aktif maddelerin, çimento tanelerinin negatif elektrik ile yüklenmesini ve birbirlerini iterek taze beton içinde kolayca yayılmalarını sağlamalarıdır. Çimento taneleri arasındaki bu negatif elektrik yükü çimento tanelerinin bir su tabakasıyla kaplanmasını sağlar ve böylece bu oluşum beton karışımında çimento tanelerinin homojen dağılmasına neden olur. Çimento tanelerinin bu şekildeki hareketi, taze betonun işlenebilirliğinde önemli bir iyileşmeyle sonuçlanır. (Uchikawa vd., 1997; Erdoğan ve Kurbetçi, 2003)

2.1.2. Mineral Katkı Maddeleri

ASTM C 219'da "mineral katkı maddeleri" tanımlanmaktadır. Bu maddeler çok ince öğütülmek suretiyle bazen çimento ile sınırlı oranda karıştırılarak bazen de üretim sırasında betona belli oranda ilave edilerek kullanılan çimentomsu, yani bağlayıcı özelliği olan maddelerdir. Uçucu kül (UK), silis dumanı (Sd) ve yüksek

fırın cürufu (YFC) gibi ince taneli puzolanik mineral katkı maddeleri beton teknolojisinde büyük ilgi çekmekte, çok sayıda araştırmaya konu olarak giderek artan düzeyde kullanılmaktadır.

Bu maddeler ekonomik yararları yanında, betonun dayanım ve dayanıklılık özellikleri yönünden olumlu etki yapmaktadırlar. Artık günümüz standartlarında bunlar için mineral katkı terimi terk edilerek "bağlayıcı maddeler" (cementitious materials) adı kullanılmaktadır. Bu mineral katkıların beton üretiminde değerlendirildiklerinde, işlenebilirlik sorunlarının aşılması için kimyasal katkılarla beraber kullanılmaları kaçınılmaz olmaktadır.

"Uçucu kül, kömürle çalışan termik elektrik santrallerinde pulverize kömürün yanması sonucu meydana gelen baca gazları ile taşınarak siklon veya elektro filtrelerde toplanan önemli bir yan üründür. Kömürün yüksek sıcaklıklarda yanması sonucu meydana gelen ergimiş malzeme soğuyarak, gaz akışı ile kısmen veya tamamen küresel şekilli kül taneciklerine dönüşmektedir. Bu kül tanecikleri çok ince (0.5 – 150 mikron) olup, baca gazları ile sürüklenmeleri nedeniyle "uçucu kül" olarak adlandırılmaktadır. "

"Uçucu külün özellikleri kömürün özelliklerine ve yakılma yöntemine bağlı olarak farklılıklar gösterir. Genellikle silisli ve alüminli olan bileşimi dolayısıyla puzolanik özellik göstererek çimento ve betonda katkı maddesi olarak yararlı olur. İnce ve küresel taneleri dolayısı ile taze betonda işlenebilmeyi artırır, ayrıca hidrasyon ısını azaltır. Çimento hidrasyonu sonucu oluşan kireçle reaksiyona girerek ilave bağlayıcı jel oluşturur, çimento hamurundaki boşlukları doldurur ve betona dayanıklılık kazandırır. Linyit kömürü yakılması ile elde edilen uçucu külde kireç oranı genellikle yüksek olup bu tür küller aynı zamanda hidrolik yani bağlayıcılık özelliği gösterirler" (Türker vd., 2003).

"Uçucu küllerin sınıflandırılmasında, kimyasal bileşen yüzdesine göre esas olarak ASTM C 618 ve TS EN 197-1 standartları baz alınmaktadır. ASTM C 618 standardına göre uçucu küller F ve C sınıflarına ayrılırlar:

- a. F sınıfına, bitümlü kömürden üretilen ve toplam $\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3$ yüzdesi %70'den fazla olan uçucu küller girmektedir. Aynı zamanda bu küllerde CaO yüzdesi %10'un altında olduğu için düşük kireçli olarak da adlandırılırlar. F sınıfı uçucu küller, puzolanik özelliğe sahiptirler.
- b. C sınıfı uçucu küller ise, linyit veya yarı-bitümlü kömürden üretilen ve toplam $\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3$ miktarı %50'den fazla olan küllerdir. C sınıfı uçucu küllerde CaO > % 10 olduğu için bu küller yüksek kireçli uçucu kül olarak da adlandırılırlar. C sınıfı uçucu küller, puzolanik özelliğin yanı sıra bağlayıcı özelliğe de sahiptirler.

TS EN 197-1'e göre sınıflandırmada uçucu küller silissi (V) ve kalkersi (W) olmak üzere iki gruba ayrılırlar:

- a. V sınıfı uçucu küller, çoğunluğu puzolanik özelliklere sahip küresel taneciklerden meydana gelen ince bir toz olup; esas olarak reaktif silisyum dioksit (SiO_2) ve alüminyum oksitten (Al_2O_3) oluşan; geri kalanı demir oksit ve diğer bileşenleri içeren küllerdir. Bu küllerde, reaktif kireç (CaO) oranının %10'dan az, reaktif silis miktarının %25'den fazla olması gerekmektedir.
- b. W sınıfı küller ise, hidrolik ve/veya puzolanik özellikleri olan ince bir toz olup; esas olarak reaktif kireç (CaO), reaktif SiO_2 ve Al_2O_3 'den oluşan; geri kalanı demir oksit (Fe_2O_3) ve diğer bileşenleri içeren küllerdir. Bu küllerde, reaktif kireç (CaO) oranının % 10'dan fazla, reaktif silis miktarının da %25'den fazla olması gerekmektedir.

Uçucu külün katkı maddesi olarak çimento ve beton özelliklerine etkileri katılan kül miktarı, külün ve çimentonun özellikleri, külün çimento yerine veya çimentoya ilaveten katılması gibi faktörlere bağlıdır. İlaveten, kül katkısının katkısız karışımındaki kıvamı veya su ihtiyacını etkileyişi de dikkate alınmalıdır (Türker vd., 2003)".

"Son yıllarda beton üretiminde yaygın bir biçimde kullanılan başka bir mineral katkı maddesi de silis dumanıdır. Silis dumanı (Sd) silisyum ve ferrosilisyum üretiminde elektrik ark fırınlarında kömür ile yüksek saflıktaki kuvarsitin indirgenmesi sonucu baca tozu olarak meydana gelir. Ortaya çıkan SiO gazı fırının üst bölümlerinde okside olup hızla soğuyarak amorf silis haline gelir ve Sd bileşiminin büyük bölümünü oluşturur. Baca tozu olarak özel filtrelerde tutulup toplanan Sd'nin çoğunlukla küresel olan tanelerinin ortalama çapları 0.1 mikron'dur. Çimento taneciklerinin çapının ortalama 10 mikron olduğu düşünülürse silis dumanının çimentodan 100 kez daha ince olduğu görülür. Yüksek oranda amorf silis içermesi ve çimento ile uçucu küllerden çok daha ince oluşu sebebiyle Sd çok aktif puzolanik bir maddedir. Betonda granülometriyi bir miktar iyileştirmesine rağmen katkı miktarına bağlı olarak artan toplam tane yüzey alanı belirli bir kıvam için gerekli su miktarını da arttırır. Bu nedenle Sd'nin beton teknolojisinde kullanımı ancak süper akışkanlaştırıcı beton katkı maddelerinin geliştirilmesinden sonra yaygınlaşmıştır (Ekinci ve Yeğinobalı, 1996)."

2.1.3. Fiber Katkı Maddeleri

Son yıllarda, beton teknolojisinde büyük ilerlemeler olmuştur. Bunun en çarpıcı göstergesi betonların basınç dayanımlarının çok yüksek boyutlara varmasıdır. Betonlar sınıflandırılırken kullanılan özellik, en kolay deneyle saptanabilen basınç dayanımıdır. Ancak günümüzde bu aşırı basitleştirmenin yetersizliği kabul edilmektedir. Sınıflandırmada dayanımla birlikte dayanıklılık (durabilite) kriteri de ele alınmaya başlamıştır. Ancak yüksek dayanım ve dayanıklılık gösteren yüksek performanslı betonlarda ortaya çıkan diğer bir sakıncanın da dikkate alınması zorunludur. "Bu sakınca betonun gevrek (kırılgan) bir davranış göstermesidir. Gevreklik nedeniyle betonun enerji emme yeteneği azalmakta, yangına karşı dayanıksızlığı artmaktadır. Yüksek performanslı betonların bu olumsuz özelliklerini yok etmek için betona çeşitli miktar ve tiplerde lif (fiber katkı maddeleri) katılması yoluna gidilmiştir (Ekinciöglü, 2002)."

Çizelge 2.1. Fiber tipleri ve bazı özellikleri (Daniel, 1998)

Fiber Tipi	Çap 0.001 in.	Özgül ağırlık	Esneklik katsayısı, ksi*	Çekme dayanımı, ksi*
Çelik				
Yüksek çekme	4.0-40.0	7.80	29000	50-250
Paslanmaz	0.4-13.0	7.80	23200	300
Cam				
E	0.4	2.50	10440	500
Alkali dayanımı	0.5	2.70	11600	360
Polimer				
Polipropilen				
Teklifli	4.0-8.0	0.90	725	65
Çoklifli	20.0-160.0	0.90	500	80-110
Polietilen	1.0-40.0	0.96	725-25000	29-435
Polyester	0.4-3.0	1.38	1450-2500	80-170
Akrilik	0.2-0.7	1.18	2600	30-145
Aramid				
Kevlar 29	0.47	1.44	9000	525
Kevlar 49	0.40	1.44	17000	525
Asbest				
Krokidolit	0.004-0.8	3.40	28400	29-260
Zebercet	0.0008-1.2	2.60	23800	500
Karbon				
I (esn. kats. yüksek)	0.30	1.90	55100	260
II (çekme day. yüksek)	0.35	1.90	33400	380
Doğal				
Selülöz	0.8-4.7	1.50	1450-5800	44-131
Sisal keneviri	<8.0	-	1890-3770	41-82
Hindistancevizi lifi	4.0-16.0	1.12-1.15	2760-3770	17-29
Hintkeneviri elyafı	4.0-8.0	1.02-1.04	3770-4640	36-51

*1 ksi = 6.895 MPa

Taşdemir (2003)'e göre yüksek performanslı fiber katkılı betonlar hem fiziksel hem de kimyasal etkilere karşı normal betonlara kıyasla daha iyi bir dayanıklılığa sahiptir.

Cam ve polipropilen fiber katkılı betonlar üzerinde yapılan araştırmalar sonucunda bu fiberler hakkında şu sonuçlar elde edilmiştir (Daniel, 1998; Daniel vd., 1998; Liang vd., 2002; Ünal vd., 2003)

- Lif tipi ve lif içeriğinin beton basınç dayanımı üzerine önemli bir katkısı olmadığı saptanmıştır
- Betonun terleme miktarını azaltmışlardır

- Betonun işlenebilirlik özelliği fiberlerin 5 kg/m³'e kadar eklenmesi durumunda çok fazla etkilenmezken, daha yüksek ekleme oranlarında etkilenmiştir.
- Her iki fiber katkıda betondaki rötre ve büzülme çatlaklarında genel olarak azalmalara sebep olmuştur.
- Betonun aşınma direncini arttırmışlardır
- Betonun darbe direncini arttırmışlardır
- Betonun çekmeye dayanıklılığını, eğilme mukavemetini, ilk çatlak mukavemetini ve ilk çatlak oluşumunda çekme dayanıklılığını arttırmışlardır.

Beton içinde liflerin homojen dağılımının sağlanması ve topaklanmanın önlenmesi de liflerin betonun özellikleri üzerinde yapması beklenen iyileştirmeleri doğrudan etkiler.

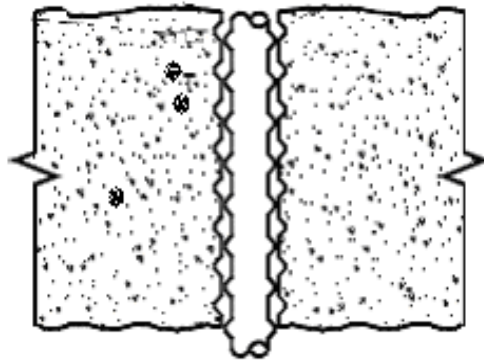
2.2. Aderans ve Kenetlenme

Betona gömülü donatı çubuklarının aderans özellikleri, hem statik hem de dinamik yüklere maruz betonarme yapı elemanlarının davranışında önemli rol oynar. Betonarme elemanlarda, donatı çubukları ve etrafını saran beton arasındaki gerilme aktarımı, beton veya betona gömülü donatı çubuğunun yüzeyi arasındaki relatif hareketle veya kaymaya karşı direnç ile mümkün olur. Kaymaya karşı gösterilen bu direnç literatürde aderans veya aderans gerilmesi olarak adlandırılır (Türk, 2002).

Aderans gerilmeleri donatı eksenine paralel yönde oluşan kayma gerilmeleridir. Donatı çubuklarında oluşan aderans gerilmesi kimyasal adezyon, sürtünme direnci ve mekaniksel kenetlenme ile kontrol edilir. Kimyasal adezyon göçtüktan sonra, davranış donatı tipine göre önemli derecede değişir. Düz demirlerde, donatı ve beton ara yüzünde oluşan kesme etkisi sonucu, yapısal açıdan tehlike arz eden sıyrılma ile birlikte göçme oluşur. Nervürlü donatı kullanıldığında ise, yükün artması, donatıyı saran betonda radyal ve

boylamasına kuvvetleri oluşturan mekaniksel kenetlenmeye sebep olur. Böylece nervür önündeki gözenekli beton tabakasının bölgesel mikro ezilmesine bağlı olarak donatının maksimum kaymaya ulaşmasıyla eğilme çatlakları oluşur. Diğer bir deyişle, nervürlü çubuklarda, donatıyı saran beton kılıf betondan kopar, yani nervürlü donatılarda aderans problemi betonla-beton arasındaki bir çekme-kayma problemine dönüşür (Akman, 1992).

Betonarme bir elemandaki aderans olayı, yüklenme durumlarına bağlı olarak iki şekilde söz konusu olmaktadır. Birincisi, ankraj veya dış aderans olarak adlandırılan ve beton içindeki donatı çubuğunun çekme veya basınç tesiri oluşturan yük durumunda betondan sıyrılmasını önleyen aderanstır. İkincisi de, donatı çubuğu sıyrılmaya maruz olmamakla birlikte çekme veya eğilmeye çalışan betonarme elemanlardaki beton ile çeliğin birlikte çalışmasını sağlayan ve elemanın çatlama durumunu belirleyen iç aderanstır. Nervürlü çubukların aderans dayanımı, öncelikle nervürlerin çevresini saran betona karşı gösterecekleri taşıma gücüne bağlıdır. Çubuk nervürlü yüzü boyunca, çelik ve beton arasındaki sürtünmede, donatı yüzeyindeki dişler betonun sıyrılmasını önlemeye yardım etmekle aderans dayanımını geliştirmede önemli rol oynar (Şekil 2.1).



Şekil 2.1. Beton ve çelik çubuk yüzeyindeki dişler

Sürtünmeden dolayı oluşan kuvvet, nervüre dik etki eden aderans taşıma bileşenine vektörel olarak eklenir. Bileşke aderans kuvvetinin düşey bileşeni ise, donatıyı çevreleyen betona dik etki eden radyal basınçtır. Yanal bileşen ise,

etkin aderans dayanımıdır. Beton ve donatı arasındaki bağ olarak adlandırılan aderansın üç ana sebebe dayandığı kabul edilir:

1. Çelik ile beton arasında yapışmaya neden olan ve kimyasal adezyon safhasını tanımlayan kapiler ve molekül sel bağ kuvvetleri
2. Çelik çubuk ile beton arasında oluşan sürtünme kuvvetleri
3. Yüzeyinde çıkıntılar bulunan aderansı geliştirilmiş çubukların (nervürlü donatı) kullanılması durumunda ortaya çıkan ve nervürler ile beton dişler arasında oluşan diş kuvvetleri ve kenetlenmedir (Ünal, 1998).

2.2.1. Aderansı Etkileyen Faktörler

Çelik çubuğun çapı, akma veya elastik sınırı, özel profil şekli ve yüzeyinin niteliği aderans açısından önemlidir. Donatı çapı değıştikçe, kenetlenmeyi sağlayan çevrenin, uygulayan kuvveti etkileyen alana oranı değışmektedir. Yani donatı çapı arttıkça hem kesit alanı artan donatıya gelen yükün artması sonucu kenetlenme azalmakta, hem de donatı diş kuvvetlerinin oluşturduğu ve yarıma çatlağına sebep olan radyal gerilmelerin artması da söz konusu olmaktadır (Türk, 2002; TS 708, 1996).

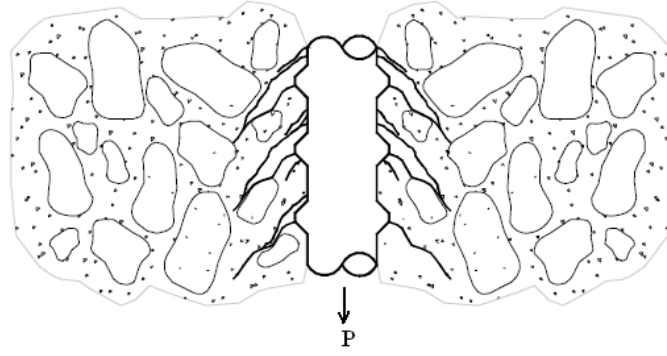
Donatının akma dayanımı, kenetlenme boyunca aderans gerilmesinin dağılımında ve bindirmeli eklerde ise, gerilme aktarımında büyük rol oynamaktadır. Çubuğun yüzey geometrisinin aderansı arttırdığı bilinmekte ise de hangi profilin en uygun olduğu ve profil seçiminde hangi kriterlerin geçerli olduğu sorunları henüz netlik kazanmamıştır. Çubuk yüzeyinin nitelik faktörü, donatının profil etkisine benzerdir. Asıl sorun beton ile çeliğin birlikte çalışması olduğuna göre çubuk yüzeyinin niteliğinin önemi ortaya çıkmaktadır. Pürüzlülük ve hafif bir pas aderansı artırırken, ileri derecelerdeki pas etkisi kabuk durumunu alarak zararlı olmaktadır. Benzer olarak topraklı, çamurlu, yağlanmış çubukların aderansı da yok denecek kadar azdır (TS 708, 1996; TS 500, 2000).

Yukarıda bahsedilen çeliğin etkisinin yanı sıra, aderans üzerinde betonun da etkisi önemli rol oynamaktadır. Betonun çekme ve basınç dayanımları, bileşimi, yaşı, yerleştirilmesi ve bakımı aderans dayanımını etkileyen önemli etkenlerdir. Betonun çekme dayanımı faktörü, nervürlü çubuklarda önem kazanmaktadır. Çünkü bu çubuklarda kırılma, genelde yarılmaya ile olmakta ve betonun çekme dayanımı özellikle önem kazanmaktadır. Dolayısıyla betonun basınç dayanımının artması aderans dayanımını da arttırmaktadır.

Betonun bileşimi açısından bakıldığında; bileşenler betonun işlenebilirlik derecesini etkilemektedir. Aderans dayanımı betonun plastikliğiyle ters bir orantı göstermekte olup, bileşenler ile önemli derecede etkilenmektedir. Karışımlarda kullanılan agreganın cinsi, granulometrisi, en büyük dane boyutu, agrega tipi (çakıl veya kırma taş), ince agrega ve su/çimento oranları, katkı tipleri (kimyasal katkı, mineral katkı, fiber b.v.) ve miktarları da aderansı önemli derecede etkilemektedir. Örneğin hafif agrega ile üretilen betonun aderans dayanımı, normal agrega ile üretilene oranla daha düşüktür. Ayrıca beton bileşimindeki iri agrega miktarının azalması da aderansı azaltır. Diğer taraftan agrega granulometrisinin aderans dayanımına etkisi sınırlı kalmaktadır. Çünkü çubuk yüzeyleri granulometrik özelliklerden bağımsız olarak daima en ince agregalarla temas geçmektedir. Mineral katkı maddelerinden olan silis dumanı ile üretilen betonların aderans dayanımlarının arttığı gözlemlenmiştir (Ünal, 1998).

Betonun yaşı, aderans dayanımını, gerek beton mukavemetinin zamanla artması ve gerekse akıcılığının artması yönlerinden etkilemektedir. Betonun sıkıştırılması da betonun performansını etkilemektedir.

Aderans teknolojik açıdan çekme donatılarının kenetlenme problemiyle yakından ilişkilidir. Betonarmede, çelik çubuk beton içerisinde gömülüdür ve çekildiğinde çıkartılması çok zordur. Gömülme boyunun yeterli olmadığı durumlarda ise, çubuk yüzeyinin geometrisine bağlı olarak sıyrılıp beton içerisinden çıkabilir ve etrafındaki betonu yarabilir (Şekil 2.2).



Şekil 2.2. Beton içerisindeki çubuğun çekilmesiyle, betonda oluşan çatlamlar

Betona gömülü olan çubuk boyuna kenetlenme boyu; bu tür aderansa da kenetlenme aderansı denilir. Beton içerisinde gömülü olan bir çelik çubuğa uygulanan τ çekme kuvveti etkisiyle aderans sıyrılması sınırına erişildiğini ve aynı zamanda çekme dayanımının da akma sınırına ulaştığı kabul edilerek aderans dayanımı, betonun çekme dayanımının bir fonksiyonu olarak (Akman, 1992; Berktaş, 200; TS 500, 2000):

Düz çubuklar için

$$\tau_b = f_{ctd} / 4.0,22 \quad (1)$$

Nervürlü çubuklar için

$$\tau_b = f_{ctd} / 4.0,12 \quad (2)$$

olarak ifade edilir. Yukarıda ifadelerle bağlı olarak da;

Düz çubuklar için

$$l_b = 0,22 \cdot \frac{f_{yd}}{f_{ctd}} \cdot \Phi \quad (3)$$

Nervürlü çubuklar için

$$l_b = 0,12 \cdot \frac{f_{yd}}{f_{ctd}} \cdot \Phi \quad (4)$$

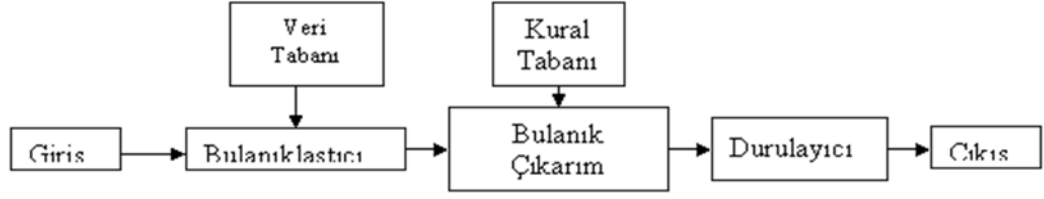
2.3. Bulanık Mantık

"Gerçek dünyada olaylar çok karmaşık durumdadır ve bu olayların belirli matematiksel ifadelerle tanımlanması ve kesin bir şekilde kontrol altında tutulması mümkün değildir. Bütün teori ve denklemler gerçek dünyayı yaklaşık bir biçimde ifade ederler. İncelenen bir konunun tam ve kesinlikle bilinmemesi bulanıklılığı ifade etmektedir. Bu belirsizliklerin sözel ifadeler kullanılarak daha belirgin hale gelmesi için geliştirilen mantığa da *Bulanık Mantık* denilmektedir (Şen, 2004; Elmas, 2003)."

"Bulanık mantık (Fuzzy Logic) sistemlerin ve modellerin tanımlanmasında ve kontrol edilmesinde geniş çapta kullanılan bir sistemdir. Bu yaklaşım ilk olarak 1965 yılında yayınlanan bir makalede ilk olarak Lofti A.Zadeh tarafından tanımlanmıştır. Zadeh bu çalışmasında insan beyninin büyük bir bölümünün bulanık olduğunu belirtmiştir. Araştırmalar bulanık mantık denetimi ile elde edilen sonuç performansının klasik yöntemlerle elde edilenlere göre daha iyi olduğunu göstermiştir (Zadeh, 1965)."

"Klasik kümeler olarak bilinen kesin kümeler ait olduğu evrensel kümenin her bir elemanına 1 ya da 0 değerini atamaktadır. Bir nesne 1 değerini alırsa kümenin elemanı, 0 değerini alırsa kümenin elemanı değildir. 0 ve 1 değerlerini alan kesin kümelere karşılık olarak bulanık mantık kümelerinde 0 ve 1 arasında değişebilen değerler vererek üyelik işlevlerini ortaya koymuştur. Bulanık mantıkta belirsizlik durumları, bu durumu temsil eden küme elemanlarına üyelik fonksiyonlarının verilmesi ile tanımlanır. En büyük önem derecesine sahip olan öğelere 1 değeri atanırsa, diğerleri 0 ile 1 arasında değişim gösterir. Bu şekilde 0 ile 1 arasındaki değişimin her bir öğe için değerine üyelik derecesi ve bunun bir alt küme içindeki değişimine de üyelik fonksiyonu denilmektedir (Dadone, 2001)."

"Bulanık mantık (BM) bulanık denetleyiciden oluşmaktadır. Şekil 2.3'de basit bir bulanık denetleyici görülmektedir. Bulanık denetleyici, giriş, veri tabanı, bulanıklaştırma, bulanık çıkarım, kural tabanı, durulaştırma ve çıkış işlemlerinden meydana gelmektedir (Uygunoğlu v.d. 2005; Uygunoğlu T. 2005)"



Şekil 2.3. Bulanık Denetleyici

- **Giriş/Veri Tabanı:** İncelenecek olan olayın maruz kaldığı girdi değişkenlerini ve bunlar hakkındaki tüm bilgileri içerir. Buna **veri tabanı** veya kısaca **giriş** adı da verilir.
- **Bulanıklaştırıcı:** Sistemden alınan denetim giriş bilgilerini dilsel niteleyiciler olan sembolik değerlere dönüştürme işleminin yapıldığı bölümdür.
- **Bulanık Kural Tabanı:** Veri tabanındaki girişleri çıkış değişkenlerine bağlayan mantıksal, **EĞER-İSE (IF - THEN)** türünde yazılabilen bütün kuralların tümünü içerir. Bu kuralların yazılmasında sadece girdi verileri ile çıktılar arasında olabilecek tüm aralık bağlantıları (rule base) düşünülür.
- **Bulanık Çıkarım:** Bulanık kural tabanında giriş ve çıkış bulanık kümeleri arasında kurulmuş olan parça ilişkilerin hepsini bir arada toplayarak sistemin bir çıkışlı davranmasını temin eden işlemler topluluğunu içeren bir mekanizmadır.
- **Durulaştırma:** Bulanık çıkarım motorunun bulanık küme çıkışları üzerinde ölçek değişikliği yapılarak gerçek sayılara dönüştürdüğü birimdir.
- **Çıkış:** Bilgi ve bulanık kural tabanlarının bulanık çıkarım vasıtasıyla etkileşimi sonucunda elde edilen çıktı değerlerinin topluluğunu belirtir.

3. MATERYAL ve METOD

3.1. Materyal

3.1.1. Agregalar

Üretilen beton numunelerinde dört çeşit agrega kullanıldı. Bunlar; doğal yuvarlak dere kumu, çakıl I (ÇI) ve çakıl II (ÇII) olup en büyük dane çapı 25 mm'dir. Birim hacim kütle ve su emme oranı tayini deneyleri iri agrega için ASTM C127'e göre, ince agrega için ise ASTM C128'e göre yapılmıştır. Sıkışık ve gevşek birim hacim kütle (yığın yoğunlukları) tayini ASTM C 29'a göre yapılmıştır. Deneyler her malzeme için üç kez tekrarlanmış ve ortalama değerleri alınmıştır.

Çalışmalarda kullanılacak agrega oranları, ACI 304-2R Sayılı "Pompalama Yöntemleri ile Betonun Yerleştirilmesi" ve ASTM C33 Beton agregası sınır eğrilerine uygun olarak ayarlanmıştır. İri agrega olarak "salt kırmataş" ve "çakıl + kırmataş" karışımı düşünülmüş ve buna göre karışımlar düzenlenmiştir. Bunlar;

Karışım I; Kırmataş I + Kırmataş II + Kum

Karışım II; Kırmataş II + Çakıl I + Çakıl II + Kum'dur.

3.1.2. Çimento

Beton üretiminde kullanılan çimento CEM I 42.5 R niteliğindedir. Çimentolar, 50 kg'lık torbalar halinde temin edilmiştir. Çimentolar, hava almayacak şekilde poşetlenerek stoklanmıştır.

3.1.3. Kimyasal Katkı

Çalışmada kullanılacak katkının belirlenmesi için; ASTM C 494 ve TS EN 934-2 standartlarına uygun, Polinaftalen ve Polikarboksilat esaslı akışkanlaştırıcı beton katkıları kullanılmıştır.

3.1.4. Mineral Katkılar

Deneyssel çalışmalarda kullanılan silis dumanı (ferrosilisyum (FeSi)) Antalya Etibank Ferrookrom fabrikasından sağlanmıştır.

Çalışmalarda kullanılacak uçucu külü belirlemek için; Çatalağzı Uçucu Külü (Zonguldak), Seyitömer Uçucu Külü (Kütahya), Tunçbilek ve Çayırhan Uçucu Külü (Ankara) Termik Santralleri'nden sağlanan dört farklı külün analizi yapılmıştır. Bu analizlere göre; Çatalağzı uçucu külü (F tipi) ve Seyitömer uçucu külü'nün (C tipi) deneylerde kullanılmıştır.

3.1.5. Fiber Katkı

Üretilen betonlarda, 600 gr/m³ oranı sabit tutulan polipropilen fiber kullanılmıştır. Kullanılan polipropilen fiber lifin boyu 12 mm ve çapı ise 18 mikron'dur. Diğer özellikleri ise Çizelge 3.1'de verilmiştir.

Çizelge 3.1. Deneylerde kullanılan polipropilen fiber katkının özellikleri

Kimyasal Yapı	Özgül Ağırlık	Ergime Noktası	Tutuşma Sıcaklığı	Özgül Yüzey Alanı	Alkali Direnci	Çekme Dayanımı	Elastiklik Modülü
% 100 polipropilen lif	0.91 g/cm ³	160 °C	365 °C	250 m ² /kg	% 100	300 – 400 N/mm ²	~ 4000 N/mm ²

3.1.6. Çelik Donatı Çubukları

Aderans deneylerinin yapılmasında Ø18 nervürlü, Ø14 nervürlü ve Ø14düz çelik çubuklar kullanılmıştır.

3.2. Beton Karışım Hesapları

Ön deneme karışımlarında ve araştırma deneylerinde 350 ve 400 kg/m³ nominalçimentodozajları kullanılmıştır. S/B oranı katkı oranına bağlı olarak hedeflenen çökme değerinin üzerinde çökme edilebilmek için yapılan ön deneyler sonucunda 0.38 olarak belirlenmiştir.

Beton karışım hesaplamalarında çökme en az 160 mm, kimyasal katkı denemelerinde ise terleme olmaksızın en fazla çökme veren katkı tipi ve dozajı dikkate alınmıştır. Karışım suyu miktarında, kimyasal katkının katı ve sıvı oranına göre belirlenen sıvı miktarı azaltılmıştır. Bu nedenle çalışmanın bundan sonraki kısmında belirtilen kimyasal katkı oranı, kimyasal katkının katı oranıdır. Mineral katkıları ilave metodu ile karışıma katılmıştır. Mineral katkıları; çimento miktarının silis dumanı %10, Uçucu kül (C ve F tipi) % 20, silis dumanı+uçucu kül %10+%10 oranlarında ilave metoduyla kullanılmıştır.

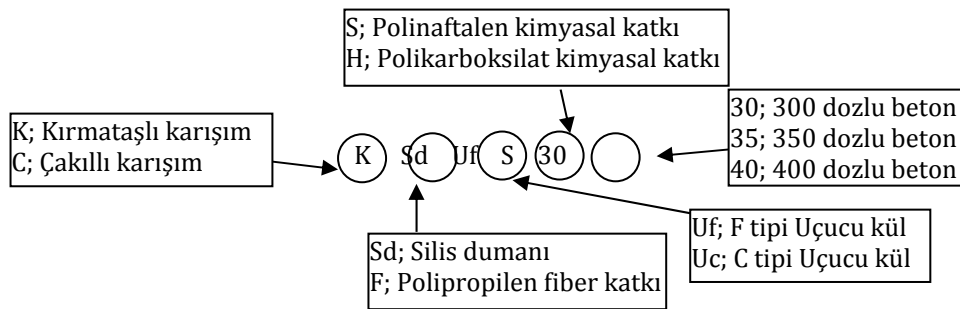
Uc: Çimentonun, %20'ü oranında C tipi uçucu kül ilave edilen karışım (%20 Uc)

Uf: Çimentonun, %20 si oranında F tipi uçucu kül ilave edilen karışım (%20 Uf)

SdUc veya SdUf: Çimentonun, %10'u oranında uçucu kül + %10'u oranında silis dumanı eklenmiş karışım (%10 UK + %10 Sd)

Sd: Çimentonun, %10'u oranında silis dumanı eklenmiş karışım

Deneyisel çalışmada uyulan planlama ve karışım bileşenleri Çizelge 3.2'de verilmiştir. Üretilen betonlara ait kodlama ise aşağıda belirtilmiştir.



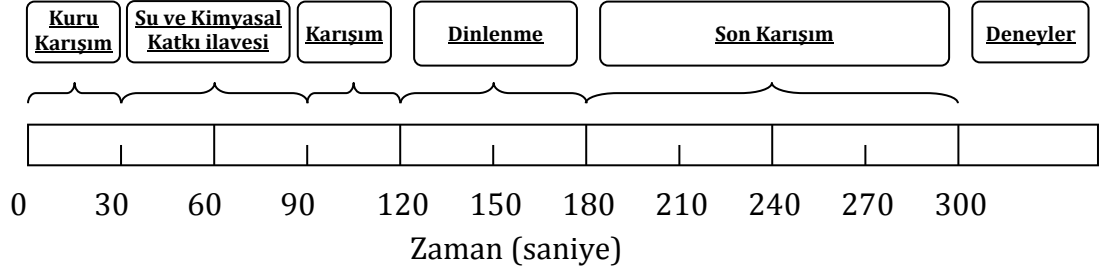
Şekil 3.1. Üretilen betonlara ait kodlama

Çizelge 3.2. Araştırma deneyleri karışım bileşenleri

1. Seri Beton	2. Seri Beton	Çimento Miktarı (kg/m ³)		Mineral Katkı Tipi			Kimyasal Katkı Tipi		Fiber Katkı
				Silis Dumanı	F tipi Uçucu Kül	C Tipi Uçucu Kül	Polinaftalen	Polikarboksilat	Polipropilen
		350	400						
KS35	CS35	+					+		
KSdS35	CSdS35	+		+			+		
KUfS35	CUfS35	+			+		+		
KUcS35	CUcS35	+				+	+		
KSdUfS35	CSdUfS35	+		+	+		+		
KSdUcS35	CSdUcS35	+		+		+	+		
KS40	CS40		+				+		
KSdS40	CSdS40		+	+			+		
KUfS40	CUfS40		+		+		+		
KUcS40	CUcS40		+			+	+		
KSdUfS40	CSdUfS40		+	+	+		+		
KSdUcS40	CSdUcS40		+	+		+	+		
KH30	CH30							+	
KSdH30	CSdH30			+				+	
KUfH30	CUfH30				+			+	
KUcH30	CUcH30					+		+	
KSdUfH30	CSdUfH30			+	+			+	
KSdUcH30	CSdUcH30			+		+		+	
KH35	CH35	+						+	
KSdH35	CSdH35	+		+				+	
KUfH35	CUfH35	+			+			+	
KUcH30	CUcH30	+				+		+	
KSdUfH35	CSdUfH35	+		+	+			+	
KSdUcH35	CSdUcH35	+		+		+		+	
KH40	CH40		+					+	
KSdH40	CSdH40		+	+				+	
KUfH40	CUfH40		+		+			+	
KUcH30	CUcH30		+			+		+	
KSdUfH40	CSdUfH40		+	+	+			+	
KSdUcH40	CSdUcH40		+	+		+		+	
KFS35*	CFS35*	+					+		+
KFS40*	CFS40*		+				+		+
KFH35*	CFH35*	+						+	+
KFH40*	CFH40*		+					+	+

* Bu beton serileri Ø18 nervürlü, Ø14'lük düz ve nervürlü çelik çubuklarla ayrı ayrı üretilmiştir.

Karılma işlemi Şekil 3.2'de gösterildiği gibi, 30 s. kuru (iri agrega, ince agrega, bağlayıcı madde), 90 s. ıslak karışım (ilk 1 dk.'da su ve kimyasal katkı ilavesi), 60 s. dinlenme ve 120 s. son karışım olmak üzere toplam 300 s'de (5 dk.) yapılmıştır.



Şekil 3.2. Betonun karılma işlem aşamaları

3.3. Metot

3.3.1. Çökme (Slump) Deneyi

Çalışmada üretilen her beton için çökme deneyi yapılmıştır. Taze beton, slump konisine üç tabaka halinde ve her tabaka koninin üçte birini dolduracak şekilde 25 kez şişlenerek yerleştirilmiştir. Beton yerleştirildikten sonra üst kısım mala ile düzeltilmiştir. Daha sonra doldurulan beton sarsılmadan koni yukarı doğru çekilerek alınmıştır. Beton kendi ağırlığıyla bir miktar çökünce çökme miktarı ölçülmüştür (TS EN 12350-2, 2002).

3.3.2. Birim Ağırlık Deneyi

Deneyde taze betonun birim ağırlık deneyi için, betoniyerde karılmış taze betonu iyi temsil edebilecek numune kullanılmasına dikkat edilmiştir. Deneyde kullanılan kaba, üç tabaka halinde beton doldurulmuştur. Her tabaka 25 kez şişlenmiş, her tabakanın şişlenmesinden sonra kabın kenarlarına 15 defa plastik çekiçle vurulmuştur. Sonrasında kabın üstü mala ile düzeltilmiş, kabın dışına taşan kısım temizlenmiştir. Numune tartıldıktan sonra, betonun net ağırlığının kabın hacmine bölünmesiyle taze betonun birim ağırlığı hesap edilmiştir.

Sertleşmiş betonun birim hacim ağırlığında ise, numuneler deneye tabi tutulmadan önce tartılmış, boyutlar ölçülmüş ve birim hacim ağırlık değerleri hesap edilmiştir.

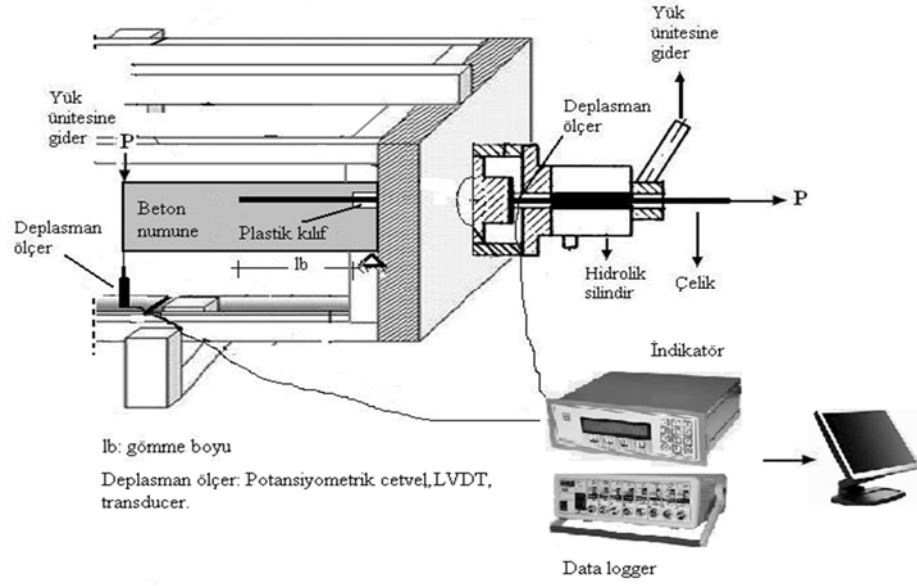
3.3.3. Aderans Deneyi

Aderans deneyleri 15x15x60 cm'lik boyutlardaki prizmatik numuneler içersine gömülü olan donatıların 28 günlük beton numuneler üzerinde pull-out deneyi yapılmasıyla belirlenmiştir. Deneyin yapılmasında hidrolik pompaya bağlı hidrolik silindirden faydalanılmıştır.



Şekil 3.3. Aderans deney çerçevesi ve aderans deneyinin yapılışı

Deneyde kullanılan çerçeve bizim tarafımızdan tasarlanmış ve imal edilmiştir. Aderans için yükleme kapasitesi 30 ton olup, dijital ve bilgisayar kontrollü olarak kullanılabilir.



Şekil 3.4. Deneylerde kullanılan aderans ölçüm ekipmanının şeması

3.3.4. Basınç ve Eğilme Dayanımı Deneyi

Üretilen her beton için 28 günlük basınç dayanım deneyleri 15x15x15 cm boyutundaki küp numuneler üzerinde basınç, 15x15x60 cm'lik numuneler üzerinde de eğilme deneyi yapılmıştır. Betonlar kalıplarından 24 saat sonra çıkarılarak 28. gün sonuna kadar 20 °C sıcaklıktaki kirece doymun suda bekletilmiş ve 28. gün sonunda deneye tabi tutulmuştur.



Şekil 3.5. Eğilme deneyinin yapılışı

3.3.5. Aderanslı Eğilme Deneyi

Üretilen her beton için 15 x 15 x 60 cm'lik numuneler üzerinde de aderanslı eğilme deneyi yapılmıştır. Numuneler donatılarından 80 bar'lık bir kuvvetle askıya alınmış ve ankastre yükleme yapılarak eğilme dayanımları belirlenmiştir.



Şekil 3.6. Aderanslı eğilme deneyinin yapılışı

Çalışma kapsamında pull-out deneyleri yanı sıra, aderans dayanımını daha gerçekçi vermesi açısından kiriş elemanlar üzerinde eksantrik çekip çıkarma ve eğilmede aderans dayanımı da belirlenmiştir. Pull-out deneyleri sırasında donatı üzerinden aderans-kayma eğrileri belirlenmiştir. Eğilme deneyi esnasında betonun yük sehim eğrisi için beton numune üzerinden deplasman ölçer ile yer değiştirmeler alınmış ve indikatör vasıtasıyla data logger ünitesine ve oradan da bilgisayar ortamına aktarılarak gerekli veri alımları sağlanmıştır. Yine deney esnasında pull-out deneyine tabi tutulacak olan çelik üzerinden de deplasman ölçer vasıtasıyla veriler alınıp benzer şekilde aderans-kayma eğrileri belirlenmeye çalışılmıştır.



Aderans



Eğilme



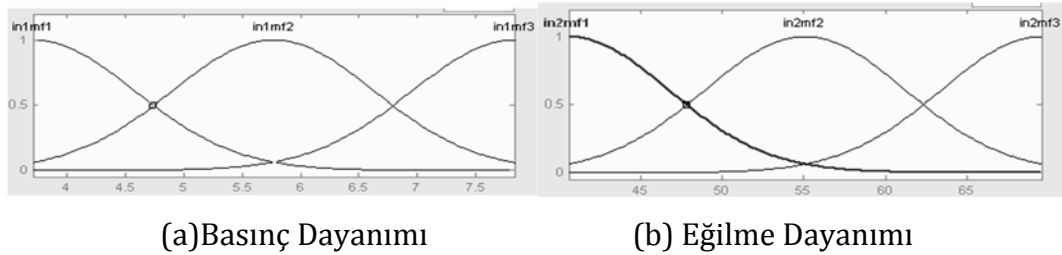
Aderanslı Eğilme

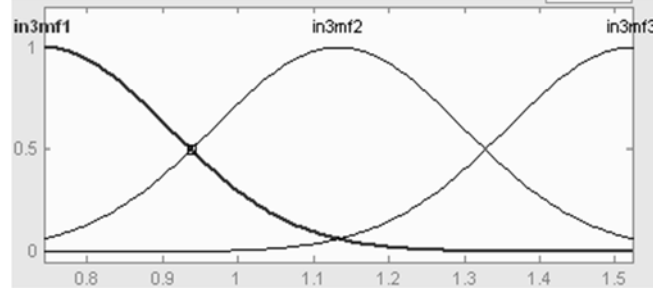
Şekil 3.7. Deney sonrası numuneler

3.3.6. Modelleme

Elde edilen basınç, eğilme, çekme ve aderans verileri kullanılarak bu veriler arasındaki ilişkilerin belirlenmesi amacıyla bulanık mantık ile modelleme yapılmıştır. Bulanık mantığın özelliği olarak; girdi birimi olarak basınç, eğilme ve çekme dayanımı kullanılmış; çıktı birimi olarak da bu karakteristik özelliklerin aderansla ilişkisini belirlemek amacıyla aderans dayanımı kullanılmıştır. Verilerin kullanılmasında seri ayrımı gözetilmeksizin karakteristik özellikler arasındaki ilişkiler incelenmiştir.

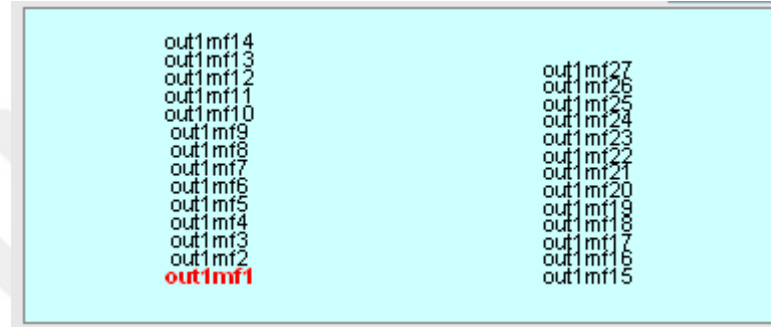
Bulanık mantık ile modellemede girdi birimleri olan basınç dayanımı için üç adet; eğilme dayanımı ve donatının çekme dayanımı için sırasıyla üçer adet üyelik fonksiyonu oluşturulmuştur. Çıktı birimi olan aderans dayanımı için ıseyirmi yedi adet üyelik fonksiyonu oluşturulmuştur (Şekil 3.4 - Şekil 3.5).





(c) Donatının Çekme Dayanımı

Şekil 3.8. Basınç, eğilme ve donatının çekme dayanımı için oluşturulan üyelik fonksiyonları



Şekil 3.9. Aderans dayanımı için oluşturulan üyelik fonksiyonu

Üyelik fonksiyonları oluşturulduktan sonra girdi ve çıktı birimleri arasındaki ilişkilerin belirlenmesi için aşağıdaki ifadeler ile sırasıyla Basınç-Eğilme-Aderans, Basınç-Donatının çekme dayanımı-Aderans ve Eğilme-Donatının çekme dayanımı-Aderans için kural tabanları oluşturulmuştur.

```

1. If (input1 is in1mf1) and (input2 is in2mf1) and (input3 is in3mf1) then (output is out1mf1) (1)
2. If (input1 is in1mf1) and (input2 is in2mf1) and (input3 is in3mf2) then (output is out1mf2) (1)
3. If (input1 is in1mf1) and (input2 is in2mf1) and (input3 is in3mf3) then (output is out1mf3) (1)
4. If (input1 is in1mf1) and (input2 is in2mf2) and (input3 is in3mf1) then (output is out1mf4) (1)
5. If (input1 is in1mf1) and (input2 is in2mf2) and (input3 is in3mf2) then (output is out1mf5) (1)
6. If (input1 is in1mf1) and (input2 is in2mf2) and (input3 is in3mf3) then (output is out1mf6) (1)
7. If (input1 is in1mf1) and (input2 is in2mf3) and (input3 is in3mf1) then (output is out1mf7) (1)
8. If (input1 is in1mf1) and (input2 is in2mf3) and (input3 is in3mf2) then (output is out1mf8) (1)
9. If (input1 is in1mf1) and (input2 is in2mf3) and (input3 is in3mf3) then (output is out1mf9) (1)
10. If (input1 is in1mf2) and (input2 is in2mf1) and (input3 is in3mf1) then (output is out1mf10) (1)
11. If (input1 is in1mf2) and (input2 is in2mf1) and (input3 is in3mf2) then (output is out1mf11) (1)

```

Şekil 3.10. Aderans dayanımı için oluşturulan kural tabanları

"Elde edilen veriler arasındaki ilişki veri madenciliği (data mining) ile değerlendirilmiştir. Büyük veritabanlarından gizli kalmış örüntüleri çıkarma sürecine veri madenciliği adı verilmektedir. Geleneksel yöntemler kullanılarak

özölmesi çok zaman olan problemlere veri madenciliği süreci kullanılarak daha hızlı bir şekilde çözüm bulunabilir. Veri madenciliğinin ana amacı elimizde bulunan veriden gizli kalmış örüntüleri (patterns) ıkarmak, elimizdeki verinin değerini arttırmak ve veriyi bilgiye dönüştürmektir. Veri madenciliği bir yöntem değildir bir süreçtir. Bu süreçte ana unsur süreci gerçekleştiren uygulamacıdır. Süreçte bulunan adımlar doğru olarak yerine getirilmediğinde istenilen sonuca ulaşılamaz (Terzi vd., 2005)."

Veri madenciliği uygulamalarının hayata geçirilebilmesi için şimdiye kadar birçok araç gelişimi üzerinde çalışılmıştır. Bu araçlardan biri Waikato Üniversitesi tarafından java platformu üzerinde açık kodlu olarak geliştirilerek ve sürekli güncellemeleri yapılan WEKA programıdır. WEKA'ya bir proje olarak başlanıp bugün dünya üzerinde birçok kullanıcısı bulunan bir veri madenciliği uygulaması geliştirme programıdır. WEKA programı <http://www.cs.waikato.ac.nz/ml/weka/> adresinden temin edilebilmektedir.

Veri madenciliği sürecinin model kurma aşamasında, SPSS analizlerinde olduğu gibi deneysel olarak elde edilen ve hesaplarla bulunan veriler, girdiler ve çıktılar olarak düzenlenmiştir. WEKA programında yer alan bütün algoritmalar bu veri dosyalarında çalıştırılarak en yüksek regresyon katsayısı veren beş algoritma değerlendirilmiştir . Bu algoritmalar şöyle sıralanmaktadırlar.

1. Lineer regresyon (linear regression); bir veya daha çok bağımlı ve bağımsız değişkenin arasındaki bağlantıyı belirleyen matematiksel modeldir. Regresyon var olan (veya bilinen) değerlere göre gerekli değerlerin önceden tahmin edilmesinde kullanılır. Regresyon, lineer regresyon gibi standart istatistiksel tekniklerle kullanılır. Maalesef birçok durumda açık lineer ilişkiler üretilemez. Bu durumda daha kompleks teknikler (lojistik regresyon, karar ağaçları veya neurol network gibi) kullanılır.
2. Basit lineer regresyon (simple linear regression); bu model lineer regresyon modelinin geliştirilmişidir. Bağımlı değişken (ıktı veya tahmin edilen) ile bağımsız değişken (girdiler) arasında lineer olmayan dağılı ilişkinin bulunması durumunda basit lineer model, basit lineer olmayan regresyon

modeline dönüştürülmekte ve sonuçlar lineer model metodolojine göre veri analizi yapılmaktadır.

3. Sıralı (adımlı) regresyon (pace regression); klasik en küçük kareler yönteminin yalın ve geliştirilmiş halidir. Küme analizini kullanarak, her değişkenin etkilediği parametreye göre regresyona katkısı olanlarla model oluşturur.
4. M5 kuralları (M5 Rules); tüm eğitim verilerine uygulanır, girdi ve çıktı arasında en yüksek ilgili veriler için kural oluşturur. Kural oluşturulan veriler gruptan çıkarılır ve kalanlar arasında tekrar kural oluşturulur. Tüm verileri kapsayan kurallar oluşturulduğunda işleme son verilir ve model oluşturulur. Kurduğu parçalı lineer modellerle, lineer olmayan fonksiyonları da kapsar. Kurulan modelde öğrenme ve sonuçlandırma, regresyon modellerine göre daha küçük birimlerden oluştuğu için karar verme mekanizmaları birçok değişkeni de kapsar (Şencan, 2006).
5. En küçük medyan kareleri yöntemi (Least MedSq); en küçük kareler yönteminin geliştirilmişidir. En küçük kareler regresyon fonksiyonu, verilerin alt örneklemelerinde rasgele üretilir. En küçük medyan kareleriyle en küçük kareler regresyonu, sonuç modelde hatayı daha da azaltır.

Değerlendirmede deneysel olarak bulunan ve hesaplanan tüm verilerin %80'inde model oluşturulabilmesi için iç test verisi olarak, %20'sindeyse analiz verisi olarak (model oluşturulmada kullanılsada, model geçerliliğinin denenmesi ve model sonuçları ile önceki verilerle arasındaki regresyon katsayısını saptanmaında) iki gruba ayrılmıştır. Test verileri kullanılan WEKA programı tarafından, tüm deneyler arasından rasgele seçilmişmiş olmasına rağmen eğitim ve test verileri, tüm modellerde aynı seri betondan oluşmuştur. Örneğin KS40 bir model denemesinde eğitim verileri arasında ise diğer model denemesinde yine eğitim verilerinde kullanılmıştır.

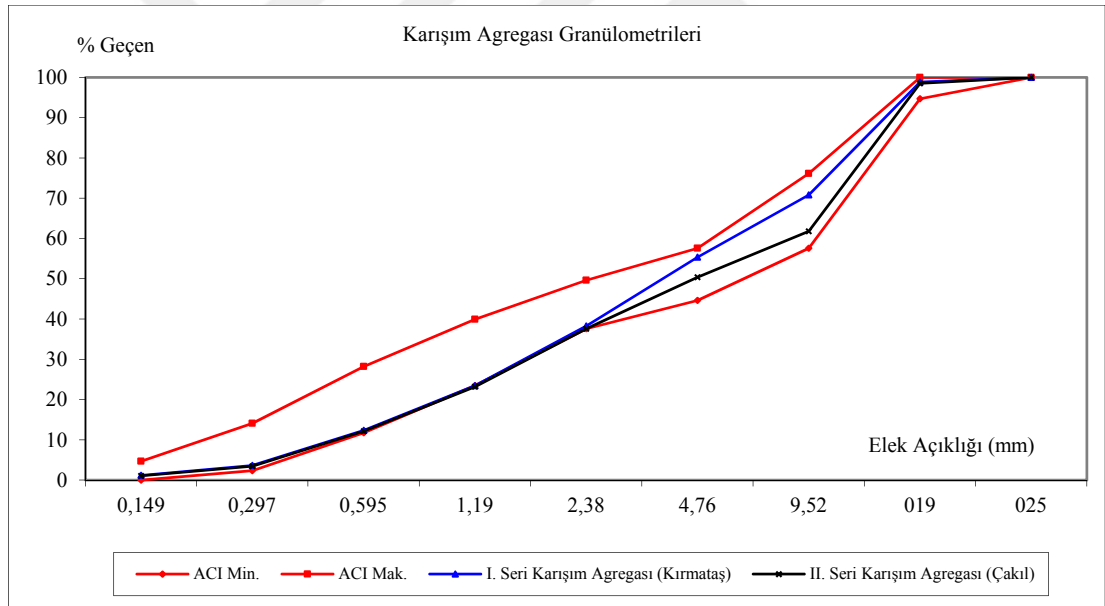
4. BULGULAR

4.1. Agregaların Granülometrik Özellikleri

İri ve ince agreganın granülometrilere göre hesaplanan agrega karışım oranları mutlak hacimce % olarak Çizelge 4.1’de, bu yüzdelere göre karışım agreganın granülometrik bileşimi ise Şekil 4.1’de görülmektedir.

Çizelge 4.1. Agrega karışım oranları (%)

Agrega Türü	I. Seri İri Agrega (Salt Kırmataş)	II. Seri İri agrega (Çakıl+Kırmataş)
Kırmataş I	25	--
Kırmataş II	20	10
Çakıl I	--	20
Çakıl II	--	15
Kum	55	55



Şekil 4.1. I. ve II. Seri için karışım agregası granülometrisi ve sınır değerleri

4.2. Agregaların Fiziksel Özellikleri

Agregaların fiziksel özelliklerinin tayini; birim hacim kütle, su emme oranlarını saptama deneyleri iri agrega için ASTM C127’e göre, ince agrega için ise ASTM C128’e göre yapılmaktadır. Sıkışık ve gevşek birim hacim kütle (yığın yoğunlukları) tayini ASTM C 29’a göre yapılmaktadır. Deneylerin her biri üçer

defa tekrarlanıp ortalama değerleri hesaplanmaktadır. Elde edilen tane yoğunluğu ve su emme değeri Çizelge 4.2’de, birim hacim kütle değerleri Çizelge 4.2’de verilmiştir.

Çizelge 4.2. İri ve ince agregaların tane yoğunlukları ve su emme oranları

	Bağıl Birim Hacim Kütle (Mg/m ³) *		Görünür Tane Yoğunluğu (Mg/m ³) *	Görünen Tane Yoğunluğu (Mg/m ³)		Görünen Tane Yoğunluğu (Mg/m ³)	Su Emme Oranı (%)
	Etüv Kur.	YKSD		Etüv Kur.	YKSD		
KT I	2.74	2.77	2.81	2.74	2.76	2.80	0.81
KT II	2.68	2.69	2.72	2.67	2.69	2.72	0.60
Ç I	2.66	2.68	2.70	2.65	2.67	2.70	0.60
Ç II	2.66	2.68	2.70	2.66	2.67	2.69	0.50
Kum	2.33	2.42	2.56	2.33	2.42	2.56	1.27

* Deney sıcaklığında suyun yoğunluğu 1.00×10³ kg/m³ varsayılarak hesaplandı.

Çizelge 4.3. İri ve ince agreganın sıkışık ve gevşek birim hacim kütleleri (yığın yoğunlukları) (kg/m³)

	Kum	KT II	KT I	Ç I	Ç II
Gevşek	1735	1519	1568	1645	1645
Sıkışık	1887	1607	1719	1680	1743

4.3. Kimyasal Katkı

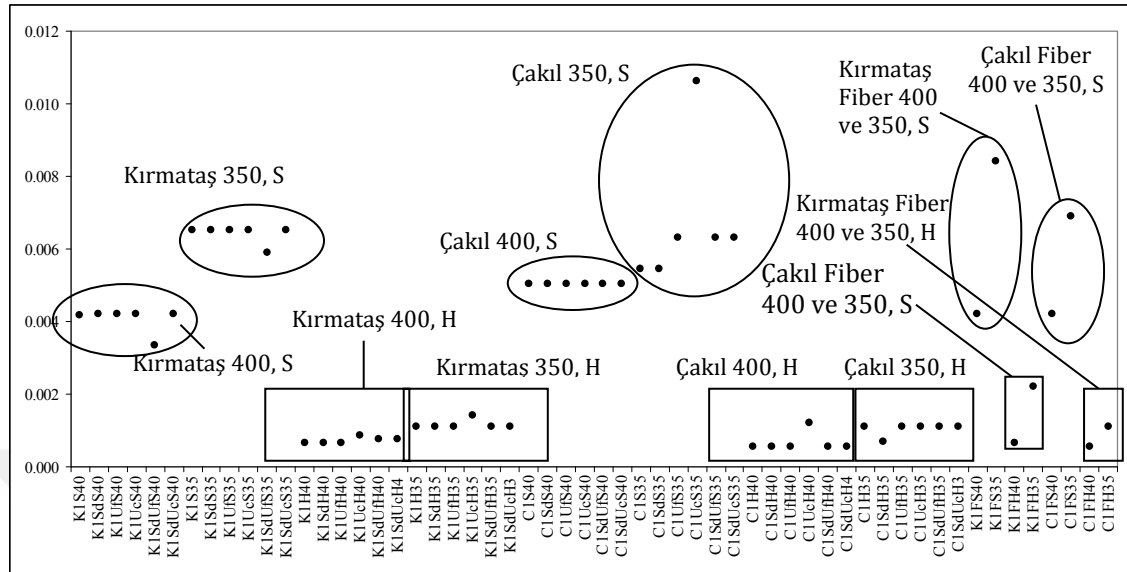
Deneysel çalışmalarda kullanmak üzere polinaftalen ve polikarboksilat esaslı toplam dokuz farklı akışkanlaştırıcı katkı ön deneylere tabi tutulmuştur. Çalışmada, bu katkılardan çimento ile en iyi uyum gösteren birer katkı, polinaftalen ve polikarboksilatesaslı iki katkı kullanılmıştır. Katkıların özellikleri Çizelge 4.4’de görülmektedir.

Çizelge 4.4. Kimyasal katkının özellikleri

	S1	S2	S3	S4	H1	H2	H3	H4	H5
Bağıl Yoğunluk kg/l, 20°C	1.21	1.21	1.19	1.20	1.10	1.04	1.09	1.06	1.06
Katı madde (%)*	41.5	40.9	40.5	37.5	22.0	22.5	20.5	20.5	22.1
pH	6	8	7-9	6-10	3-7	5.7	6.5	7	8
İlgili Standart	ASTM C 494 Tip G	ASTM C 494 Tip F	EN 934-2 ASTM C 494 Tip F	ASTM C 494 Tip F ve TS EN 934-2	TS EN 934-2	NF-EN 934-2	NF-EN 934-2	NF-EN 934-2	NF-EN 934-2

*105°C’de 72 saat sonunda.

Kimyasal katkıları karışıma su ilavesinden sonra, karışım nemli toprak kıvamını kazandıktan sonra doğrudan ilave edilmiştir.



Şekil 4.2. Karışım serileri ve kullanılan kimyasal katkı oranları

4.4. Çimento

Çimentonun özellikleri Çizelge 4.5’de görülmektedir.

Çizelge 4.5. Deneylerde kullanılan PÇ 42.5 R’nin özellikleri

Kimyasal analiz (% Kütلة)												
SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	SO ₃	K.K.	Ç.K	Cl ⁻	S.CaO	A.Z		
17.52	4.06	3.45	56.56	1.66	2.44	2.99	0.24	0.001	1.35	3.41		
Karma Oksit Bileşenleri (Bogue) (%Kütلة)												
C ₃ S			C ₂ S			C ₃ A			C ₄ AF			
54.57			8.26			4.92			10.49			
Fiziksel ve mekaniksel özellikler												
İncelik		Priz Süreleri (saat:dak.)		Tane Yoğ. (Mg/m ³)	Blaine (m ² /kg)	Le Chatelier (mm)	Mukavemet Değerleri (N/mm ²)					
							2 gün		7 gün		28 gün	
200 µ	90 µ	Başlangıç	Bitiş				Eğilme	Basınç	Eğilme	Basınç	Eğilme	Basınç
2.5	0.1	2s 55dk	3s 45dk	3.12	311	1	4.4	28.2	6.1	43.2	7.1	53.1

4.5. Silis Dumanı

Silis dumanının fiziksel ve kimyasal özellikleri Çizelge 4.9’da verilmiştir. Silis dumanının görünen tane yoğunluğu 2.10 (2.04) Mg/m³tür. İnceliği; 90 µ altı % 16.4, 200 µ altı % 39.2’dir.

Çizelge 4.6. Silis dumanının (FeSi) kimyasal özellikleri

SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	S+A+F	CaO	MgO	SO ₃	K ₂ O	Na ₂ O	Cr ₂ O ₃	TiO ₂
77.06	0.84	1.28	79.17	0.73	5.70	0.21	5.16	1.19	3.21	0.03
Rut %= 1.11				Kızdırma kaybı			Tayin edilemeyen			
Alkali Top= 6.35				0.74			1.46			

4.6. Uçucu Küller

Uçucu küllerin kimyasal özellikleri ve görünür tane yoğunlukları Çizelge 4.10'da verilmiştir.

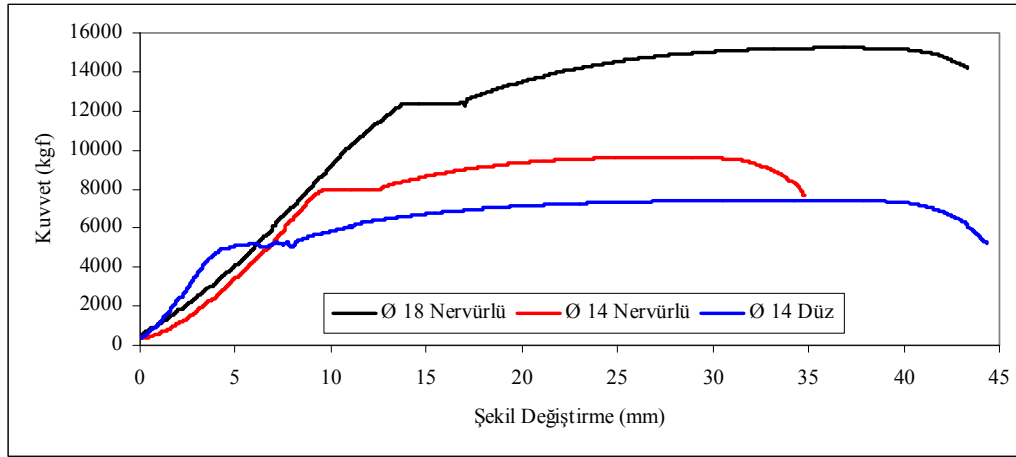
ASTM C 618 standardı, uçucu küllerinde elde edildiği kömürün özelliği bakımından sınıflandırmaktadır. İncelenen uçucu küllerden Çatalağzı uçucu külü taşkömürünün yakılmasından elde edildiği için F sınıfı, diğerleri linyit kömürünün yakılmasından elde edildiği için C sınıfı uçucu küldür.

Bu nedenle çalışmanın bundan sonraki kısmında F tipi olarak Çatalağzı, C tipi olarak ise Seyitömer uçucu külü kullanılacaktır. F tipi uçucu kül için; 90 µ altı incelik % 2.8, 200 µ altı incelik % 15.7 ve blaine 2580 cm²/gr'dır. C tipi uçucu kül için; 90 µ altı incelik % 2.9, 200 µ altı incelik % 12.3 ve blaine 5230 cm²/gr'dır.

Çizelge 4.7. Uçucu küllerin kimyasal özellikleri ve görünen tane yoğunlukları

4.7. Çalışmada Kullanılan Çelik Donatılar

Deneyisel çalışmalarda kullanılan çelik donatının çekme deneyi sonrası elde edilen, gerilme şekil değiştirme eğrisi Şekil 4.3'de, bu çelik donatılara ait akma, çekme, uzama ve elastisite modülü değerleri ise Çizelge 4.8'de verilmiştir.



Şekil 4.3. Kullanılan çelik donatıların gerilme şekil değiştirme grafiği

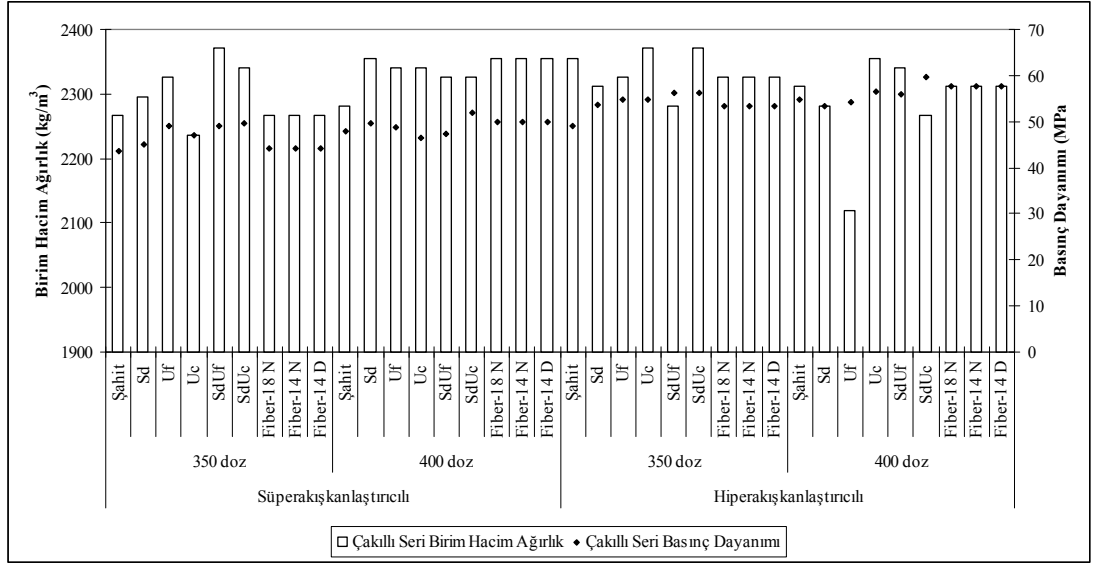
Çizelge 4.8. Kullanılan çelik donatıların özellikleri

Donatı Çapı	Akma		Çekme		Kopma uzama oranı (%)	E (kgf/mm ²)
	kgf	Mpa	kgf	Mpa		
Ø 18 N	12347	486	15231	599	21.7	20416
Ø 14 N	7936	523	9618	634	21.4	19013
Ø 14 D	4976	314	7422	469	31.1	21917

4.8. Birim Hacim Ağırlık ve Basınç Dayanımı Sonuçları

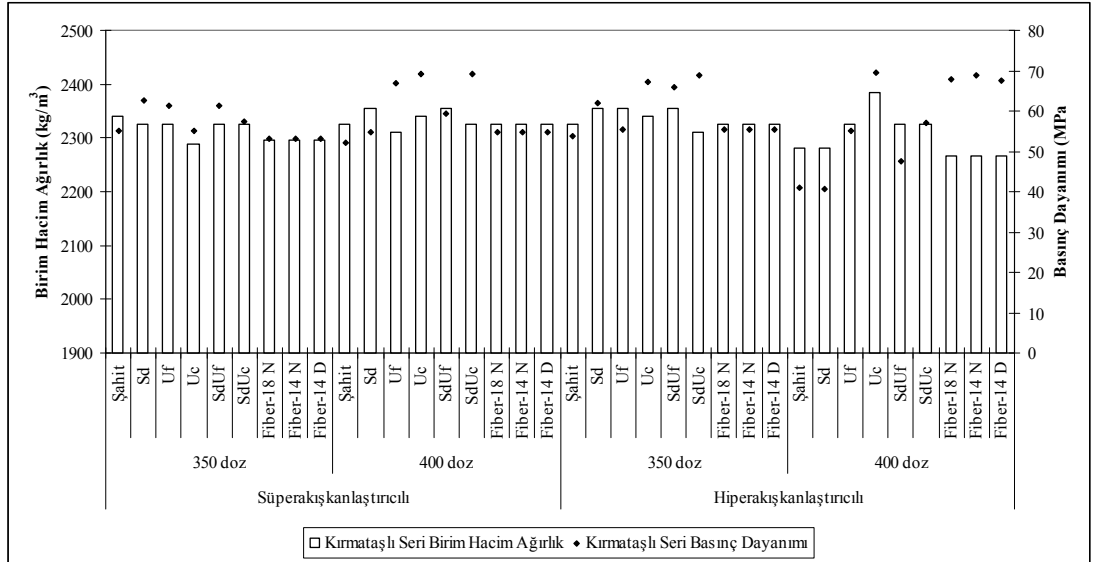
Üretilen betonların sertleşmiş birim hacim ağırlık değerleri ile basınç dayanımı değerleri, çakıllı beton serisi için Şekil 4.4'de, kırmataşlı seri için Şekil 4.5'de verilmiştir.

Çakıllı beton serisinde en yüksek birim hacim ağırlık değeri CSdUfS35, CUcH35, CSdUcH35 betonlarından (2370 kg/m³), en düşük CUfH40 betonundan (2119 kg/m³) elde edilmiştir. Yine çakıllı beton serisinde en yüksek basınç dayanımı CSdUcH40 betonundan (59.7 MPa) elde edilmişken, en düşük CS35 betonundan (43.6 MPa) elde edilmiştir.



Şekil 4.4. Çakıllı beton serisi birim hacim ağırlık ve basınç dayanımı sonuçları

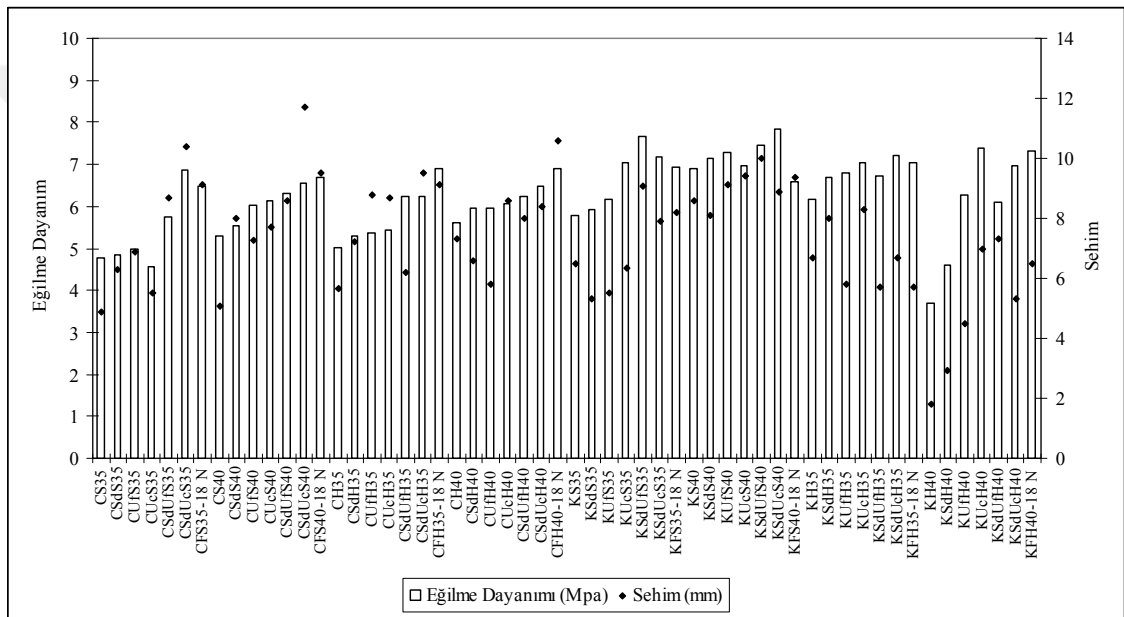
Kırmataşlı beton serisinde en yüksek birim hacim ağırlık değeri KUCh40 betonundan (2385 kg/m^3), en düşük KFH40 betonundan (2267 kg/m^3) elde edilmiştir. Yine kırmataşlı beton serisinde en yüksek basınç dayanımı KUCh40 betonundan (69.6 MPa) elde edilmişken, en düşük KSdH40 betonundan (40.6 MPa) elde edilmiştir.



Şekil 4.5. Kırmataşlı beton serisi birim hacim ağırlık ve basınç dayanımı sonuçları

4.9. Eğilme Dayanımı Sonuçları

Eğilme deneyi sonucunda elde edilen eğilme dayanımı ve eğilmede sehim değerleri Şekil 4.6'da verilmiştir. Tüm deney sonuçlarına göre (çakıllı ve kırmataşlı beton serileri dahil) en yüksek eğilme dayanımı KSdUcS40 betonundan (7.83 MPa), en düşük eğilme dayanımı KH40 betonundan (3.1 MPa) elde edilmiştir. Sehim değerlerinde ise en yüksek, CFS40 betonundan (11.8 mm), en düşük sehim ise en düşük eğilme dayanımı elde edilen KH40 betonundan (1.8 mm) elde edilmiştir.

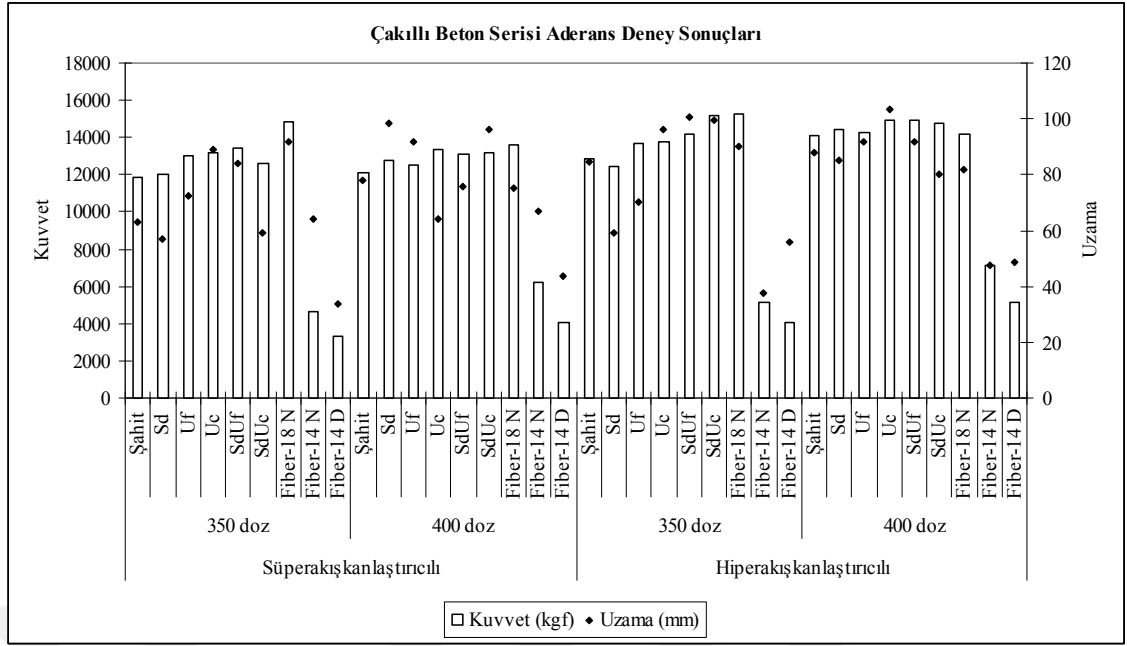


Şekil 4.6. Eğilme dayanımı ve eğilmede sehim deney sonuçları

4.10. Aderans Deneyi Sonuçları

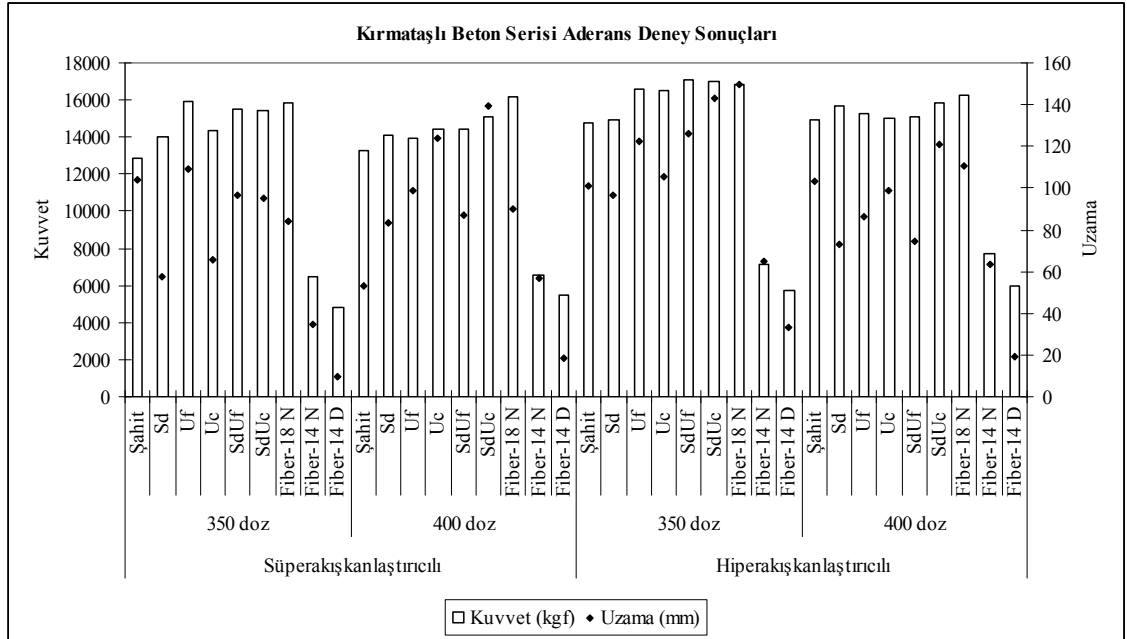
Aderans deney sonuçları çakıllı betonlar için Şekil 4.7, kırmataşlı betonlar için Şekil 4.8'de verilmiştir.

Çakıllı beton serisinde en yüksek aderans kuvveti CFH35 betonundan (15297 kgf), donatının beton içinden sıyrılması olarak ölçülen en yüksek uzama değeri CUcH40 (103.2 mm) betonundan ölçülmüştür. En düşük aderans kuvveti ve uzama (donatı sıyrılması) CFS35 (3310 kgf ve 33.5 mm) betonundan elde edilmiştir.



Şekil 4.7. Çakıllı beton serisi aderans deneyi sonuçları

Kırmataşlı beton serisinde en yüksek aderans kuvveti KSdUfH35 betonundan (17102 kgf), en yüksek uzama değeri KSdUcH35 (143.2 mm) betonundan ölçülmüştür. En düşük aderans kuvveti ve uzama KFS35 (4833 kgf ve 9.5 mm) betonundan elde edilmiştir.

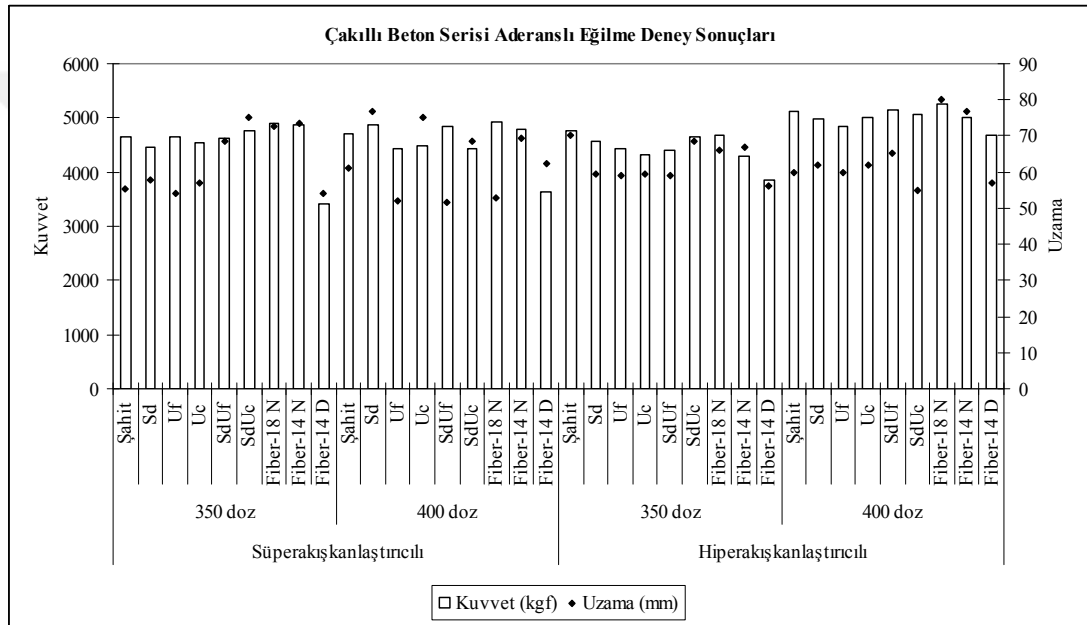


Şekil 4.8. Kırmataşlı beton serisi aderans deneyi sonuçları

4.11. Aderanslı Eğilme Deneyi Sonuçları

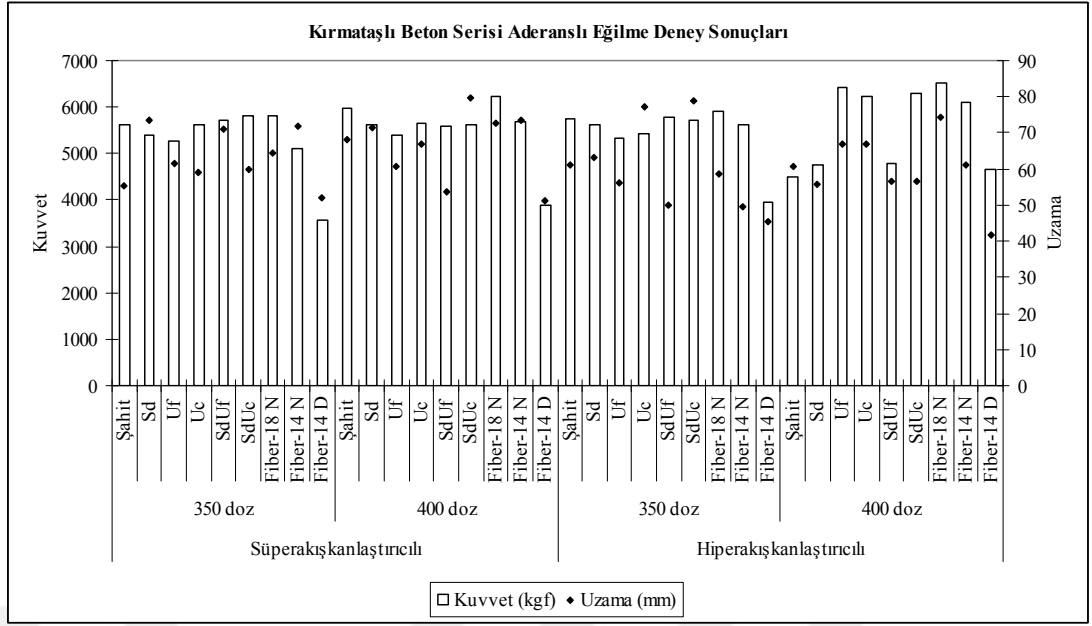
Aderanslı eğilme deneyinine ait sonuçlar çakıllı beton serileri için Şekil 4.9'da kırmataşlı beton serisi için Şekil 4.10'da verilmiştir.

Çakıllı betonlara en yüksek basınç kuvveti ve en yüksek sehim CFH40 (5270 kgf; 80 mm) betonundan elde edilmiştir. En düşük basınç kuvveti CFS35 (3403 kgf) betonundan, en düşük sehim ise CSdUfS40 (8.6 mm) betonundan elde edilmiştir.



Şekil 4.9. Çakıllı beton serisi aderanslı eğilme deney sonuçları

Kırmataşlı betonlara en yüksek basınç kuvveti KFH40 (6520 kgf) betonundan, en yüksek sehim KSdUcS40 (79.7 mm) betonundan elde edilmiştir. En düşük basınç kuvveti KFS35 (3566 kgf) betonundan, en düşük sehim ise KFH40 (41.5 mm) betonundan elde edilmiştir.



Şekil 4.10. Kırmataşlı beton serisi aderanslı eğilme deney sonuçları

Deney sonuçlarına göre yapılan modellemeler sonucunda bulanık mantık modellemesine göre, veri madenciliği modellemesinde daha uygun sonuçlar vermiştir. Veri madenciliğinden elde edilen modeller Çizelge 4.9'da gösterilmiştir.

Çizelge 4.9. Veri madenciliğinden elde edilen modeller

İlişki	Metot	Model	*R
Aderans kuvveti tahmini	Simple Linear Regression	$AF = (1.29 * CCF) - 5321.89$	0.7287
	Least MedSq	$AF = (514.1434 * ED) + (86.4279 * BD) + (1.2928 * CCF) - 13507.111$	0.7993
	Pace Regression	$AF = (-11858.2015) + (366.3261 * ED) + (70.8966 * BD) + (1.3168 * CCF)$	0.8438
	Linear Regression	$AF = (365.7232 * ED) + (70.9932 * BD) + (1.3167 * CCF) - 11858.9781$	0.8438
	M5Rules	$AF = (365.7232 * ED) + (70.9932 * BD) + (1.3167 * CCF) - 11858.9781$	0.8438
Aderans deneyinde uzama değeri tahmini	Simple Linear Regression	$AU = (0.01 * CCF) - 18.48$	0.4157
	Least MedSq	$AU = (-6.883 * ED) + (1.697 * BD) + (0.0059 * CCF) - 50.8228$	0.5532
	Pace Regression	$AU = (-87.1973) + (1.2708 * BD) + (0.0072 * CCF)$	0.5515
	Linear Regression	$AU = (1.271 * BD) + (0.0072 * CCF) - 87.2092$	0.5514
	M5Rules	$AU = (1.271 * BD) + (0.0072 * CCF) - 87.2092$	0.4773
Aderanslı eğilmede kuvvet tahmini	Simple Linear Regression	$AEF = (53.02 * BD) + 2144.7$	0.3976
	Least MedSq	$AEF = (128.9647 * ED) + (37.9929 * BD) + (0.1383 * CCF) + 77.4798$	0.4715
	Pace Regression	$AEF =$	0.516

		$(124.2645)+(215.4987*ED)+(32.1782*BD)+(0.1303*CCF)$	9
	Linear Regression	$AEF= (212.1011*ED)+(35.7644*BD)+(0.1224*CCF)+56.5644$	0.4899
	M5Rules	$AEF= (212.1011*ED)+(35.7644*BD)+(0.1224*CCF)+56.5644$	0.4899
Aderanslı eğilmede sehim tahmini	Simple Linear Regression	Model elde edilememiştir.	
	Least MedSq	$AES= (0.0388*ED)+(0.3555*BD)+(0.0006*CCF)+32.8838$	0.3609
	Pace Regression	$AES= (37.061)+(2.2637*ED)+(0.0008*CCF)$	0.6836
	Linear Regression	$AES= (2.3072*ED)+(0.0009*CCF)+35.6526$	0.4242
	M5Rules	$AES= (2.3072*ED)+(0.0009*CCF)+35.6526$	0.4242

* WEKA'dan elde edilen korelasyon değerleri

Modellerle ilgili kısaltmalar;

AF: Aderans kuvveti (kgf),

AU: Aderansda uzama (mm),

AEF: Aderanslı eğilmede kuvvet (kgf),

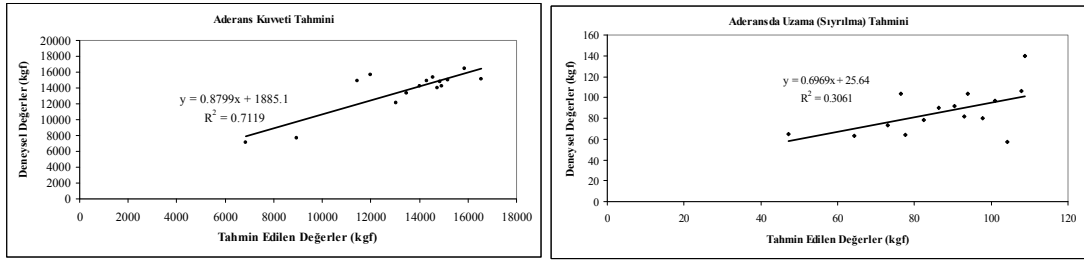
AES: Aderanslı eğilmede sehim (mm),

BD: Basınç dayanımı (MPa),

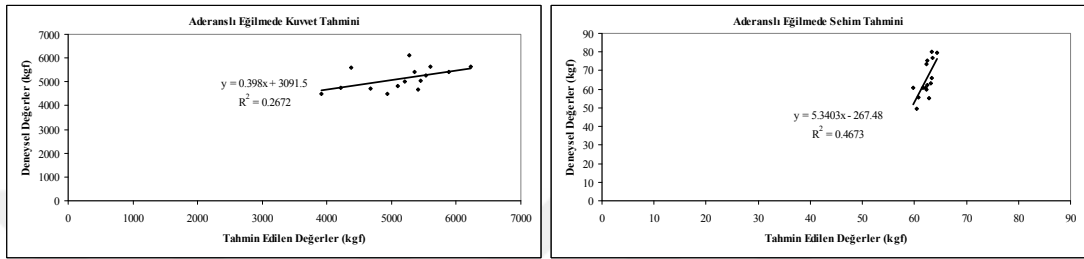
ED: Eğilme dayanımı (MPa),

CCF: Donatının çekme kuvveti (kgf)

Yapılan analiz sonucunda en yüksek korelasyon katsayısı elde edilen modeller ile, modellerin kurulmasında kullanılmamış (% 20 veri) deney sonuçları tahmin edilmeye çalışılmış ve deneysel olarak elde edilen sonuçlar ile modeller sonucunda elde edilen tahmini değerler aşağıda verilmiştir.



Şekil 4.11. Adrans deneyi çıktıları (kuvvet, uzama) ve model çıktıları arasında ilişki



Şekil 4.12. Adranslı eğilme deneyi çıktıları ve model çıktıları arasında ilişki

5. TARTIŞMA VE SONUÇ

Yukarıdaki çalışmalar ışığında projeden çıkarılan sonuçlar aşağıda özetlenmeye çalışılmıştır.

- Kimyasal katkı kullanımıyla, şahit betonun içerisine ilave edilen uçucu kül ve silis dumanı, betonun çökme ve çökmede yayılmasını arttırmak suretiyle betonun işlenebilirliğini de arttırdığı gözlemlenmiştir.
- Betona ilave edilen uçucu kül tipinin betonun işlenebilirliğine önemli derecede bir etkisinin olduğu gözlemlenmiştir. F tipi küllerin betonun işlenebilirliği üzerindeki etkisi C tipine göre daha yüksektir.
- Mineral katkıların betona ilave edilmesiyle betonun küp basınç dayanımı ve buna bağlı olarak beton sınıfı yükselmiştir. Basınç dayanımı üzerinde F tipi Çatalağzı uçucu külünün daha etkili olduğu gözlemlenmiştir.
- Sd, Uc ve Uf tipi mineral katkılı betonların basınç, eğilme ve aderans dayanımları şahit betonlara göre yüksek çıkmıştır. Yine fiber katkılı betonlarda bahsedilen dayanım değerleri şahit betonlara göre yüksektir.
- Aderans kuvvetinin belirlenmesinde, oluşturulan veri madenciliğinden elde edilen model sonuçları ile deneysel çalışmalar arasında ilişki elde edilmiş olup ($R^2: 0.71$), modelin güvenilirlik derecesi yüksek olmasına karşılık uzama (sıyırılma) ve aderanslı eğilme deney sonuçlarında ilişki düşüktür.
- Aderans dayanımı üzerinde betonun basınç mukavemeti, eğilme dayanımı ve donatının çekme mukavemetinin büyük bir etkisinin olduğu görülmüş ve ampirik bir bağıntıyla ifade edilmiştir.

6. KAYNAKLAR

- ACI 304-2R, 1996. "Placing Concrete by Pumping Methods", American Concrete Institute, p. 25, USA.
- Akman M.S., 1992. "Deniz yapılarında beton teknolojisi", İTÜ, Gemi İnşaatı ve Deniz Bilimleri Fakültesi, Offset Matbaası, İstanbul. s. 74-105.
- Akman, M.S., 1987. "Yapı Malzemeleri". İTÜ İnşaat Fakültesi yayını, 161s, İstanbul
- Akman, M.S., 1996. "Kimyasal Katkıların Betona Uygulanması", 4. Ulusal Beton Kongresi. (TMMOB İnşaat Mühendisleri Odası), 1-11, Maya Basın Yayın, İstanbul.
- Akman, M.S., Yücel, K.T., 1996. "Effects of Cement – High Range Water Reducer – Fly Ash Ternary System on Concrete Workability". 4th International Conference on Concrete Technology for Developing Countries, Gazimagusa.
- ASTM C 125, 1994. "Standard Terminology Relating to Concrete and Concrete Aggregates". Annual Book of ASTM Standards, p. 6, USA.
- ASTM C 219, 1993. "Standard Terminology Relating to Hydraulic Cement". Annual Book of ASTM Standards, p. 5, USA.
- ASTM C 29, 1997. "Standard Test Method for Bulk Density (Unit Weight) and Voids in Aggregate", Annual Book of ASTM Standards, p. 4, USA.
- ASTM C 618, 2000. "Standard Specification for Coal Fly Ash and Raw or Calcined Natural Pozzolan for Use in Concrete", Annual Book of ASTM Standards, p. 4, USA.
- ASTM C127, 2001. "Standard Test Method for Density, Relative Density (Specific Gravity), and Absorption of Coarse Aggregate", Annual Book of ASTM Standards, p. 5, USA.
- ASTM C128, 1997. "Standard Test Method for Density, Relative Density (Specific Gravity), and Absorption of Fine Aggregate", Annual Book of ASTM Standards, p. 5, USA.
- ASTM C33, 2002. "Standard Specification for Concrete Aggregates", Annual Book of ASTM Standards, p. 8, USA.
- Bakis, C. E., Uppuluri, V. S., Nanni, A., Boothby, T. E., 1998. "Analysis of Bonding Mechanisms of Smooth and Lugged FRP Rods Embedded in Concrete", Composites Science and Technology, 58, 1307-1319
- Berktaş, İ., 2003. "Betonarme-I", TMMOB, İnşaat Müh. Odası, İstanbul Şubesi.
- Confibrecrete, 2000. "Round Robin Tests Technical Specifications on Pullout and Splitting Tests", Department of Civil and Structural engineering University of

Sheffield, EU TMR network, ERBFMRX-CT97-0135, p.9, United Kingdom,
<http://www.shef.ac.uk/~tmrnet/rrt>

- Dadone, P., 2001. "Design Optimization of Fuzzy Logic Systems", Virginia Polytechnic Institute and State University, Electrical Engineering, Doctoral Thesis.
- Daniel, J.I., 1998. "Glass Fiber Reinforced Concrete". Fiber Reinforced Concrete. (Portland Cement Association), 11-20, Illinois.
- Daniel, J.I., Roller, J.J., Anderson, E.D., 1998. "Polymeric Fiber Reinforced Concrete". Fiber Reinforced Concrete. (Portland Cement Association), 22-33, Illinois.
- Ekinci, C.E., Yeğınobalı, A., 1996. S"ilis Dumanı Katkılı Betonların Çarpma Dayanımı". 4. Ulusal Beton Kongresi. (TMMOB İnşaat Mühendisleri Odası), 25-33, Maya Basın Yayın, İstanbul.
- Ekincioglu, Ö., 2002. "Karma Lif İçeren Çimento Esaslı Kompozitlerin Mekanik Davranışlarının İncelenmesi". Sika Teknik Bülten, Yıl:5, Sayı:2002/3, 10-17.
- Elmas, Ç., 2003. "Bulanık Mantık Denetleyiciler", Seçkin yayınevi, ISBN 975 347 613 2, Ankara.
- Erdoğan, T.Y., 1997. "Admixures for Concrete, Middle East Technical University," 188 s., Ankara.
- Erdoğan, Ş., Kurbetci, Ş., 2003. "Farklı Firma Ürünü Su İndirgeyici Katkı Maddelerinin Normal Dayanımlı Beton Üretiminde Etkin Kullanımı". Çimento ve Beton Dünyası, Yıl:7, Sayı:42, 40-47, Türkiye Çimento Müstahsilleri Birliği, Ankara.
- Lau, K. T., Dutta, P. K., Zhou, L. M., Hui, D., 2001. "Mechanics of Bonds in an FRP Bonded Concrete Beam", Composites Part B: Engineering, 32, 491-502.
- Liang, W., Cheng, J., Hu, Y., Luo, H., 2002." Improved Properties of GRC Compozites Using Commercial E-glass Fibers with New Coatings". Materials Research Bulletin, 37 (2002), 641-646.
- Lorenzis, L. D., Rizzo, A., Tegola, A. L., 2002. "A modified pull-out test for bond of near-surface mounted FRP rods in concrete", Composites Part B: Engineering, 33, 589-603.
- Özkul H., Taşdemir M.A., Tokyay M., Uyan M., 1999. "Her Yönüyle Beton". THBB yayını, İstanbul
- Ramachandran V.S., 1995. "Concrete Admixtures Handbook (Properties, Science and Technology)", Second Edition, Institute for Research in Construction National Research Council Canada Ottawa, Ontario, Canada.

- Ravina, D., 1981. "Efficient Utilization Coarse and Fire Fly Ash in Precast Concrete by Incorporating Thermal Curing". ACI Journal, Proceedings, V.77, No:3, 194-200.
- Şen, Z., 2004. "Bulanık Mantık ve Modelleme İlkeleri", İTÜ, Uçak ve Uzay Bilimleri Fakültesi, Su Vakfı Yayınları, İstanbul.
- Şencan, A., 2007. Modeling of Thermodynamic Properties of Refrigerant/Absorbent Couples Using Data Mining Process. Energy Conversion and Management, 48(2), 470-480.
- Taşdemir, M.A., Bayramov, F., Yerlikaya, M., 2003. "Geleneksel ve Yüksek Performanslı Çelik Donatılı Betonlar". Türkiye Mühendislik Haberleri, Yıl:48/2003-4, Sayı:426, 76-84.
- Terzi, Ö., Küçüksille, E.U., Keskin, M.E., 2005. Modeling of Daily Pan Evaporation Using Data Mining. International Symposium on Innovations in Intelligent Systems and Applications, 182-185, İstanbul.
- TS 500, 2000. "Betonarme hesap ve Yapım Kuralları". Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- TS 639, 1975. "Uçucu Küller-Çimentoda Kullanılan", Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- TS 708, 1996. "Beton Çelik Çubukları", Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- TS EN 12350-2, 2002. Beton- Taze Beton Deneyleri- Bölüm 2: Çökme (Slamp) Deneyi. Türk Standartları Enstitüsü, 5 s., Ankara.
- TS EN 197-1, 2002. "Çimento – Bölüm 1: Genel Çimentolar – Bileşim, Özellikler ve Uygunluk Kriterleri". Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- TS EN 450, 2002. "Uçucu kül-Betonda kullanılan-Tarifler, Özellikler ve Kalite Kontrol". Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- TS EN 934-2, 2002. "Kimyasal Katkılar- Beton, Harç ve Şerbet İçin- Bölüm 2: Beton Katkıları- Tarifler ve Özellikler, Uygunluk, İşaretleme ve Etiketleme", Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- Türk K., 2002. "Bileşik Eğilmeye Maruz Betonarme Elemanlarda Donatı Aderansının Beton Özelliklerine Bağlı Olarak İncelenmesi". Fırat Üniv., Fen Bilimleri Ens., İnşaat Müh. A.B.D., Doktora Tezi, Elazığ.
- Türker, P., Erdoğan, B., 2003. "Türkiye'deki Uçucu Küllerin Sınıflandırılması ve Özellikleri". TÇMB, Ankara.
- Uchikawa, H., Hanehara, S., Sawaki, D., 1997. "The Role of Steric Repulsive Force in the Dispersion of Cement Particles in Fresh Paste Prepared with Organic Admixture". Cement and Concrete Research, 27, 37-50.

- Uyan, M., Yıldırım, H., Süvari, Y., 1996. “Akışkanlaştırıcı Katkıların Etkinliği”. 4. Ulusal Beton Kongresi. (TMMOB İnşaat Mühendisleri Odası), 13-23, Maya Basın Yayın, İstanbul.
- Uygunoğlu T., Ünal O., 2005, “Seyitömer Uçucu Külünün Betonun Basınç Dayanımına Etkisi Üzerine Bulanık Mantık Yaklaşımı”, Yapı Teknolojileri Elektronik Dergisi (YTED), (1) 13-20.
- Uygunoğlu T., Ünal O., Yücel K.T., 2005, “Uçucu Külün Betonun Basınç Dayanımına Etkisi Üzerine Bulanık Mantık Yaklaşımı”, 4. Uluslararası İleri Teknolojiler Sempozyumu, 28-30 Eylül, Konya.
- Ünal O., Uygunoğlu T., Elmacı Ö., 2005, “Lif Katkılı Betonun Elastisite Modülü Üzerine Kür Ortamının Etkisi”. 6. Ulusal Beton Kongresi (Yüksek Performanslı Betonlar), 15-17, İstanbul.
- Ünal Y., 1998, “Aderansın Betonun Agrega Tane Çapı ve Dayanımına Bağlı Olarak Değişimi Üzerine Bir Araştırma”. Fırat Üniversitesi, Fen Bil. Ens., İnşaat Mühendisliği A.B.D., Yük.Lis. Tezi, Elazığ.
- Ünal, B., Köksal, F., Eyyubov, C., 2003. “Polipropilen ve Çelik Liflerin Yol Kaplama Betonlarının Mekanik ve Dürabilite Özelliklerine Etkisi”. Türkiye İnşaat Mühendisliği On Yedinci Teknik Kongre ve Sergisi, İstanbul.
- Yan, A., Wu, K., Zhan, X., 2002, “A Quantitative Study on the Surface Crack Pattern of Concrete With High Content Steel Fiber”. Cement and Concrete Research 32, 1371–1375
- Yerlici V., Ersoy U., Özturan T., Türk M., Özden Ş., 1995. “Yüksek Dayanımlı Beton Elemanlarda Donatı Kenetlenmesi”, İMO Teknik Dergi, Cilt 6, Sayı 3.
- Zadeh, L.A., 1965. “Fuzzy Sets,” Information and Control, 8, 338-352.
- Zhang, J., Stang, H., Victor, C. Li, 2001. “Crack Bridging Model for Fibre Reinforced Concrete Under Fatigue Tension”, International Journal of Fatigue, 23, 655–670.

ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : Arif İlyas Somer

Doğum Yeri ve Yılı : Isparta, 1981

Medeni Hali : Bekar

Yabancı Dili : İngilizce

E-posta : arifsomer@gmail.com



Eğitim Durumu

Lise : Isparta Süleyman Demirel Fen Lisesi, 1999

Lisans : SDÜ, İnşaat Mühendisliği, 2006

Mesleki Deneyim

SDÜ İnşaat Mühendisliği 2002-2006

İnşaat Taahhüt İşleri 2006-..... (halen)