

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

**ENDÜSTRİYEL ATIKLARIN HAFİF BETON
ÖZELLİKLERİNE ETKİLERİNİN BULANIK MANTIK
YÖNTEMİYLE MODELLENMESİ**

Ahmet BEYÇİOĞLU

Danışman: Doç. Dr. Celalettin BAŞYİĞİT

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
YAPI EĞİTİMİ ANABİLİM DALI
ISPARTA – 2008**

İÇİNDEKİLER

Sayfa

İÇİNDEKİLER.....	i
ÖZET	iv
ABSTRACT.....	v
TEŞEKKÜR.....	vi
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ.....	vii
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	viii
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	xii
1. GİRİŞ.....	1
1. 1. Hafif Agregalar.....	3
1.1.1. Doğal Hafif Bir Agrega Olarak Pomza: Tanımı, Oluşumu Özellikleri ve Çeşitleri.....	4
1.2. Hafif Betonlar: Tanımı, Sınıflandırılması ve Üstünlükleri.....	5
1.3. Uçucu Küller.....	6
1.3.1. Uçucu Küllerin Beton Özelliklerine Etkileri.....	8
1.3.1.1. Beton Karışımının Su İhtiyacı.....	8
1.3.1.2. İşlenebilme.....	9
1.3.1.3. Priz Süresi.....	9
1.3.1.4. Hidratasyon Isısı.....	9
1.3.1.5. Dayanım.....	10
1.3.1.6. Dayanıklılık.....	10
1.3.1.7. Ekonomiklik.....	11
1.4. Silis Dumanı.....	11
1.4.1. Silis Dumanının Beton Özelliklerine Etkileri.....	12
1.4.1.1 Su İhtiyacı.....	12
1.4.1.2. İşlenebilirlik.....	13
1.4.1.3. Priz Süresi.....	13
1.4.1.4. Hidratasyon Isısı.....	13
1.4.1.5. Dayanım.....	13
1.4.1.6. Dayanıklılık.....	14

2. KAYNAK ÖZETLERİ.....	15
3. MATERYAL VE YÖNTEM.....	23
3.1. Araştırma Materyali.....	23
3.1.1. Agrega.....	23
3.1.2. Çimento.....	23
3.1.3. Su.....	24
3.1.4. Uçucu Kül.....	24
3.1.5. Silis Dumanı	24
3.1.6. Süper Akışkanlaştırıcı.....	25
3.2. Araştırma Yöntemi.....	26
3.2.1. Agregada Fiziksel Özelliklerin Tayini.....	26
3.2.2. Taze beton deneyleri.....	26
3.2.3. Sertleşmiş Beton Deneyleri.....	27
3.2.3.1. Basınç dayanımı.....	27
3.2.3.3. Betonda Ultrases Hızı İle Ölçüm.....	28
3.3. Dökülen Beton Serileri ve Karışım Oranları.....	30
4. BULANIK MANTIK.....	32
4.1. Bulanık Kümeler ve Üyelik Dereceleri.....	32
4.2. Üyelik Fonksiyonları.....	35
4.3. Bulanıklaştırma.....	37
4.4. Bulanık Kurallar.....	37
4.5. Durulaştırma.....	38
4.5.1. En Büyük Üyelik İlkesi.....	38
4.5.2. Ağırlık Merkezi (Centroid) Yöntemi.....	39
4.5.3. Ağırlıklı Ortalama Yöntemi.....	39
4.5.4. Ortalama En Büyük Üyelik.....	40
4.5.5. Toplamların Merkezi.....	40
4.5.6. En Büyük Alanın Merkezi.....	41
4.5.7. En Büyük İlk Veya Son Üyelik Derecesi.....	41
4.6. Durulaştırmada Kuralların Harmanlanmasında Kullanılan “VE” Operatörünün Çalışma Prensibi.....	41

5. DENEYSEL BULGULAR.....	43
5.1. Agrega Deneylerine İlişkin Bulgular.....	43
5.2. Taze Beton Deneylerine İlişkin Bulgular.....	45
5.2.1. Taze Betonun Birim Ağırlığı.....	45
5.2.2. Taze Betonda İşlenebilirlik.....	46
5.3. Sertleşmiş Beton Deneylerine İlişkin Bulgular.....	51
5.3.1. Sertleşmiş Betonun Birim Ağırlığı.....	51
5.3.2. Tek Eksenli Basınç Dayanımı Sonuçları ve Analizi.....	53
5.3.3. Yüzey Sertliği ve Ultrases Deney Sonuçları.....	73
6. OLUŞTURULAN BULANIK MANTIK MODELİ VE BULGULAR.....	76
6.1. Bulanık Model Girdi Parametreleri ve Üyelik Fonksiyonları.....	76
6.2. Bulanık Kural Tabanının Oluşturulması.....	81
6.4. Bulanık Modelin Durulaştırma İşlemi ve Bulgular.....	89
7. SONUÇLAR	95
8.KAYNAKLAR.....	101
ÖZGEÇMİŞ.....	109

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

ENDÜSTRİYEL ATIKLARIN HAFİF BETON ÖZELLİKLERİNE ETKİLERİNİN BULANIK MANTIK YÖNTEMİYLE MODELLENMESİ

Ahmet BEYÇİOĞLU

Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü
Yapı Eğitimi Anabilim Dalı

Günümüzde endüstriyel yönden büyük gelişmeler kaydedilmektedir. Endüstriyel gelişime paralel olarak meydana gelen endüstriyel atıkların azaltılması, mevcut atıkların potansiyel bir hammadde kaynağı olarak değerlendirilmesi, kullanılmış hammaddelerin yeniden kullanılması gibi atık yönetimi konuları giderek önem kazanmaya başlamıştır. İnşaat endüstrisinde de, ekonomik ve çevresel etkenlerden dolayı, geleneksel malzeme yerine atık malzemelerin kısmen ya da tamamen kullanımı artış göstermektedir. İnşaat sektörünün en önemli malzemelerinden birisi ise betondur. Endüstriyel atık yönetimi konusu beton teknolojisi açısından değerlendirilecek olursa ilk akla gelecek konulardan birisi de puzolanik katkılar olacaktır. Beton teknolojisinde kullanılan puzolanik malzemelerin başında uçucu kül ve silis dumanı gelmektedir.

Bilimsel ve teknolojik yönden çok önemli gelişmelerin kaydedilmesi beton teknolojisi araştırmacılarını da yeni açılımlara yönlendirmiştir. Bilimsel gelişmelerin başında ise yapay zekâ teknolojileri gelmektedir. Yapay zeka yöntemleri birçok alanda kullanılmaya başlamış ve önemli başarılar elde edilmiştir.

Bu tez çalışması kapsamında, pomza agregası ile üretilen ve su/bağlayıcı oranı sabit tutulan (0.50) hafif betonlarda % 0-% 5-% 10-% 15 ve % 20 oranında uçucu kül ve uçucu külün her bir ikame miktarında % 0-% 5-% 10-% 15 ve % 20 oranında silis dumanının birbiri ile oluşturabileceği bütün eşleşmeler çimentoya ikame edilmiş ve 25 farklı seri beton üretilmiştir. Elde edilen deneysel sonuçlarla betonların fiziksel ve mekanik özellikleri değerlendirilmiş ve ayrıca betonların basınç dayanımlarının tahmini için bir bulanık mantık modeli geliştirilmiştir. Geliştirilen bulanık mantık modelinin tahmin yeteneği bütün beton serileri için deneysel sonuçlarla karşılaştırılmış ve deney sonuçları ile uyum içerisinde olduğu görülmüştür.

Anahtar Kelimeler: Hafif Beton, Pomza, Endüstriyel Atık, Bulanık Mantık

2008, 108 sayfa

ABSTRACT

M.Sc. Thesis

MODELLING THE EFFECTS OF INDUSTRIAL WASTES ON PROPERTIES OF LIGHTWEIGHT CONCRETE BY FUZZY LOGIC METHOD

Ahmet BEYÇİOĞLU

**Süleyman Demirel University Graduate School Of Applied And Natural Science
Construction Education Department**

Nowadays, there has been development in the industrial fields. Thus with development, industrial waste management policy such as recycle of wastes, using waste as new raw materials etc. becomes very important. In the civil engineering field, the use of waste materials partially or totally, instead of conventional materials has increased due to the economical and environmental reason. In this field concrete is one of the most important material. In the industrial waste management policy, pozzolanic additive is the one of the first materials in the terms of concrete technology. Fly ash and silica fume are the main pozzolanic materials used in concrete technology.

With the development of science and technology direct researchers to new ideas in concrete technology. Thus fuzzy logic method becomes important method to be used in different fields.

In this study 25 different types concrete has been produced. Pumice used as an aggregate with constant w/c ratio of 0.5 and % 0, % 5 % 10, % 15, % 20 fly ash and each fly ash ratio has % 0, % 5 % 10, % 15, % 20 silica fume was added replace of cement. The physical and mechanical properties of concrete has been investigated. With these experimental results a fuzzy logic model has been developed to estimate compressive strength of concretes. The predicted results from the model has been found in good agreement with the experimental results.

Key Words: Lightweight Concrete, Pumice, Industrial Waste, Fuzzy Logic.

2008, 108 pages

TEŞEKKÜR

Hazırlamış olduğum bu tez çalışmasında her zaman ilgi ve teşvikleri ile beni yönlendiren danışman hocam Doç. Dr. Celalettin BAŞYİĞİT'e sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Deneysel çalışmalar süresince, laboratuvar imkanlarının kullanımı konusunda desteğini esirgemeyen Süleyman Demirel Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi Dekanı ve Bölüm Başkanımız Prof. Dr. Mümin FİLİZ'e, deneysel çalışmaların gerçekleşmesinde benden ilgi ve desteğini esirgemeyen Yrd. Doç. Dr. Şemsettin KILINÇARSLAN'a, bulanık mantık konusunda her zaman yardımını gördüğüm Doç. Dr. Serdal TERZİ'ye ve İstatistik analiz konusunda desteğini aldığım Düzce Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi Yapı Eğitimi Bölümü öğretim üyeleri Yrd. Doç. Dr. Ercan ÖZGAN ve Yrd. Doç. Dr. Serkan SUBAŞI'ya teşekkürlerimi sunarım.

1532-YL-07 No'lu Proje ile tezimi maddi olarak destekleyen Süleyman Demirel Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Yönetim Birimi Başkanlığı'na şükranlarımı sunarım.

Ayrıca bugünlerimi borçlu olduğum sevgili Anneme ve manevi desteğini hiçbir zaman esirgemeyerek her zaman yanımda olan değerli eşime teşekkürlerimi sunarım.

Ahmet BEYÇİOĞLU

Isparta, 2008

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

A_C	Deney Yüğü Uygulama Yönüne Dik Deney Numunesi Kesit Alanı
F_C	Beton Deney Numunesi Kesit Alanı
TS	Türk Standartları
ASTM C	Amerikan Standardı
UK	Uçucu Kül
SD	Silis Dumanı
DBYYHY	Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik

ŞEKİLLER DİZİNİ

Sayfa

Şekil 3.1. Denede kullanılan çökme hunisi ve çökme hunisinin şematik görünümü.....	26
Şekil 3.2. Kür havuzunda bekletilen beton örnekleri ve tek eksenli basınç aleti.....	27
Şekil 3.3. Beton deneylerini yapmak üzere kür tankından çıkarılan bazı beton örnekleri	28
Şekil 3.4. Kullanılan ultrasonik test cihazı ve uygulama şekli	29
Şekil 4.1. Klasik sistem.....	33
Şekil 4.2. Bulanık mantığın temel elemanları.....	33
Şekil 4.3. Klasik mantık	36
Şekil 4.4. Bulanık mantık.....	36
Şekil 4.5. En büyük üyelik ilkesi durulaştırması.....	38
Şekil 4.6. Centroid yöntemi durulaştırması.....	39
Şekil 4.7. Ağırlıklı ortalama yöntemi durulaştırması	39
Şekil 4.8. Ortalama en büyük üyelik durulaştırması	40
Şekil 4.9. En büyük alanın merkezi durulaştırması.....	41
Şekil 4.10. VE bağlacı ile bağlanan kuralın kullanıldığı örnek	42
Şekil 5.1. Granülometri eğrisi.....	44
Şekil 5.2. Bütün beton serilerine ait birim ağırlık değerleri.....	45
Şekil 5.3. UK kullanılmayan betonlarda SD ikame miktarına bağlı çökme değeri değışimi	46
Şekil 5.4. UK % 5 ikame edilmiş betonlarda SD ikame miktarına bağlı çökme değeri değışimi	46
Şekil 5.5. UK % 10 ikame edilmiş betonlarda SD ikame miktarına bağlı çökme değeri değışimi	47
Şekil 5.6. UK % 15 ikame edilmiş betonlarda SD ikame miktarına bağlı çökme değeri değışimi	47
Şekil 5.7. UK % 20 ikame edilmiş betonlarda SD ikame miktarına bağlı çökme değeri değışimi	48
Şekil 5.8. SD kullanılmayan betonlarda UK ikame miktarına bağlı çökme değeri değışimi	49

Şekil 5.9. SD % 5 ikame edilmiş betonlarda UK ikame miktarına bağlı çökme değeri değişimi.	49
Şekil 5.10. SD % 10 ikame edilmiş betonlarda UK ikame miktarına bağlı çökme değeri değişimi.	50
Şekil 5.11. SD % 15 ikame edilmiş betonlarda UK ikame miktarına bağlı çökme değeri değişimi.	50
Şekil 5.12. SD % 20 ikame edilmiş betonlarda UK ikame miktarına bağlı çökme değeri değişimi.	51
Şekil 5.13. Sertleşmiş beton birim ağırlık değerleri.	52
Şekil 5.14. UK %0 iken SD ikame miktarına bağlı ortalama basınç dayanımı değerleri.	53
Şekil 5.15. UK % 5 iken SD ikame miktarına bağlı ortalama basınç dayanımı değerleri.	55
Şekil 5.16. UK % 10 iken SD ikame miktarına bağlı ortalama basınç dayanımı değerleri.	57
Şekil 5.17. UK % 15 iken SD ikame miktarına bağlı ortalama basınç dayanımı değerleri.	59
Şekil 5.18. UK % 20 iken SD ikame miktarına bağlı ortalama basınç dayanımı değerleri.	61
Şekil 5.19. SD %0 iken UK ikame miktarına bağlı ortalama basınç dayanımı değerleri.	63
Şekil 5.20. SD % 5 iken UK ikame miktarına bağlı ortalama basınç dayanımı değerleri.	65
Şekil 5.21. SD % 10 iken UK ikame miktarına bağlı ortalama basınç dayanımı değerleri.	67
Şekil 5.22. SD % 15 iken UK ikame miktarına bağlı ortalama basınç dayanımı değerleri.	69
Şekil 5.23. SD % 20 iken UK ikame miktarına bağlı ortalama basınç dayanımı değerleri.	71
Şekil 5.24. Beton serilerine ait yüzey sertlik değerleri.	74
Şekil 5.25. Beton serilerine ait ultrases geçiş hızı değerleri.	75

Şekil 6.1. Bulanık mantık genel görünüm.....	77
Şekil 6.2. Uçucu kül girdisine ait üyelik fonksiyonlarının genel görünümü	78
Şekil 6.3. Silis dumanı girdisine ait üyelik fonksiyonlarının genel görünümü	78
Şekil 6.4. Çimento girdisine ait üyelik fonksiyonlarının genel görünümü	79
Şekil 6.5. Basınç dayanımı çıktısına ait üyelik fonksiyonlarının genel görünümü..	80
Şekil 6.6. Kuralların oluşturulduğu pencere	81
Şekil 6.7. Modelde kurallara göre oluşan, silis dumanı ve uçucu kül girdilerinin basınç dayanımına etkisi	87
Şekil 6.8. Modelde kurallara göre oluşan, çimento ve uçucu kül girdilerinin basınç dayanımına etkisi	88
Şekil 6.9. Modelde kurallara göre oluşan, silis dumanı ve çimento girdilerinin basınç dayanımına etkisi	88
Şekil 6.10. Modele ait durulaştırma ekranı	89
Şekil 6.11. UK % 0 ve silis dumanı değişken olan seride model sonuçları ile deney sonuçları arasındaki ilişki	90
Şekil 6.12. . UK % 0 ve silis dumanı değişken olan seride model sonuçları ile deney sonuçları arasındaki eşleşme durumu	90
Şekil 6.13. UK % 5 ve silis dumanı değişken olan seride model sonuçları ile deney sonuçları arasındaki ilişki	91
Şekil 6.14. .UK % 5 ve silis dumanı değişken olan seride model sonuçları ile deney sonuçları arasındaki eşleşme durumu	91
Şekil 6.15. UK % 10 ve silis dumanı değişken olan seride model sonuçları ile deney sonuçları arasındaki ilişki	92
Şekil 6.16. .UK % 10 ve silis dumanı değişken olan seride model sonuçları ile deney sonuçları arasındaki eşleşme durumu	92
Şekil 6.17. UK % 15 ve silis dumanı değişken olan seride model sonuçları ile deney sonuçları arasındaki ilişki	93
Şekil 6.18. .UK % 15 ve silis dumanı değişken olan seride model sonuçları ile deney sonuçları arasındaki eşleşme durumu	93
Şekil 6.19. UK % 20 ve silis dumanı değişken olan seride model sonuçları ile deney sonuçları arasındaki ilişki	94

Şekil 6.20. .UK % 20 ve silis dumanı değişken olan seride model sonuçları ile deney sonuçları arasındaki eşleşme durumu	94
--	----

ÇİZELGELER DİZİNİ

	Sayfa
Çizelge 3.1. Çimentonun kimyasal özellikleri	23
Çizelge 3.2. Çimentonun mekanik ve fiziksel özellikleri.....	24
Çizelge 3.3. Uçucu külün kimyasal kompozisyonu.....	24
Çizelge 3.4. Silis dumanının kimyasal kompozisyonu.....	24
Çizelge 3.5. Beton serilerinin kodlanmış isimleri ve ikame içerikleri.....	30
Çizelge 3.6. 1m ³ beton bileşimindeki malzeme miktarları.....	31
Çizelge 5.1. Elek analizine ilişkin sonuçlar (0 mm-19,1 mm).....	43
Çizelge 5.2. Agregaların fiziksel özellikleri.....	44
Çizelge 5.3. Bütün beton serilerine ait birim ağırlık değerleri.....	45
Çizelge 5.4. Sertleşmiş beton birim ağırlık değerleri.....	51
Çizelge 5.5. UK %0 iken SD ikame miktarına bağlı basınç dayanımı değerleri için tanımlayıcı istatistikler.....	53
Çizelge 5.6. Basınç dayanımı değerleri için varyans analizi sonuçları.....	54
Çizelge 5.7. Scheffe çoklu karşılaştırma testi.....	54
Çizelge 5.8. UK %5 iken SD ikame miktarına bağlı basınç dayanımı değerleri için tanımlayıcı istatistikler.....	55
Çizelge 5.9. %5 UK durumunda basınç dayanımı değerleri için varyans analizi sonuçları.....	56
Çizelge 5.10. Scheffe çoklu karşılaştırma testi sonuçları.....	56
Çizelge 5.11. UK %10 iken SD ikame miktarına bağlı basınç dayanımı değerleri için tanımlayıcı istatistikler.....	57
Çizelge 5.12. % 10 UK durumunda basınç dayanımı değerleri için varyans analizi sonuçları.....	58
Çizelge 5.13. Scheffe çoklu karşılaştırma testi sonuçları.....	58
Çizelge 5.14. UK %15 iken SD ikame miktarına bağlı basınç dayanımı değerleri için tanımlayıcı istatistikler.....	59
Çizelge 5.15. % 15 UK durumunda Basınç dayanımı değerleri için varyans analizi sonuçları.....	60
Çizelge 5.16. Scheffe çoklu karşılaştırma testi sonuçları.....	60
Çizelge 5.17. UK %20 iken SD ikame miktarına bağlı basınç dayanımı	

değerleri için tanımlayıcı istatistikler.....	61
Çizelge 5.18. % 20 UK durumunda basınç dayanımı değerleri için varyans analizi sonuçları.....	62
Çizelge 5.19. Scheffe çoklu karşılaştırma testi sonuçları.....	62
Çizelge 5.20. SD %0 iken UK ikame miktarına bağlı basınç dayanımı değerleri için tanımlayıcı istatistikler.....	63
Çizelge 5.21. % 0 SD durumunda basınç dayanımı değerleri için varyans analizi sonuçları.....	64
Çizelge 5.22 Scheffe çoklu karşılaştırma testi sonuçları.....	64
Çizelge 5.23. SD % 5 iken UK ikame miktarına bağlı basınç dayanımı değerleri için tanımlayıcı istatistikler.....	65
Çizelge 5.24. % 5 SD durumunda basınç dayanımı değerleri için varyans analizi sonuçları.....	66
Çizelge 5.25. Scheffe çoklu karşılaştırma testi sonuçları.....	66
Çizelge 5.26. SD % 10 iken UK ikame miktarına bağlı basınç dayanımı değerleri için tanımlayıcı istatistikler.....	67
Çizelge 5.27. % 10 SD durumunda basınç dayanımı değerleri için varyans analizi sonuçları.....	68
Çizelge 5.28. Scheffe çoklu karşılaştırma testi sonuçları.....	68
Çizelge 5.29. SD % 15 iken UK ikame miktarına bağlı basınç dayanımı değerleri için tanımlayıcı istatistikler.....	69
Çizelge 5.30. % 15 SD durumunda Basınç dayanımı değerleri için varyans analizi sonuçları.....	70
Çizelge 5.31. Scheffe çoklu karşılaştırma testi sonuçları.....	70
Çizelge 5.32. SD % 20 iken UK ikame miktarına bağlı basınç dayanımı değerleri için tanımlayıcı istatistikler.....	71
Çizelge 5.33. % 20 SD durumunda basınç dayanımı değerleri için varyans analizi sonuçları.....	72
Çizelge 5.34.. Scheffe çoklu karşılaştırma testi sonuçları.....	72
Çizelge 6.1. Bulanık model girdi parametreleri ve üyelik fonksiyonları.....	76
Çizelge 6.2. Bulanık kuralların tamamı.....	82

1. GİRİŞ

İnşaat sektörü ve yapı teknolojileri arasında taşıyıcı eleman olarak en çok kullanılan malzeme betondur. Beton; bileşenleri olan çimento, agrega, su ve gerektiğinde katkı maddelerinin belirli oranlarda karışımlarından meydana gelmektedir. Kullanış amacına göre çok çeşitli tiplerde beton elde etmek mümkündür. Betonu oluşturan ham maddeler doğada bol miktarda bulunmaktadır. Ucuz sağlanması ve kolay şekil verilmesinin yanı sıra dış etkenlere karşı dayanıklı olması bakımından beton yaygın kullanılan yapı malzemesi olmuştur (Baradan, 1997).

Teknolojinin ilerlemesiyle birlikte beton endüstrisinde de ilerlemeler olmuş ve beton üretimindeki bu yenilikler beton teknolojisine özel betonlar adı ile girmiştir. Özel betonlar, kullanım yerlerine göre farklı beklentileri karşılamak amacıyla üretilen betonlardır. Ağır beton, taşıyıcı hafif beton, yüksek akıcılığa sahip beton, yalıtım özellikli beton bu farklı özelliklerden bazılarıdır. Betona bu farklı özellikleri kazandırmak elbetteki betonun geleneksel bileşenlerinin haricinde farklı nitelikteki yapı malzemelerini karışıma ilave etmekle olmaktadır(Yazıcıoğlu ve Bozkurt, 2006).

Özel beton çeşitlerinden bir tanesi de hafif betonlardır. Ağırlığı az, yalıtımı yüksek, dayanımı yeterli ve yanmaz bir madde olan hafif beton geleceğin mimarlığı açısından büyük önem taşıyan bir malzemedir. Normal betondan ayrıcalığı, hafifliği ve ısı yalıtımı sağlayan boşlukları bulunmasıdır. Boşluklar, boşluklu agrega kullanılarak (bims veya pomza taşı, genişmiş kil,cüruf, perlit v.b) veya boşluklu iç yapı oluşturularak yada ince harç içinde gaz kabarcıkları oluşturmak yolu ile sağlanmaktadır (Topçu, 2006).

Ülkeler endüstriyel yönden hızlı ve büyük bir gelişim içerisinde. Bu büyük gelişim insanlık açısından olağanüstü bir öneme sahiptir. Endüstriyel gelişimin yararlarının yanı sıra bir takım olumsuz getirileri de göz ardı edilemez bir gerçektir. Endüstriyel gelişimin insanlık ve çevre için olumsuz getirilerinin başında atık maddeler bulunmaktadır (Beycioğlu vd., 2008).

Günümüzde insan nüfusunun hızla artması ve mevcut kaynakların tükenmeye başlamasıyla, meydana gelen atıkların azaltılması, mevcut atıkların potansiyel bir

hammadde kaynağı olarak değerlendirilmesi, kullanılmış hammaddelerin yeniden kullanılması gibi atık yönetimi konuları giderek önem kazanmaya başlamıştır (Akbulut ve Gürer, 2006). Doğal kaynakların daha az tüketilmesi, çevre kirliliğinin daha aza indirgenmesi ve enerji maliyetlerinin azaltılması amacıyla endüstriyel atık kullanımı gün geçtikçe daha fazla ilgi çeken bir konu olmaktadır. (Çelik, 2004). Atıklar çevre sorununun yanı sıra birçok durumda depolanma zorunluluğundan dolayı ilave maliyet getirmektedir. Bu nedenle, birçok atık içeriğine bakılmaksızın ortadan kaldırılmaya çalışılmaktadır. Ancak, atık malzemelerin de bir değeri vardır ve atıklar katma değeri yüksek ürünlerin eldesinde kullanılabilir (Kaya ve Turan, 2004).

Günümüzde çeşitli endüstriyel atıklar betonda puzolanik malzeme olarak kullanılmaktadır. Puzolanlar tek başına bağlayıcılık özelliği olmayan ancak ince öğütülüp normal sıcaklıkta ve nemli ortamlarda kalsiyum hidroksitle kimyasal reaksiyona girerek bağlayıcılık özelliği gösteren malzeme olarak tanımlanırlar. Puzolanlar betonlarda mineral katkı olarak kullanılmaktadır. Mineral katkılar betonun dayanımını arttırarak durabilitesini (dayanıklılık) ve akıcılığını geliştirmek için kullanılmaktadır. Beton veya çimento içerisine puzolanik malzeme eklenmesinin hidrasyon ısını düşürmesi, yüksek hedef dayanımı ve düşük permeabilite sağlaması, alkali silika reaksiyonunu ve sülfat etkisini kontrol altına alması gibi birçok yararlar sağladığı bilinmektedir (Subaşı vd., 2008).

Ülkemizde endüstriyel atıklardan uçucu kül, yüksek fırın cürufu, silis dumanı ve diğer doğal puzolanlar, mineral katkı maddesi olarak bilinirler. Harç ve beton üretiminde genellikle ikincil bağlayıcı madde olarak portland çimentosunun ağırlık yüzdesi oranında, çimentonun bir kısmı yerine veya ilave olarak bazen de çimentoya önceden karıştırılarak katkılı çimento şeklinde kullanılmışlardır. Betonda kullanılan mineral katkı maddeleri, portland çimentosuna benzer minerolojik ve kimyasal bileşimler ile fiziksel özelliklere sahip olmalarına rağmen büyük çoğunluğunun kendi başlarına bağlayıcılık yetenekleri yoktur. Bu maddeler puzolanik aktiviteleri nedeniyle hidrasyon ürünlerinin oluşumunda etkinlik göstererek bağlayıcı hamur yapısını değiştirirler. Böylece betonun çeşitli özellikleri iyileştirilirken, puzolanik

aktivitesi yüksek olan mineral katkı maddeleri, boşluk yapısını iyileştirerek daha yoğun bir bağlayıcı hamurun oluşmasını, agrega-hamur ara yüzeyindeki aderansın artmasını sağlamakta ve yüksek mukavemetlere erişilmesi mümkün olabilmektedir (Özcan, 2005).

Yapay zeka teknolojisi 1950' lerde gelişmeye başlamış, 1970' lerden sonra önemi artmış ve 1990 larda bilim haline gelmiştir. Bu teknoloji insan zekâsının çalışma prensiplerini kopyalamak ve onu taklit etmek şeklinde tanımlanabilir. Pek çok bilim dalında uygulama sahası bulmuştur (Tuzcuoğlu, 2003).

Günümüzde üzerinde en çok çalışılan yapay zeka yöntemlerinden biride bulanık mantık yöntemidir. Bulanık mantığın en geçerli olduğu iki durumdan ilki, incelenen olayın çok karmaşık olması ve bununla ilgili yeterli bilginin bulunmaması durumunda kişilerin görüş ve değer yargılarına yer vermesi, ikincisi ise insan muhakemesine, kavrayışlarına ve karar vermesine gereksinim gösteren hallerdir (Şen, 2001).

1. 1. Hafif Agregalar

Özgül ağırlıkları 2400 kg/m^3 ' küçük olan agregalar "hafif agregalar" olarak anılmaktadır. (Sancak, 2005). Hafif agregalar, doğadan doğal olarak veya doğal veya atık malzemelerin çeşitli termal işlemlere tabi tutulması sonucu elde edilirler (Ulus, 2007).

Hafif agregalar; doğal, yapay veya organik kökenli oluşlarına ve kırılma, elenme, yıkanma dışında bir işlem görüp görmediklerine göre sınıflandırılabilirler.

Doğal hafif agregalar: kırma ve eleme işleminden başka işlemden geçirilmeyen, tuf (sedimante, volkanik), bims (pomza, süngertaşı), lav cürufu (skorya v.b.), diatomit (su yosunları sınıfından tek hücreli mikroskopik alglerin fosilleşmiş silisli kavkılarında meydana gelmiş bir çökeldir) gibi doğal oluşumlu agregalardır.

Yapay hafif agregalar: Genellikle ısıtma ve bazı hallerde sinterleşme yolu ile elde edilen hafif hücreli ve granüle inorganik elemanlardan meydana gelen yüksek fırın cürufu, kil, uçucu kül, perlit, obsiden, vermikulit veya arduvaz maddelerden yapılmış agregalardır (Sancak, 2005).

1.1.1. Doğal Hafif Bir Agregada Olarak Pomza: Tanımı, Oluşumu, Özellikleri Ve Çeşitleri

Pomza madeni, dünya endüstrisinde yeni olmamakla beraber, ülkemiz endüstrisine son 20 yılda girmeye başlayan ve değeri yeni anlaşılan volkanik kökenli bir kayadır. Pomza (ponza) terimi İtalyanca bir sözcüktür. Farklı dillerde değişik adlandırmaları vardır. Örneğin Fransızca'da Ponce, İngilizce'de iri tanelisine Pumice, ince tanelisine Pumicite, Almanca'da (iri tanelisine) Bims, (ince tanelisine) Bimstein denilmektedir. Dilimizde ise süngertaşı, köpüktaşı, nasırtası, hışırtaşı, küvek, kisir gibi pek çok adla anılmaktadır. Pomza, boşluklu, süngerimsi, volkanik olaylar neticesinde oluşmuş, fiziksel ve kimyasal etkenlere karşı dayanıklı, gözenekli camsı volkanik bir kayadır. Oluşumu sırasında bünyedeki gazların ani olarak bünyeyi terk etmesi ve ani soğuması nedeniyle, makro ölçekten mikro ölçeğe kadar sayısız gözenek içerir. Gözenekler arası genelde bağlantısız boşluklu olduğundan, permeabilitesi düşük, ısı ve ses yalıtımı oldukça yüksektir. Pomza kendisine özgü bazı özellikleri ile benzer volkanik camsı kayalardan (perlit, obsidyen, peş-tayn) ayrılır. Bunlardan rengi, gözenekliliği ve kristal suyunun olmaması ile pratik olarak ayrılmaktadır. Sertliği mohs skalasına göre 5-6'dır. Kimyasal olarak % 75'e varan silis içeriği bulunabilmektedir. Pomzanın genel kimyasal bileşimi ; % 60-75 SiO₂, % 13-17 Al₂O₃ , % 1-3 Fe₂O₃ , % 1-2 CaO, % 7-8 Na₂O - K₂O ve eser miktarda TiO₂ ve SO₃'den oluşmaktadır. Kayacın içerdiği SiO₂ oranı kayaca abraziflik özelliği kazandırmaktadır. Bu özelliğinden dolayı çeliği rahatlıkla aşındırabilecek bir kimyasal yapı sergileyebilmektedir. Al₂O₃ bileşimi ise ateşe ve ısıya yüksek dayanım özelliği kazandırmaktadır. Na₂O ve K₂O tekstil sanayiinde reaksiyon özellikleri veren mineraller olarak bilinmektedir (DPT, 2001).

Asidik ve bazik volkanik faaliyetler sonucunda iki tür pomza oluşumu mevcuttur: Bunlar asidik pomza ve bazik pomzadır. Diğer bir deyişle bazik pomzaya bazaltik pomza veya scoria da denilmektedir.

Bazaltik pomza koyu renkli, kahverengimsi siyahımsı olabilmektedir. Özgül ağırlığı 1-2 gr/cm³ civarındadır. Yeryüzünde en yaygın olarak bulunan ve kullanılan tür olan asidik pomza ise kirli beyaz, grimsi beyaz renktedir.

Asidik karakterli pomzalarda silis oranı daha yüksek olup inşaat sektöründe yaygın kullanım alanı bulabilmektedir. Asidik pomzanın özgül ağırlığı, bazik pomzaya göre daha az olup 0,5-1 gr/cm³ civarındadır. Diğer taraftan bazik karakterli pomzalarda alüminyum, demir, kalsiyum ve magnezyum bileşenleri daha yüksek oranda olması nedeniyle gübre sanayiinde kek maddesi olarak, tarımda toprak ıslahı amacıyla vs. kullanım alanı bulabilmektedir (Ceylan, 2005).

1.2. Hafif Betonlar: Tanımı, Sınıflandırılması ve Üstünlükleri

Birim ağırlıkları normal betonlardan belirgin şekilde düşük olan betonlara hafif beton denilmektedir. Genel olarak birim ağırlığı 1800 kg/m³'ten küçük olan betonlar hafif beton sınıfına girerler. Hafif betonlar birim ağırlıklarına, mukavemetlerine ve kullanım amacına göre gruplandırılabilirler (Sancak, 2005).

Hafif betonlar birim ağırlıkları ve basınç dayanımlarına göre şu şekilde sıralanırlar.

1. Yalıtım betonu: Birim ağırlığı 0.2-0.6 kg/dm³ ve basınç dayanımı 0.2-2.5 MPa olan hafif betonlar.
2. Hem yalıtım, hem taşıyıcı beton: Birim ağırlığı 0.6-1.2 kg/dm³ ve basınç dayanımı 2,5-10 MPa olan hafif betonlar.
3. Taşıyıcı beton: Birim ağırlığı 1.2-2.0 kg/dm³ ve basınç dayanımı 15-60 MPa olan hafif betonlar (Topçu, 2006).

Betonarme inşaatlarda geleneksel beton kullanımı yerine hafif beton kullanımının birçok üstünlüğü vardır. Bu üstünlükler şunlardır.

1. Birim hacimdeki toplam malzeme ağırlığının azalması nedeniyle beton kalıbında daha düşük basınç oluşur böylece üretim ve yerleştirme kolaylaşır.
2. Hafif betonlar üretilen elemanların düşük birim ağırlıkları nedeniyle yapı yükleri azalır, bu azalma ile temellerde ve eğilme etkisindeki elemanlarda donatı ekonomisi sağlanır.
3. Birim kütlelerinin azlığından temel boyutları azalır.
4. Deprem davranışlarının iyileşmesi sağlanır.
5. Isı yalıtımları yüksektir.
6. Yangın bakımından da normal betona göre daha dayanıklıdır (Topçu, 2006).

1.3. Uçucu Küller

Düşük kalorili linyit kömürlerinin yakıldığı termik santrallerde, elektrik üretimi sırasında toz haldeki kömürün yanması sonucu baca gazları ile sürüklenen ve elektro filtreler yardımı ile tutularak atmosfere çıkışı önlenen mikron boyutunda kül tanecikleri meydana gelmektedir. Endüstriyel bir atık olan ve uçabilen bu küllere, uçucu kül (UK) adı verilmektedir (Aruntaş, 2006).

Uçucu kül taneleri genellikle küresel şekilli katı parçacıklardır. Uçucu kül taneciklerinin boyutları 1–150 µm arasında değişiklik göstermektedir. Normal olarak, 2,1–2,7 (ortalama 2,4) g/cm³ yoğunluğa sahiptirler. Renkleri açık griden koyu griye uzanan değişikliktedir. Daha çok miktarda karbon içeren küller koyu gri renkte daha çok demir içerenler ise açık gri renktedir. Silisli ve alüminli amorf yapıya sahip oldukları, ve çok ince taneli olarak elde edildikleri için, uçucu küller de, aynen ince taneli doğal puzolanlar gibi, puzolanik özellik göstermektedirler; kalsiyum hidroksitle sulu ortamlarda birleştiklerinde, hidrolik bağlayıcılığa sahip olmaktadırlar. O nedenle, hem portland-puzolan tipi çimento üretiminde, hem de beton katkı maddesi olarak doğrudan kullanılmaktadırlar. Genellikle, beton katkı maddesi olarak çok büyük miktarlarda kullanılabilirler. Beton karışımının

içerisinde yer alan uçucu kül miktarı, çimento ağırlığının %15-%50'si civarında değişebilmektedir (Erdoğan, 2007).

Uçucu külün kimyasal bileşimi kullanılan kömürün yapısı, jeolojik orjini ve proses koşullarına (kömür hazırlama, yanma, toz toplama, desülfürizasyon gibi) bağlıdır. Uçucu külde bulunan başlıca bileşenler SiO_2 , Al_2O_3 , Fe_2O_3 , ve CaO olup, diğerleri SO_3 , MgO ve alkali oksitlerdir. Ayrıca yanmamış karbon ve bunun yanı sıra titanyum, fosfor, mangan ve molibden de eser bileşen olarak bulunmaktadır (Erdoğmuş, 2006).

Uçucu küllerin sınıflandırılmasında, kimyasal bileşen yüzdesine göre esas olarak ASTM C 618 (1998) ve TS EN 197-1 (2002) standartları baz alınmaktadır.

ASTM C 618 (1998) göre uçucu küller F ve C sınıflarına ayrılırlar:

1. 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 küllerin CaO yüzdesi %10'un altında olduğu için düşük kireçli olarak da adlandırılırlar. F sınıfı uçucu küller, puzolanik özelliğe sahiptirler.

2. C sınıfına, linyit veya yarı-bitümlü kömürden üretilen ve toplam $\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3$ yüzdesi %50'den fazla olan uçucu küller girmektedir. Aynı zamanda bu küllerin CaO yüzdesi %10'dan fazla olduğu için yüksek kireçli olarak da adlandırılırlar. C sınıfı uçucu küller, puzolanik özelliğin yanı sıra bağlayıcı özelliğe de sahiptirler.

TS EN 197-1 (2002) göre uçucu küller silissi V ve kalkersi W gruplarına ayrılırlar.

1. V sınıfı uçucu küller, çoğunluğu puzolanik özelliklere sahip küresel taneciklerden meydana gelen ince bir toz olup, esas olarak reaktif silisyumdioksit (SiO_2) ve alüminyum oksitden (Al_2O_3) oluşan, geri kalanı demir oksit (Fe_2O_3) ve

diğer bileşenleri içeren küllerdir. Bu küllerde, reaktif kireç (CaO) oranının %10'dan az, reaktif silis miktarının %25'den fazla olması gerekmektedir.

2. W sınıfı küller, hidrolik ve/veya puzolanik özellikleri olan ince bir toz olup, esas olarak reaktif kireç (CaO), reaktif SiO₂ ve Al₂O₃'den oluşan, geri kalanı demir oksit (Fe₂O₃) ve diğer bileşenleri içeren küllerdir. Bu küllerde, reaktif kireç (CaO) oranının %10'dan fazla, reaktif silis miktarının da %25'den fazla olması gerekmektedir (Karahan, 2006).

1.3.1. Uçucu Küllerin Beton Özelliklerine Etkileri

Uçucu külün beton karışımında kullanımı taze ve sertleşmiş betonun özelliklerini oldukça etkiler. Taze betonun su ihtiyacı, işlenebilirliği, priz zamanı, bitirilebilme özelliği, hidrasyon ısı ve kanama uçucu külün kullanımı sonucu etkilenir. Katılaşmış betonun dayanım ve dayanıklılık özellikleri de uçucu külün beton karışımında kullanılmasıyla etkilenen önemli özellikleridir. Uçucu küllerin beton özellikleri üzerine olan etkileri aşağıda başlıklar halinde özetlenmiştir (Karahan, 2006).

1.3.1.1. Beton Karışımının Su İhtiyacı

Sabit bir çökme değeri elde edebilmek için uçucu küllü beton karışımının ihtiyacı olan su miktarı, genellikle, katkısız betonunkinden daha az olmaktadır. Yapılan araştırmalarda, çimento ağırlığının %20-30'u azaltılarak onun yerine uçucu kül kullanılan betonların su ihtiyacında yaklaşık olarak %7 kadar daha az su kullanıldığı görülmüştür. Kül taneciklerinin küresel şekilli olmaları, daha az sürtünmeye yol açtığı için, daha az su ihtiyacı olmasına neden olmaktadır.

Uçucu küllü betonların su ihtiyacı, uçucu külün inceliğine ve kullanıldığı miktara bağlı olmaktadır. İncelik arttıkça su ihtiyacında artma olmaktadır (Erdoğan, 2007).

1.3.1.2. İşlenebilme

Uçucu küllü betonların işlenebilmesi, katkısız betonlarınkinde daha iyi olmaktadır. Bunun iki nedeni vardır:

a. Uçucu külün yoğunluğu portland çimentosunun yoğunluğundan daha azdır. O nedenle, puzolanik beton yapımı için çimento ağırlığının bir bölümünün yerine uçucu kül kullanıldığında, betondaki bağlayıcı hamurun hacmi artmaktadır. Daha büyük hacme sahip bağlayıcı hamur, taze betondaki agrega arasını daha iyi doldurmakta ve plastiklik sağlamaktadır.

b. uçucu kül taneleri küresel şekillidir. Küresel şekilli tanecikler iç sürtünmeyi azaltmakta, betonun akıcılığını arttırmaktadır.

Betondaki bağlayıcı hamurun hacmindeki artış, ve uçucu kül taneciklerinin sürtünmeyi azaltarak betona daha fazla akıcılık sağlamaları, taze betonun pompalanabilirliğini artırmakta, yüzeyinin daha kolay düzeltilebilir olmasına yol açmakta, kalıpları daha kolay sökülebilir duruma getirmektedir (Erdoğan, 2007).

1.3.1.3. Priz Süresi

Uçucu kül katkılı betonlarda yer alan portland çimentosu miktarı, katkısız betondakine göre daha azdır. Uçucu kül katkılı betonların priz süreleri katkısız betondakinden genellikle daha uzun olmaktadır. Priz süresi, kullanılan uçucu külün tipine ve inceliğine göre değişmektedir. C tipi uçucu küller, F tipi uçucu küllerden daha kısa priz süresi göstermektedir.

1.3.1.4. Hidratasyon Isısı

Uçucu kül katkılı betonlarda daha az portland çimentosu yer aldığından, bu tür betonların hidratasyon ısıları, katkısız betonunkinden daha az olmaktadır.

1.3.1.5. Dayanım

Katkı maddesi olarak uçucu kül kullanılmasının beton dayanımına etkileri, ince taneli doğal puzolanların etkisine benzemektedir. Normal olarak, ilk zamanlarda, uçucu küllü betonun dayanımı katkısız beton dayanımına kıyasla birazcık daha az olmaktadır. Ancak nihai dayanım oldukça yüksektir (Erdoğan, 2007).

1.3.1.6. Dayanıklılık

Uçucu küllü betonun geçirgenliği genelde uçucu külsüz olarak yapılan betonun geçirgenliğinden daha düşüktür. Geçirgenliğin böyle düşük olmasının nedeni uçucu kül ile çimentonun hidratasyonu sonucu ortaya çıkan kalsiyum hidroksit arasındaki puzolanik reaksiyon sonucu ortaya çıkan ilave C-S-H jelleridir. Bu jeller kapiler boşlukları azaltmaktadır. Uçucu kül kullanımının betonda geçirgenliği azaltması ayrıca sülfat atağının beton üzerindeki bozucu etkilerini de azaltmaktadır. Bunun yanı sıra, uçucu kül çimentonun bir kısmı ile yer değiştirildiğinde toplam C_3A miktarı azalacağından, oluşacak sülfat alüminatın meydana getireceği zararlı hacim genleşmelerini de azaltmaktadır. Betonun donma çözünmeye karşı dayanıklılığı hava-boşluk sisteminin yeterliliğine, iri agreganın sağlamlığına, beton dayanımına ve donma anındaki nem durumuna bağlıdır. Hava boşluk sistemi yeterli olduğu sürece yani yeterli hava kabarcıkları sürüklenmişse ve agrega dayanıklı ise, hava katkılı uçucu kül betonunun donma çözünme dayanımı uçucu külsüz aynı dayanıma sahip kontrol betonundan daha az değildir. Çimentonun alkalileri ile agreganın reaktif silis bileşenleri arasında yer alan alkali agrega reaksiyonu sonucundaki genleşme ve çatlama, uçucu kül kullanılması ile azaltılabilmektedir. Uçucu külün bağlayıcı hamurunun hacmini artırdığı durumlarda su miktarı sabit tutulduğu zaman rötre de artış görülebilir. Bunun yanı sıra, uçucu kül ilavesi işlenebilirliği artırdığından sabit işlenebilirlik için su miktarı azaltılabilir, bu da rötre artışını yok edebilir. Uçucu külün yüksek oranda kullanılması rötreyi azaltmaktadır (Karahan, 2006).

1.3.1.7. Ekonomiklik

Uçucu küller, portland çimentosuna kıyasla, çok daha ucuz olan atık malzemelerdir. Katkısız betondakine oranla daha az portland çimentosunun yer aldığı uçucu küllü betonlar daha ekonomik olmaktadır. Ayrıca, uçucu küllü betonların işlenebilmesinin daha iyi, pompalanabilirliğinin daha kolay, yüzey düzeltilmesinin daha rahat olması, betona uygulanan işlemleri kolaylaştırmakta ve böylece ekonomikliğe olumlu katkı sağlamaktadır.

1.4. Silis Dumanı

Silikon metalinin veya silikonlu metal alaşımların üretimi esnasında ortaya çıkan gazın hızlı soğutulmasıyla yoğunlaştırılması sonucunda elde edilen ve %85 - %98 kadar silis içeren amorf yapıya sahip çok ince katı parçacıklardan oluşan malzemeye “yoğunlaştırılmış silis dumanı” veya kısaca “silis dumanı” adı verilmektedir. Bu malzeme, “mikrosilis”, veya “silis tozu”, veya “silika fume” gibi isimlerle de anılmaktadır. Silis dumanı, amorf yapıda ve çok ince taneli malzeme olmasından dolayı ve yüksek miktarda SiO₂ içermesi sebebiyle, mükemmel bir puzolanik malzemedir (Akçaözöğlü, 2007).

Silis dumanının rengi açık griye koyu griye değişen renkte olabilir. Rengindeki koyuluk, karbon içeriğinin artmasıyla artmaktadır. (Malhotra, 1997). Su ile birleşmiş durumda, siyaha yakın bir renk sergilemektedir (Erdoğan, 2007).

Silis dumanı çok ince öğütülmüş parçalar içermektedir. Parçaların büyük çoğunluğunun boyutları 0.1-0.2 µm arasındadır. Bu boyut, bir Portland çimentosunun taneciklerinin ortalama boyutundan 100 kez daha küçüktür. Silis dumanının özgül alanı Blaine aleti ile ölçülememektedir. Nitrojen emme yöntemi ile ölçülen özgül yüzeyi çoğunlukla 130.000-280.000 cm²/gr arasında değişmektedir. Betonda kullanılan silis dumanı özgül yüzeyi 200.000 cm²/gr civarındadır. Silis dumanının inceliği diğer malzemelerle karşılaştırıldığında daha iyi görülmektedir:

Silis : ~ 200.000 cm²/gr

Tütün Külü : ~ 100.000 cm²/gr

Uçucu Kül : 4.000~7.000 cm²/gr

Normal Portland Çimentosu : 3.000 cm²/gr. (Akçaözoğlu, 2007).

Silis dumanının özgül ağırlığı 2,2-2,3 kadardır. (Portland çimentosunun özgül ağırlığı 3,1 civarındadır.). Silis dumanının birim ağırlığı, üretildiği haliyle, 240-300 kg/m³ civarındadır. Silis dumanı çok ince taneli olduğundan, su ihtiyacı oldukça yüksektir. Ayrıca, çok kuvvetli bir puzolanik bağlayıcılık göstermektedir (Erdoğan, 2007).

Silis dumanının esas bileşeni kristalize olmayan amorf haldeki silistir. Genelde, beton içinde katkı olarak kullanılan silis dumanının SiO₂ içeriği %85'in üzerindedir. İkinci esas bileşeni ise yanmamış karbon kalıntılarıdır. Fe₂O₃ içeriği ise %1 ile %2 civarındadır. Al₂O₃, SO₃, MgO, Na₂O ve K₂O gibi oksitler ise genelde %1'den az miktarda bulunur (Akçaözoğlu, 2007).

1.4.1. Silis Dumanının Beton Özelliklerine Etkileri

Son yıllarda beton teknolojisi uzmanları, kimyasal ve puzolanik katkıların özel ihtiyaçlara göre beton yapımında kullanımı konusunda birçok araştırma yapmışlardır. Puzolanik malzemeler arasında, betona yüksek dayanım veren başlıca katkı, silis dumanıdır.

1.4.1.1 Su İhtiyacı

Silis dumanı tanelerinin çok ince olmasından dolayı, belirli bir çökme değeri için betonun su ihtiyacı artmaktadır. Bu yüzden, betonda daha az su kullanmak amacıyla, silis dumanlı katkılarla yapılan betonlarda su azaltıcı katkı malzemelerinin de kullanılması gerekmektedir. Genel olarak, her 1 kg/m³ silis dumanı katkısı için, taze betondaki su ihtiyacı yaklaşık olarak 1 lt/ m³ kadar artmaktadır. Betonda daha az su

kullanmak amacıyla, silis dumanlı katkılarla yapılan betonlarda su azaltıcı katkı malzemelerinin de kullanılması gerekmektedir (Erdoğan, 2007).

1.4.1.2. İşlenebilirlik

Silis dumanlı beton, sadece Portland çimentosu ile yapılmış olan betondan çok daha koheziftir. Gerek yüksek kohezyondan ve gerekse ince katı taneciklerin arasında daha çok temas olmasından, silis dumanlı betonların işlenebilmesi azdır. Betona katılan silis dumanının oranı çimento ağırlığının %5'inden daha yukarılara çıktıkça, beton daha yapışkan olmakta, yüzey düzeltme işlemlerinde kullanılan malzemelere yapışarak güçlük çıkarmaktadır (Erdoğan, 2007).

1.4.1.3. Priz Süresi

Çimento ağırlığının %7- %10'u kadar silis dumanı katılarak yapılan betonların priz süreleri, katkısız betonunkinden çok farklılık göstermemektedir. Daha çok miktarda silis dumanı kullanıldığı takdirde, priz süresi biraz daha uzun olabilmektedir (Akçaözoğlu, 2007).

1.4.1.4. Hidratasyon ısısı

Çimento ağırlığının %10'u kadar silis dumanı kullanılarak yapılan betonların ilk 72 saat içerisindeki hidratasyon ısısı, silis dumanı kullanılmayan betonlardan biraz daha fazla olabilmektedir. Ancak, silis dumanlı betonlarda, silis dumanı kullanılmayan betonlarınkine göre, yaklaşık %8-%10 kadar daha az hidratasyon ısısı çıkmaktadır (Erdoğan, 2007).

1.4.1.5. Dayanım

Silis dumanının betona ilavesi basınç dayanımını oldukça arttırmaktadır. Silis dumanının betondaki boşlukları doldurma ve puzolanik etki olmak üzere iki işlevi vardır. Bunlardan hangisinin belirleyici olduğu yönünde değişik görüşler vardır.

Ancak silis dumanının puzolanik etkisinin betonda en zayıf halka olarak bilinen agrega-çimento hamuru temas yüzeyini güçlendirmede önemli olduğu, mikro yapısal ve mekanik incelemelerle kanıtlanmıştır (Akçaözöğlü, 2007).

Tanecik yapısının çok ince olması nedeniyle çimento tanecikleri arasına girerek boşlukları doldurmakta ve agrega-çimento hamuru ara yüzeyini geliştirmektedir (Toutanji vd. 2004).

Silis dumanının beton basınç dayanımına olumlu etkisi erken yaşlarda daha belirgindir. Betonun 28 günlük dayanımını artırmayı amaçlayan çalışmalarda silis dumanın genellikle çimentonun %10-20'si oranında betona katıldığı ve gerekli işlenebilmeyi sağlamak için %10'dan yukarı miktarların süper akışkanlaştırıcı katkılarla birlikte kullanıldığı görülmektedir (Yeğınobalı, 1993).

1.4.1.6. Dayanıklılık

Silis dumanlı betonların su geçirgenliği daha az olduğundan bu tür betonlara daha az sülfatlı su sızabilmektedir. O nedenle, silis dumanlı betonlar sülfatlara karşı daha yüksek dayanım gösterirler. Çimento ağırlığının %5-%15' i kadar silis dumanı kullanılmasıyla üretilen betonlarda, betondaki alkali miktarının daha az olması nedeniyle, alkali silika reaksiyonları daha az miktarda oluşmaktadır (Erdoğan, 2007).

2. KAYNAK ÖZETLERİ

Demir v.d., (2004), yapmış oldukları çalışmada, Nataraja ve diğerleri tarafından yapılan çelik tel takviyeli betonların tek eksenli basınç altındaki deney sonuçlarını, Ezeldin ve Balaguru modeline benzer olarak önerilen hesap modeli sonuçlarını esas alarak, bulanık mantık yaklaşımıyla tek eksenli basınç altındaki çelik tel takviyeli betonların gerilme - şekil değiştirme eğrisini elde etmişler ve sonuçları literatürdeki benzer deney sonuçları ile karşılaştırmışlardır. Sunulan model kullanılarak, çelik tel takviyeli betonların gerilme - şekil değiştirme davranışının, basınç dayanımı ve en büyük gerilmeye karşı gelen şekil değiştirme değerini çok büyük bir yaklaşıklıkla elde edilebildiğinin görüldüğünü belirtmişlerdir.

Kömür ve Altan (2005), yapmış oldukları çalışmada, deprem sonrası hasar görmüş yapıda deprem hasarının tespitinde kullanılan katlar arası kalıcı yer değiştirme ve karakteristik beton basınç dayanımının hasar tespitine etkisini daha gerçekçi olan bulanık mantık yaklaşımı ile ele almışlardır. Sonuç olarak klasik mantığın keskin ve tavizsiz sınırlarına kıyasla, bulanık mantığın insan düşünüş ve yargısına daha uygun sonuçlar verdiğini belirtmişlerdir.

Uygunoğlu ve Ünal (2005), yapmış oldukları çalışmada uçucu külün betonun basınç dayanımı üzerindeki etkisinin bulanık mantık ile modellenmesini araştırmışlardır. Bulanık mantık ile modelleme yaklaşımında uçucu kül ikameli betonun 1, 3, 7, 28 ve 56 günlük yaşı, çimento ile ikame edilen 0 (kontrol), 10, 15, 20 ve 25 kg/m³ uçucu kül miktarı ve bunlara göre elde edilen beton numunelerin basınç dayanımlarını kullanmışlardır. Bulanık mantık yaklaşımı ile deneysel olarak elde edilmiş verileri karşılaştırarak sonuçların çok yakın olduğunu ve Bulanık mantık yaklaşımı ile betona en iyi basınç dayanımını kazandıracak optimum uçucu kül miktarının bulunabileceğini göstermişlerdir.

Demir (2005), yapmış olduğu çalışmada hem normal ve hem de yüksek dayanımlı betonların elastisite modülünü basınç dayanımına göre belirlemek için bir Bulanık mantık algoritması geliştirmiştir. Bulanık mantığın basit şekilde sözel ifadelerle insan düşünüşüne benzer şekilde bilgiyi tanımlamasının en büyük avantajı olduğunu

ve elastisite modülüne etki eden farklı parametrelerinde kullanılması ile oluşturulacak Bulanık mantık modellerinin elastisite modülü tahmininde kullanılabileceğinin belirtmiştir.

Tanyıldızı (2007), mineral katkı içeren hafif betonların farklı kür koşullarındaki aderans dayanımının tahmini için Bulanık mantık yöntemiyle bir model geliştirmiştir. Bu amaçla sadece çimento içeren, çimentonun yerine % 10 silis dumani içeren ve çimentonun yerine % 15 uçucu kül içeren beton serileri üretmiş ve farklı yöntemlerle kür uygulayarak betonlara dayanım kazandırmıştır. Kür sürelerinden sonra bütün beton serilerinin basınç ve aderans dayanımı değerlerini elde etmiştir. Oluşturduğu Bulanık mantık modeli ile deney sonuçlarını karşılaştırmış ve Bulanık mantığın hafif betonların aderans dayanımını tahmin etmede kullanılabileceğinin belirtmiştir.

Demir vd. (2007)'ye göre, Uygulamada betonun elastisite modülü değerinin pratik olarak elde edilebilmesi için beton basınç dayanımından yararlanır. Bunun için farklı ülke yönetmeliklerinde, farklı şekilde bağıntılar kullanılmaktadır. Belirli bir beton basınç dayanımı için hesaplanan elastisite modülü değerleri yönetmeliklere göre farklılıklar gösterebilmektedir. Demir vd. (2007)'nin çalışmasında, bulanık mantık yöntemi ile betonun elastisite modülü değerinin alabileceği alt ve üst sınır değerleri belirlenmiştir. Belirlenen bu değerler ve farklı yönetmeliklere göre hesap edilmiş olan elastisite modülü değerleri kullanılarak seçilen çerçevesel ve perdeli-çerçevesel model binaların 1997 Deprem Yönetmeliğinde verilen görelî kat ötelemelerinin sınırlandırılması kontrolüne olan etkisi incelenmiştir. Elde edilen sonuçlardan, belli bir kat seviyesi için görelî kat ötelemelerinin sınırlandırılması kontrolü, farklı yönetmeliklerdeki elastisite modülü bağıntılarından bazıları için sağlanırken bazıları için sağlanmadığı görülmektedir. Hem deney sonuçlarına en yakın hem de emniyetli olan elastisite modülü değerinin, bulanık mantık yöntemiyle bulunan alt sınır değeri olduğu bulunmuştur. O halde yapılan hesaplamalarda elastisite modülü için tek bir değer tanımlamak yerine bir aralık tanımlanmalı ve en düşük olan elastisite modülü değeri kullanılmalıdır.

Topçu ve Sarıdemir (2008), silis dumanı içeren geri dönüştürülmüş atık beton agregalı betonların 3, 7, 14, 28, 56 ve 90 günlük kür periyodundaki basınç ve yarmada çekme dayanımı değerlerinin tahmini için Bulanık mantık ve yapay sinir ağları ile tahmin modelleri geliştirmiştir. Modelleri oluşturmada 35 farklı beton karışımına sahip 210 tane beton numunesi üretmişlerdir. Modellerde eğitim ve test sonuçları, yapay sinir ağları ve bulanık mantık modellerinin silis dumanı içeren geri dönüştürülmüş atık beton agregalı betonların 3, 7, 14, 28, 56 ve 90 günlük kür periyodundaki basınç ve yarmada çekme dayanımı değerlerini belirlemede yüksek bir tahmin potansiyeline sahip olduğunu göstermiştir.

Topçu ve Uygunoğlu (2008)'e göre, Yüksek akışkanlığa sahip olan kendiliğinden yerleşen betonların istenilen miktarda yayılabilmeleri için gerekli olan eşik kayma gerilmesini aşması gereklidir. Aşılması gerekli olan eşik gerilmeleri, genel olarak özel ve pahalı bir cihaz olan reometre ile kendiliğinden yerleşen harçlarda belirlenmektedir. Topçu ve Uygunoğlu (2008)'in çalışmasında eşik kayma gerilmelerinin tüm laboratuvar ve şantiye ortamlarında kolayca belirlenebilmesi amacıyla harcın su/bağlayıcı oranı, kimyasal katkı içeriği ve harcın yayılma çapı ile ilişkilendirilerek bir bulanık mantık modeli oluşturulmuştur. Modelin oluşturulmasında literatürden alınan veriler kullanılmıştır. Girdi olarak kendiliğinden yerleşen harçtaki su/bağlayıcı oranı, kimyasal katkı miktarı ve yayılma çapı değerleri kullanılmıştır. Çıktı parametresi olarak da eşik kayma gerilmesi değeri elde edilmektedir. Oluşturulan modelden elde edilen eşik kayma gerilme değerleri literatürde verilen ve reometreyle ölçülmüş olan eşik kayma gerilme değerleriyle karşılaştırılmıştır. Elde edilen sonuçlara göre, oluşturulan modelin yüksek derecede deneysel verilerle ilişkili olduğu görülmüştür. Deneysel veriyle modelden elde edilen sonuçlar arasındaki fark en çok, yüksek eşik kayma gerilmesine sahip harçlarda % 13 oranında elde edilmiştir. Geliştirilen model deneysel sonuçlarla oldukça uyumludur.

Topçu vd. (2008)'in çalışmasında alkali aktive edilmiş yüksek fırın cürufllu harçların asit ve sülfat gibi kimyasal etkilere karşı dayanıklılığı arttırmada etkili en uygun kullanım oranının belirlenmesi amacıyla çeşitli alkali karışımlar kullanılarak aktive edilen yüksek fırın cürufllu harçlar üretilmiş ve 28 günlük dayanımlarına ulaştıktan sonra asit içeren ve sülfat içeren ortamlarda 56, 90 ve 250 gün bekletilmişlerdir.

Daha sonra basınç dayanımı deneyi yapılarak dayanım kayıpları belirlenmiştir. Ayrıca deneysel çalışmadan yararlanılarak yapay sinir ağları ve bulanık mantık yöntemlerinde modeller geliştirilmiştir. Modellerin eğitiminde kimyasal etki altındaki kür süresi, karışımda kullanılan yüksek fırın cürufu oranı, kireç, alçıtaşı, ve aktivatör cinsi girdi, basınç dayanımı sonuçları ise çıktı olarak kullanılmıştır. Daha sonra geliştirilen modelleri test etmek için sadece girdi değişkenleri kullanılarak basınç dayanımı değerleri tahmin edilmiştir. Modeller eğitildikten sonra deney sonuçlarını girmeden sadece deney girdi değerleri kullanılarak yapılan testler sonucunda gerçek değerlere yakın değerler elde edilmiştir.

Topçu ve Sarıdemir (2008), diğer bir çalışmada, uçucu kül ve silis dumanı içeren betonların 3, 7, 14, 28 ve 56 günlük basınç dayanımı ve elastisite modülünü tahmin etmek için bulanık mantıktaki Sugeno tipi sonuç çıkarma sisteminde modeller oluşturmuştur. Bu modelleri oluşturmak amacıyla, 17 farklı karışım oranlarında üretilen 82 numunenin deneysel sonuçları literatürden elde edilmiştir. Modellerde basınç dayanımı ve elastisite modülü değerlerinin tahmini için 6 farklı girdi değişken kullanılmıştır. Ayrıca elastisite modülü değerlerinin farklı bir şekilde tahmini için sadece basınç dayanımı değerleri girdi değişkeni olarak kullanılmıştır. Bu girdi değişkenlerine göre, modellerde uçucu kül ve silis dumanı içeren betonların basınç dayanımı ve elastisite modülü değerleri tahmin edilmiştir. Modellerdeki eğitim ve test sonuçları, bulanık mantık yönteminin, uçucu kül ve silis dumanı içeren betonların 3, 7, 14, 28 ve 56 günlük basınç dayanımı ve elastisite modülü değerlerinin deney sonuçlarına yakın olarak tahmin edilebileceğini göstermiştir.

Subaşı vd. (2008)'in çalışmada, geliştirilmiş kil agregasıyla üretilen alternatif karışım özelliklerine sahip hafif betonlarda yarmada çekme dayanımı değerlerinin bulanık mantık yöntemiyle tahmin edilebilirliği araştırılmıştır. Bu amaçla üç farklı çimento dozajında (350, 400 ve 450 kg/m³) geliştirilmiş kil agregalı hafif beton karışımları hazırlanmıştır. Ayrıca her bir çimento miktarı için %0, %10, %20 ve %30 oranında uçucu kül ikame edilerek alternatif karışımlar hazırlanmıştır. Hazırlanan beton numuneleri yarmada çekme dayanımı deneyine tabi tutulmuştur. Modellemede girdi parametresi olarak çimento ve uçucu kül miktarları, çıktı parametresi olarak ise

yarmada çekme dayanımı değerleri kullanılmıştır. Çalışmada girdi parametreleri için belirlenen üyelik fonksiyonlarına bağlı olarak 35 kural yazılmıştır. Durulaştırma işleminde ise en yaygın kullanılan yöntem olan ağırlık merkezi yöntemi kullanılmıştır. Sonuç olarak geliştirilen bulanık mantık modeli ile deneysel olarak elde edilmiş yarmada çekme dayanımı değerleri başarı ile belirlenmiştir.

Şahin ve Bedirhanoglu (2008)'in çalışmasında literatürdeki mevcut veriler kullanılarak lifli polimerler ile sargılanmış beton elemanların basınç dayanımları tahmin etmek için yapay sinir ağları uyarlamalı bulanık mantık yöntemi kullanılarak bir model geliştirilmiştir. Bir çok değişken basit bir şekilde üyelik fonksiyonları eklenerek göz önüne alınmıştır. Geliştirilen model, ACI 440 ve DBYYHY 2006 yönetmelikleri ve deney sonuçları karşılaştırılmıştır. Geliştirilen modelin deney sonuçlarını iyi tahmin ettiği ve her iki yönetmelikten de daha iyi sonuçlar verdiği yapılan performans değerlendirme çalışması sonucu görülmüştür. Elde edilen başarı bulanık mantığın bu alanda başarılı bir şekilde uygulanabileceği göstermiştir.

Başıyigit vd. (2008)'in çalışmasında termik santral atığı olan yüksek kalsiyumlu küllerin betonun mekanik özelliklerine etkisi kür periyoduna bağlı olarak belirlenmiş ve deneyi yapılamayan durumların tahmin edilebilirliği araştırılmıştır. Bu amaçla % 0 – 10 – 30 – 50 oranlarında çimentoya ikame edilmiş atık kül içeren betonların 7 – 14 – 28 ve 56 günlük kür periyotlarında basınç dayanımı değerleri belirlenmiş ve bu değerler kullanılarak bir bulanık mantık modeli geliştirilmiştir. Ayrıca SPSS paket programında çoklu doğrusal regresyon analizi yapılmış ve model denklemi oluşturulmuştur. Oluşturulan regresyon denklemi ve geliştirilen bulanık mantık modelinin tahmin yetenekleri karşılaştırılmıştır. Sonuç olarak regresyon denklemi ile deney sonuçları % 89 başarı ile bulanık mantık modelleme ile % 96 başarı ile tahmin edilmiştir. Bulanık mantığın regresyon denkleminin sadece deney sonuçlarını kullanarak kesin çizgilerle oluşturduğu tahmin yöntemine göre daha başarılı olduğu görülmüştür. Başıyigit v.d. (2008) Bulanık mantığın başarısında modeli oluştururken girdi ve çıktı kümelerinin değer aralıklarını belirlemede uzman görüşü dahilinde esneklik olmasının etkili olduğunu ve bulanık mantık gibi yapay zeka yöntemleri üzerine yapılacak çalışmaların faydalı olacağını öngörmüştür.

Subaşı vd. (2008)'in çalışmasında hafif betonlarda basınç dayanımının tahmininde kullanılan çoklu lineer regresyon ve bulanık mantık yöntemleri kullanılarak geliştirilen beton basınç dayanımı tahmin modelleri kendi aralarında ve deneysel olarak elde edilen veriler ile karşılaştırılmıştır. Bu amaçla 350, 400 ve 450 kg çimento içeren üç farklı hafif beton karışımı hazırlanmıştır. Ayrıca farklı çimento miktarına sahip karışımlarda %0, %10 ve %20 uçucu kül ikameli numuneler hazırlanmıştır. Hazırlanan numunelerin 28 günlük basınç dayanımı değerleri elde edilmiştir. Çoklu lineer regresyon ve bulanık mantık yöntemlerinde çimento miktarı (kg/m³) ve uçucu kül ikame miktarına bağlı olarak (%) hafif beton basınç dayanımına ait tahmin modelleri geliştirilmiştir. Elde edilen tahmin modellerinin tahmin gücü karşılaştırmalı olarak değerlendirilmiştir. Sonuç olarak, günümüzde birçok mühendislik alanında yaygın olarak kullanılan bulanık mantığın, çoklu lineer regresyonun yöntemi ile karşılaştırıldığında hafif betonların basınç dayanımının tahmininde daha güçlü bir yöntem olduğu belirlenmiştir.

Topçu vd. (2008)'in yapmış olduğu çalışma alkali aktive edilmiş yüksek fırın cürufllu harçların donma-çözülme, yüksek sıcaklık gibi ısısal etkilere karşı dayanıklılığını arttırmada etkili en uygun kullanım oranının belirlenmesi için yapılmıştır. Bu amaçla çeşitli alkali karışımları kullanılarak aktive edilen yüksek fırın cürufllu harçlar üretilmiştir. Bu numunelerin bir kısmı 50-300 çevrimlik donma çözülme etkisinde, geri kalan ise 100-700 °C'lik yüksek sıcaklık etkisinde bekletilmiştir. Daha sonra basınç dayanımı deneyi yapılarak dayanım kayıpları belirlenmiştir. Ayrıca deneysel çalışmadan yararlanılarak yapay sinir ağları ve bulanık mantık yöntemlerinde modeller geliştirilmiştir. Modellerin eğitiminde ısısal etki şiddeti, cüruf oranı, kireç, alçıtaşı ve aktivatör cinsi girdi, basınç dayanımları ise çıktı olarak kullanılmıştır. Modellerin testinde sadece girdi değişkenleri kullanılarak basınç dayanımları tahmin edilmiştir. Bulanık mantık test sonuçlarının yapay sinir ağlarınınkine göre daha az saçıldığı dolayısı ile ısısal etkide kalmış harçlar için bulanık mantık modelinin daha iyi sonuç verdiği gözlenmiştir.

Beyciođlu vd. (2008)'in yapmış olduğu çalışmada barit oranı, imento dozajı, su miktarı ve kőr periyodu değişken olarak őrtilmiř olan barit agregalı ağır betonların basınç dayanımı değerlerinin belirlenmesi için bir bulanık mantık modeli geliştirilmiştir. Geliřtirilen bulanık mantık modeli ile deney sonuçları karşılaştırılmış ve modelin gővenilirliđi test edilmiştir. Yapılan karşılaştırmada geliştirilen model ile deney sonuçlarının yőksek oranda tahmin edilebildiği ve ayrıca geliştirilen model kullanılarak deney yapılamayan durumlarında kestirilebileceği belirlenmiştir. Ayrıca bulanık mantık modellemesinde girdi parametrelerinin belirlerken deneysel sonuçlar őrzerinde yapılacak korelasyon analizinin model girdileri belirlemede aydınlatıcı bilgiler sunduğu gőrőlmüřtür. Sonuçlar incelendiğinde klasik mantığın keskin sınırlarına kıyasla, bulanık mantığın klasik mantıktaki bu keskin geçişleri yumuşattığı bōylece insan dūřnőř ve yargısına daha uygun sonuçlar verdiği gőrőlmüřtür.

Subaşı vd. (2008)'in yapmış olduğu çalışmada, imento miktarı ve uçucu kőr oranı değişken olarak őrtilen hafif betonların aderans dayanımının belirlenmesi için bir bulanık mantık modeli geliştirilmiştir. Geliřtirilen bulanık mantık modeli ile deney sonuçları karşılaştırılmış ve modelin gővenilirliđi test edilmiştir. Yapılan karşılaştırmada geliştirilen model ile deney sonuçlarının yőksek oranda tahmin edilebildiği ve ayrıca geliştirilen model kullanılarak deney yapılamayan durumların da kestirilebileceği belirlenmiştir. Bilindiđi gibi beton kompozit bir malzemedir ve betonu oluşturan bőtőn bileşenler fiziksel ve mekanik ۆzellikleri etkilemektedir. Bu çalışmanın deneysel çalışmalara alternatif bir yōntem olarak değerlendirilmesi gerektiği ve aderans dayanımına etki eden diğer parametrelerin de kullanılarak oluşturulacak yeni modellerin geliştirilmesine ۆrnek teşkil edeceği dūřnőlmektedir.

Tanyıldızı (2008), yapmış olduğu çalışmada uçucu kőr içeren $400-450 \text{ kg/m}^3$ imento dozajlı hafif betonların yőksek sıcaklığa maruz bırakıldıktan sonraki basınç dayanımı ve yarmada çekme dayanımı değerlerinin tahmini için bir model geliştirmiştir. Bu amaçla 0%, 10%, 20% ve 30% uçucu kőr içeren betonlar őrtilmiřtir. Her beton serisi $200 \text{ }^\circ\text{C}$, $400 \text{ }^\circ\text{C}$ ve $800 \text{ }^\circ\text{C}$ sıcaklığa maruz bırakılan beton serileri őrzerinde basınç ve yarmada çekme dayanımı değerleri belirlenmiştir. Belirlenen deneysel

değerler ile geliştirilen bulanık mantık değerleri karşılaştırılmıştır ve sonuçlar bulanık mantığın başarılı bir tahmin yöntemi olduğunu göstermiştir.

Demir ve Korkmaz (2008)'e göre elastisite modülü betonarme yapıların analizinde ve tasarımında önemlidir. Yüksek Dayanımlı Betonların Elastisite modülünün belirlenmesi için birçok formül önerilmiştir. Demir (2008)'in çalışmasında yüksek dayanımlı betonların elastisite modülünün belirlenmesi için bulanık mantık yöntemiyle yeni tahmin yöntemi gösterilmiştir. Çalışmada geliştirilen model elastisite modülünün alt ve üst sınır değerlerinin belirlenmesinde kullanılabilir bulunmuştur.

Özgan (2008)'in yapmış olduğu çalışmada, kırma taş agregada içerisinde bulunan taş unu'nun betonun basınç mukavemetine etkisi araştırılmıştır. Bu amaçla kırma taş agregadan elde edilen 200 dozlu beton içerisine, ince agregadan ağırlıkça %0, %5, %10 ve %15 oranlarında azaltılmak suretiyle yerine taş unu ilave edilmiş ve basınç dayanımları araştırılmıştır. Sonuç olarak, taş ununun kırma taş agregada ile üretilen betonların basınç dayanımlarını olumlu yönde etkilediği ancak bu etkinin belli bir orandan sonra azaldığı görülmüştür. Deneylerle belirlenmemiş olan basınç mukavemetinin taş unu miktarına bağlı olarak tahmin edilebilmesi için de Bulanık Mantık Metoduyla tahmin modeli oluşturulmuş ve oluşturulan modelin bu amaçla kullanılabileceği gösterilmiştir.

3. MATERYAL VE YÖNTEM

3.1. Araştırma Materyali

3.1.1. Agregası

Çalışmada kullanılan hafif agregası Isparta-Gölcük yöresinden temin edilen pomza agregasıdır. Pomza agregası yıkanmış, elenmiş 0-4, 4-8, 8-16 mm sınıflandırılarak kullanılmıştır.

3.1.2. Çimento

Çalışmada bağlayıcı olarak Göлтаş Göller Bölgesi Çimento Fabrikası'nın üretmiş olduğu Portland çimentosu (EN 197-1 CEM I 42,5 R) kullanılmıştır. CEM I 42,5 R Çimentosuna ait bazı kimyasal, fiziksel ve mekanik özellikleri Çizelge 3.1. ve 3.2.'de verilmiştir.

Çizelge 3.1. Çimentonun kimyasal özellikleri

Kimyasal Özellikler	Fabrikanın 2006 Yılı Ortalaması	EN 197-1'de İstenen
Kızdırma Kaybı (%)	3,89	Max 5
Çözünmeyen Kalıntı (%)	0,30	Max 5
Cl ⁻ (%)	0,002	Max 0,1
SO ₃ (%)	2,68	3,5

Çizelge 3.2. Çimentonun mekanik ve fiziksel özellikleri

Mekanik ve Fiziksel Özellikler	Fabrikanın 2006 Yılı Ortalaması	EN 197-1'de İstenen
Basınç dayanımı 2 günlük (N/mm ²)	24,8	Min 20
Basınç dayanımı 28 günlük (N/mm ²)	50,1	42,5 – 62,5
Priz başlama süresi (Dakika)	186	Min 75
Genleşme (mm)	1	Max 10

3.1.3. Su

Çalışmada, beton karışım suyu olarak Süleyman Demirel Üniversitesi Batı Yerleşkesi şebeke suyu kullanılmıştır.

3.1.4. Uçucu Kül

Çalışmada kullanılan Uçucu kül, Muğla Yatağan Termik Santrali'nden temin edilmiştir. Uçucu külün kimyasal kompozisyonu Çizelge 3.3.'de verilmiştir.

Çizelge 3.3. Uçucu külün kimyasal kompozisyonu

SiO ₂ (%)	Al ₂ O ₃ (%)	Fe ₂ O ₃ (%)	CaO (%)	MgO (%)	SO ₃ (%)	Na ₂ O (%)	K ₂ O (%)
50,77	21,13	6,17	12,44	4,53	1,33	0,24	2,54

3.1.5. Silis Dumani

Çalışmada kullanılan Silis dumanı Antalya Eti Elektro Metalurji A.Ş'den temin edilmiştir. Silis dumanının kimyasal kompozisyonu Çizelge 3.4.'de verilmiştir.

Çizelge 3.4. Silis dumanının kimyasal kompozisyonu

SiO ₂ (%)	Al ₂ O ₃ (%)	Fe ₂ O ₃ (%)	CaO (%)	MgO (%)	SO ₃ (%)
91	0,58	0,24	0,71	0,33	1,06

3.1.6. Süper Akışkanlaştırıcı

Çalışmada Sikament NP marka süper akışkanlaştırıcı beton katkısı kullanılmıştır. Kullanılan süper akışkanlaştırıcı betonun karma suyunu yüksek oranda azaltarak erken ve son dayanımları artıran veya aynı miktarda su ile betona yüksek oranda akışkanlık kazandıran ASTM C 494 Tip F'ye uygun beton katkısıdır.

Kullanım Alanları

- Temel, döşeme, perde, kolon ve kiriş betonlarında
- İnce, sık donatılı beton elemanların imalatında
- Prefabrik beton elemanların üretiminde
- Köprü ve konsollarda
- Ön gerilmeli beton imalatında
- Erken kalıp alınması veya hızlı yükleme yapılması gereken yerlerde
- Soğuk havalarda erken yüksek dayanım istenen betonun dökümünde

Özellikleri / Avantajları

Süper akışkanlaştırıcı olarak;

Ayrışma riski olmadan veya karışım suyunu artırmadan, işlenebilirliği kolaylaştırır.

- Betonun yoğun ve düzgün yüzeyli olmasını sağlar.
- Betonun yerleştirilmesini kolaylaştırır, vibrasyon, şişleme ve işçiliği azaltır

Yüksek oranda su azaltıcı olarak;

- Su miktarını önemli oranda azaltır.
- Kullanım dozuna ve beton bileşime bağlı olarak, katkısız betona göre erken ve son dayanımları önemli oranda artırır.
- Su/çimento oranını azaltarak geçirimsizliği düşürür, dayanıklılığı artırır.
- Azaltılmış su içeriği ve düşük geçirimsizlik sayesinde betonun dona ve suya karşı direncini artırır.
- Betonda karbonatlaşma hızını düşürür.
- Büzülme ve sünmeyi azaltır.
- Betonun erken ve nihai dayanımlarını artırarak ekonomi sağlar.

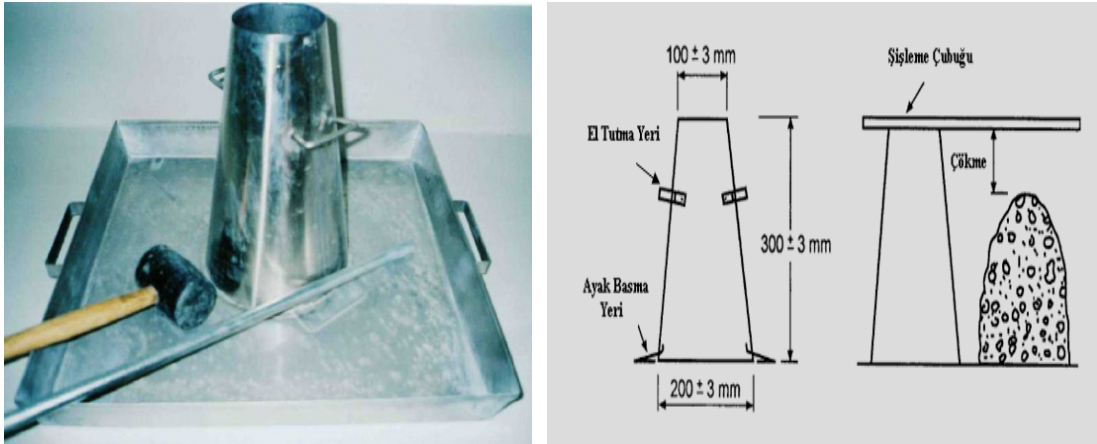
3.2. Araştırma Yöntemi

3.2.1. Agregada Fiziksel Özelliklerin Tayini

Süleyman Demirel Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi Yapı Eğitimi Bölümü Laboratuvarına getirilen agregaların fiziksel özelliklerinin tayini için ASTM C136'ya uygun olarak Elek analizi deneyi, TS 3529'a uygun olarak Agregada Sıkışık Ve Gevşek Birim Ağırlık Tayini Deneyi ve TS 3526'ya uygun olarak Özgül Ağırlık Deneyi yapılmıştır.

3.2.2. Taze beton deneyleri

Taze betonun işlenebilirliğinin saptanması amacıyla TS EN 12350-2'ye uygun olarak çökme hunisi metodu ile kıvam deneyi yapılmıştır. Deneyde kullanılan çökme hunisi ve çökme hunisinin şematik görünümü Şekil 3.1.' de görülmektedir.



Şekil 3.1. Deneyde kullanılan çökme hunisi ve çökme hunisinin şematik görünümü

Ayrıca her seride taze haldeki beton numunelerinin birim hacim ağırlıklarının belirlenmesi amacıyla taze halde kalıplara dökülen beton numuneleri üzerinde TS 2941'e uygun olarak Taze Beton Birim Hacim Ağırlık deneyi yapılmıştır.

3.2.3. Sertleşmiş Beton DeneYleri

Sertleşmiş beton deneYlerinden basınç dayanımı, beton yüzey sertliği yolu ile yaklaşık basınç dayanımı, birim ağırlık, betonda ultrases hızı ile ölçüm deneYleri yapılmıştır.

3.2.3.1. Basınç dayanımı

Belirli yaşlardaki beton numuneleri birim alanının taşıyabileceği yük miktarının belirlenmesi ve aynı karışımla üretilen betonun gerçek uygulamadaki elemanın taşıyabileceği yük hakkında fikir yürütmek amacıyla kullanılmaktadır. Basınç dayanımı deneYi TS EN 12390-3'e göre yapılmıştır. Beton numunelerinin kalıba yerleştirilmesi sarsma tablası kullanılarak yapılmıştır. Kalıptan çıkartılan beton örnekleri kür havuzunda bekletilmiştir. 28 gün kür havuzunda bekletilen Sertleşmiş beton örnekleri Şekil 3.2. de görülen tek eksenli basınç aleti ile kırılmıştır. Beton basınç mukavemeti 3.1 nolu eşitlik ile belirlenmiştir.

$$F_c = F/A_c \quad (3.1)$$

Eşitlikte; F_c beton deneY numunesine ait basınç dayanımı (kgf/cm^2), F kırılma yükü (kgf) ve A_c ise yükün uygulandığı yöne dik deneY numunesi kesit alanı (cm^2)'dır.



Şekil 3.2. Kür havuzunda bekletilen beton örnekleri ve tek eksenli basınç aleti

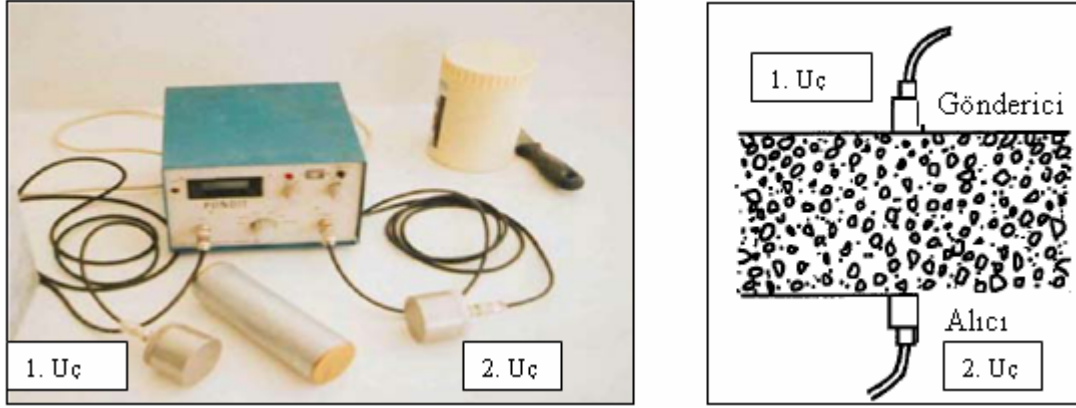
Kür havuzunda bekletildikten sonra sertleşmiş beton deneylerini yapmak üzere kür tankından çıkarılan bazı beton örnekleri Şekil 3.3.' de görülmektedir



Şekil 3.3. Beton deneylerini yapmak üzere kür tankından çıkarılan bazı beton örnekleri

3.2.3.3. Betonda Ultrases Hızı İle Ölçüm

Sertleşmiş beton numuneleri üzerinde ASTM C 597'ye uygun olarak Ultrases hızı ile ölçüm yapılmıştır. Ultrasonik test cihazının kullanılmasıyla herhangi bir beton bloğun bir yüzüne ultrasonik sinyal (nabız atışı gibi ritmik sesüstü vuruşlar) uygulanarak betonun içerisinde basınç dalgaları oluşturulmaktadır. Ultrasonik test cihazı, sesüstü dalganın, betona gönderildiği yüzey ile geri alındığı yüzey arasındaki bir mesafeyi ne kadar zaman süresinde geçtiğini ölçmektedir. Ultrasonik cihazın kullanılmasıyla, betonun içerisine gönderilen sesüstü dalgaların betonun bir yüzeyinden diğerine geçme süresi ölçülmekte ve dalga hızı hesaplanmaktadır. Hesaplanan sesüstü dalga hızı ile betonun basınç dayanımı ve diğer özellikleri arasındaki ilişki yaklaşık olarak elde edilmektedir. Şekil 3.4.' de kullanılan ultrasonik test cihazı ve uygulama şekli gösterilmiştir.



Şekil 3.4. Kullanılan ultrasonik test cihazı ve uygulama şekli

Ultrasonik test cihazı, sesüstü dalgaların, dalga gönderici ve alıcı başlıklar arasındaki bir mesafeyi ne kadar zamanda geçtiğini mikro saniye birimiyle otomatik olarak belirlemekte ve cihazın üzerindeki ekranda göstermektedir. Beton bloğun bir yüzeyinden içeriye gönderilen ses üstü dalganın, bloktaki diğer bir yüzeye ne kadar zamanda geçtiği belirlendikten sonra, dalga hızı Eşitlik 3.2'deki gibi hesaplanmaktadır.

$$v = \frac{S}{t} \times 10^6 \text{ (km/s)} \quad (3.2)$$

Burada;

V = Ses üstü dalga hızı (km/s),

S = Ses üstü dalga gönderilen yüzeyi ile dalganın alındığı yüzeyi arasındaki mesafe (m),

t = Ses üstü dalganın gönderildiği yüzeyinden, alındığı yüzeye kadar geçen zaman (μ s).

Ses Hızı ile Betonun Kalitesinin Değerlendirilmesi

Ses Hızı (km/s)	Beton Kalitesi
> 4.5	Mükemmel
3.5-4.5	İyi
3.0-3.5	Şüpheli
2.0-3.0	Zayıf
< 2.0	Çok Zayıf

3.3. Dökülen Beton Serileri ve Karışım Oranları

Uçucu kül ve silis dumani ikame miktarı değişken olan 25 farklı karışım özelliğine sahip beton serilerinin kodlanmış isimleri ve ikame içerikleri Çizelge 3.5.'de verilmiştir.

Çizelge 3.5. Beton serilerinin kodlanmış isimleri ve ikame içerikleri

	BETON KODU	BETON SERİSİNDEKİ İKAME MİKTARLARI (%)
ÜRETİLEN BETON SERİLERİNİN KODLANMASI	U0S0	UÇUCU KÜL SİLİS DUMANI %0 (ŞAHİT SERİ)
	U0S5	UÇUCU KÜL %0 SİLİS DUMANI %5
	U0S10	UÇUCU KÜL %0 SİLİS DUMANI %10
	U0S15	UÇUCU KÜL %0 SİLİS DUMANI %15
	U0S20	UÇUCU KÜL %0 SİLİS DUMANI %20
	U5S0	UÇUCU KÜL %5 SİLİS DUMANI %0
	U5S5	UÇUCU KÜL %5 SİLİS DUMANI %5
	U5S10	UÇUCU KÜL %5 SİLİS DUMANI %10
	U5S15	UÇUCU KÜL %5 SİLİS DUMANI %15
	U5S20	UÇUCU KÜL %5 SİLİS DUMANI %20
	U10S0	UÇUCU KÜL %10 SİLİS DUMANI %0
	U10S5	UÇUCU KÜL %10 SİLİS DUMANI %5
	U10S10	UÇUCU KÜL %10 SİLİS DUMANI %10
	U10S15	UÇUCU KÜL %10 SİLİS DUMANI %15
	U10S20	UÇUCU KÜL %10 SİLİS DUMANI %20
	U15S0	UÇUCU KÜL %15 SİLİS DUMANI %0
	U15S5	UÇUCU KÜL %15 SİLİS DUMANI %5
	U15S10	UÇUCU KÜL %15 SİLİS DUMANI %10
	U15S15	UÇUCU KÜL %15 SİLİS DUMANI %15
	U15S20	UÇUCU KÜL %15 SİLİS DUMANI %20
	U20S0	UÇUCU KÜL %20 SİLİS DUMANI %0
	U20S5	UÇUCU KÜL %20 SİLİS DUMANI %5
	U20S10	UÇUCU KÜL %20 SİLİS DUMANI %10
	U20S15	UÇUCU KÜL %20 SİLİS DUMANI %15
	U20S20	UÇUCU KÜL %20 SİLİS DUMANI %20

Bütün beton serilerinin TS 2511 standardına göre belirlenen bileşim miktarları (1m³) Çizelge 3.6.'da verilmiştir.

Çizelge 3.6. 1m³ beton bileşimindeki malzeme miktarları

1m ³ beton bileşimindeki malzeme miktarları								
NUMUNE KODU	Çimento (kg)	Su (lt)	Agrega			SA (kg)	UK (kg)	SD (kg)
			0-4 mm	4-8 mm	8-16 mm			
U0S0	350,00	175	434	359	442	3,5	0	0
U0S5	332,5	175	432	358	440	3,5	0	17,5
U0S10	315	175	431	357	439	3,5	0	35
U0S15	297,5	175	429	355	437	3,5	0	52,5
U0S20	280	175	428	354	436	3,5	0	70
U5S0	332,5	175	433	358	441	3,5	17,5	0
U5S5	315,00	175	432	357	440	3,5	17,5	17,5
U5S10	297,50	175	430	356	438	3,5	17,5	35
U5S15	280	175	429	355	437	3,5	17,5	52,5
U5S20	262,5	175	428	354	435	3,5	17,5	70
U10S0	315	175	433	358	440	3,5	35	0
U10S5	297,5	175	431	357	439	3,5	35	17,5
U10S10	280	175	430	356	438	3,5	35	35
U10S15	262,5	175	428	355	436	3,5	35	52,5
U10S20	245	175	427	353	435	3,5	35	70
U15S0	297,5	175	432	358	440	3,5	52,5	0
U15S5	280	175	431	356	439	3,5	52,5	17,5
U15S10	262,5	175	429	355	437	3,5	52,5	35
U15S15	245	175	428	354	436	3,5	52,5	52,5
U15S20	227,5	175	427	353	434	3,5	52,5	70
U20S0	280	175	432	357	439	3,5	70	0
U20S5	262,5	175	430	356	438	3,5	70	17,5
U20S10	245	175	429	355	437	3,5	70	35
U20S15	227,5	175	427	354	435	3,5	70	52,5
U20S20	210	175	426	353	434	3,5	70	70

4. BULANIK MANTIK

Bulanık ilkeler hakkında ilk bilgiler, Zadeh (1965) tarafından literatüre mal edilmiştir. Önceleri bulanıklaştırmanın kesin olan bilimsel ilkelere uymadığı ve hatta bilime karşı geldiği ileri sürülmesine rağmen, 1975 yılında Mamdani ve Assilian (1975) tarafından yapılan bir kontrol uygulaması, bulanık kavram ve sistemlerin dikkat kazanmasına neden olmuştur. Bulanık modelleme, bulanık modelin yapısıyla ilgilenen sistem tanımlamasının yeni bir koludur ve örnek bir veri seti ile tanımlanan, bilinmeyen bir sistemin davranışını tahmin eder ve açıklar. Klasik matematiğe dayanan sistem modellemesi, eksik tanımlanmış ve belirsiz sistemler için pek uygun değildir. Bunun aksine, bulanık mantık sistemi, hassas nicel analizler kullanmadan insan bilgisinin ve yaklaşım süreçlerinin nitel taraflarını modelleyebilir. Son yıllarda yeni konular arasında ilk sırayı tutan bulanık küme, mantık ve sistemler hemen her mühendislik dalında uygulanır hale gelmiştir (Kişi vd. 2003). Bulanık mantığın en geçerli olduğu iki durumdan ilki, incelenen olayın karmaşık olması ve bununla ilgili yeterli bilginin bulunmaması durumunda kişilerin görüş ve yargılarına yer vermesi, ikincisi ise insan muhakemesine, kavrayışlarına ve karar vermesine gereksinim gösteren hallerdir (Şen, 2001).

4.1. Bulanık Kümeler ve Üyelik Dereceleri

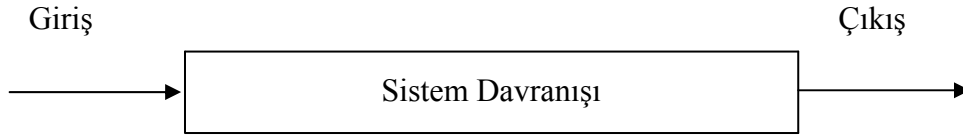
Aristo mantığına göre çalışan ve şimdiye kadar alışlagelen klasik küme kavramında, bir kümeye giren öğelerin oraya ait oluşları durumunda üyelik dereceleri 1'e, ait olmamaları durumunda ise 0'a eşit varsayılmıştır. İkisi arasında hiçbir üyelik derecesi düşünülemez. Halbuki bulanık kümeler kavramında 0 ile 1 arasında değişen, değişik üyelik derecelerinden söz etmek mümkündür. Bu şekilde tanımlanan üyelik derecelerinin her bir bulanık söz için üç temel özelliği sağlaması gerekir.

1. Bulanık küme normaldir, yani kümede bulunan elemanlardan en az bir tanesinin en büyük üyelik derecesi olan 1'e sahip olması gerekir.
2. Bulanık küme monotondur, yani üyelik derecesi 1'e eşit olan öğeye yakın sağda ve soldaki öğelerin üyelik dereceleri de 1'e yakın olmalıdır.

3. Üyelik derecesi 1'e eşit olan öğeden sağa ve sola eşit mesafe hareket edildiği zaman bulunan öğelerin üyelik derecelerinin birbirine eşit olmasıdır ki, buna da bulanık kümenin simetriklik özelliği adı verilir.

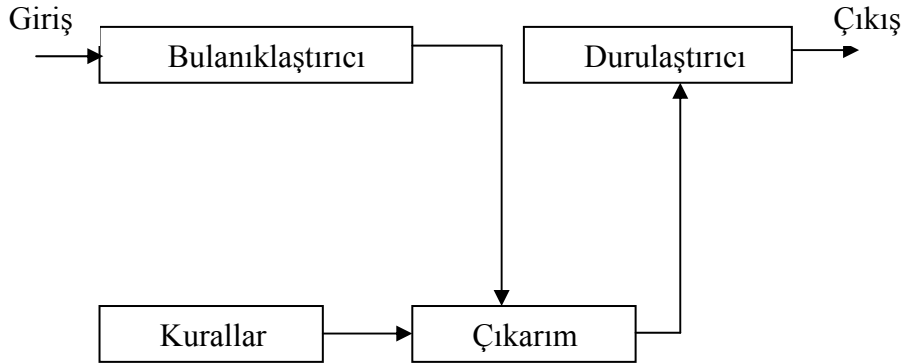
Klasik kümelerle bulanık kümelerin arasındaki önemli farklardan bir tanesi, klasik kümelerin sadece bir tane dikdörtgen üyelik derecesi bulunmasına karşılık, bulanık kümenin yukarıdaki üç şarttan ilk ikisini mutlaka sağlayacak biçimde değişik üyelik derecesi fonksiyonlarına sahip olmasıdır. Yani bulanık küme üyelik derecesi fonksiyonlarının mutlaka simetrik olması özelliğini sağlamasına gerek yoktur (Terzi, 2004)

Genellikle bilinen matematik, stokastik veya kavramsal sistemlerin hemen hepsi Şekil 4.1'de görülen üç ayrı birimden ibarettir. Bunlar giriş, bu girişi çıkışa dönüştüren ve sistem davranışı olarak isimlendirilen bir kutu ve buradan çıkış kısımlarıdır. Bu birimlerin hepsinde sayısal veri çıkış veya işlemler yapılmaktadır.



Şekil 4.1. Klasik sistem

Bulanık sistemlerin bu klasik tasarımdan farkı sistem davranışı kısmının dörde ayrılarak Şekil 4.2.' de gösterildiği gibi kendi aralarında bağlantılı dört birimin olmasıdır.



Şekil 4.2. Bulanık mantığın temel elemanları.

Girdi değerleri çoğunlukla kesin değerlerdir. **Bulanıklaştırıcının** görevi, bulanık kümeler (burada girdiler bulanık üyelik fonksiyonları tarafından tanımlanan bulanık değişkenlerdir) içine kesin sayıları haritalamaktır. **Kurallar** “Eğer-İse” kurallarının oluşturduğu bulanık mantığı esas alır (Terzi, 2004)

Genel olarak bulanık kurallar aşağıdaki formdadır;

Kural 1: **Eğer** $x = a1$ ve $y = b1$ **İse** $z = n1$

Kural 2: **Eğer** $x = a2$ ve $y = b2$ **İse** $z = n2$

Burada x ve y , öncül kısımdaki girdi değişkenlerince tanımlanan koşullar, z ise soncul kısımdaki çıktı değişkenlerince tanımlanan sonuçlardır (Subaşı vd., 2008)

Klasik uzman sistemlerde, kurallar insan deneyimlerinden çıkarılır. Bulanık kural tabanlı sistemlerde, kural tabanı insan deneyimlerinin yardımıyla şekillendirilir. Bulanık kural tabanında kullanılan insan deneyimlerinden elde edilen sözel (linguistic) bilgi ve ölçümlerden elde edilen sayısal bilgi birleştirildiğinde ilginç bir durum ortaya çıkar. Bu durumda, kurallar ilk adımda sayısal verilerden çıkarılır. Sonraki adımda ise, bulanık kural tabanı insan deneyimlerinden elde edilen kurallar ile birleştirilebilir. Bulanık mantığın **Çıkarım** makinesi, bulanık kümeler içine haritalanır. **Durulaştırma** esnasında, çıktı değişkeni için bir değer seçilir. Literatürde birçok farklı durulaştırma yöntemi mevcuttur. Seçilen sonuç değeri çoğunlukla ya en yüksek üyelik derecesine sahip değer ya da ağırlık merkezi değeridir.

Genel olarak bir bulanık mantık işlemi, veri tabanı, bulanıklaştırma, çıkarım motoru, kural tabanı, durulaştırma ve çıktı işlemlerinden meydana gelmektedir.

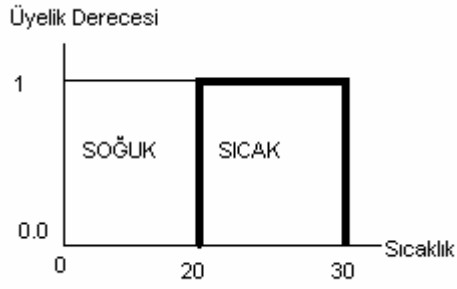
- Genel Bilgi Tabanı Birimi: İncelenecek olan olayın girdi değişkenlerini ve bunlar hakkındaki tüm bilgileri içerir. Buna veri tabanı veya kısaca giriş adı da verilir. Genel veri tabanı denilmesinin nedeni, buradaki bilgilerin sayısal ve/veya sözel olabilmesidir.
- Bulanık Kural Tabanı Birimi: Veri tabanındaki girişleri çıkış değişkenlerine bağlayan mantıksal, **EĞER-İSE** türünde yazılabilen bütün kuralları içerir. Bu kuralların yazılmasında sadece girdi verileri ile çıktılar arasında olabilecek tüm aralık (bulanık küme) bağlantıları düşünülür. Böylece, her bir kural girdi uzayının bir

parçasını çıktı uzayına mantıksal olarak bağlar. İşte bu bağlamların tümü kural tabanını oluşturur.

- **Bulanık Çıkarım Motoru Birimi:** 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. Bu motor her bir kuralın çıkarımlarını bir araya toplayarak tüm sistemin girdileri altında nasıl bir çıktı vereceğinin belirlenmesine yarar.
- **Durulaştırma Birimi:** Bulanık çıkarım motorunun bulanık küme çıkışları üzerinde ölçek değişikliği yapılarak gerçek sayılara dönüştürdüğü birimdir.
- **Çıktı Birimi:** Bilgi ve bulanık kural tabanlarının bulanık çıkarım motoru vasıtasıyla etkileşimi sonucunda elde edilen çıktı değerlerinin topluluğunu belirtir (Şen, 2004).

4.2. Üyelik Fonksiyonları

Göz önünde tutulan bir bulanık kelime veya ifadenin temsil ettiği sayısal aralık, o ifade hakkında bilgi sahibi olan kişiler tarafından belirlenebilir. Zadeh bulanık mantık kavramında, Aristo' nun 1 veya 0, var veya yok gibi iki kesin ve ayrı durum içeren klasik küme mantığının yerine insan düşüncesine daha yatkın olarak belirli değer aralıklarını sözel ifadelerle tanımlayarak, kümeler arası geçişe esneklik kazandırmış ve gerçek yaşamdakine benzetmiştir. Bu durum basitçe şu şekilde açıklanabilir. Örneğin Şekil 4.3' de görülen klasik küme teorisinde sıcaklık eğer 16 °C ise soğuktur. Fakat Şekil 4.4' deki bulanık küme teorisinde ise 16 °C sıcaklık için "sıcaktır" veya "soğuktur" diye kesin çizgilerle ayrılmış yargılar kullanılamaz. Çünkü 16 °C sıcaklık değerinin belli bir derecede sıcak kümesine ve belli bir derecede soğuk kümesine üyeliği bulunmaktadır. Şekil 4.4'deki küme mantığı insanın düşünme yeteneğine daha uyumlu bir yapıdadır (Beycioğlu vd., 2008)



Şekil 4.3. Klasik mantık

Şekil 4.4. Bulanık mantık (Beycioğlu vd., 2008)

Üyelik fonksiyonlarının belirlenmesinde kullanılan başlıca yöntemler;

- sezgi,
- çıkarım
- derecelendirme,
- açılı bulanık kümeler,
- yapay sinir ağları,
- genetik algoritmalar,
- çıkarımcı muhakeme

gibi değişik yaklaşımlardır (Şen, 2001).

Sezgi yöntemi, fazlaca teknik bilgi gerektirmemektedir. Burada her kişinin kendi anlayış, görüş ve olaya bakışları önemli rol oynar. Derecelendirme yönteminde, bir bulanık değişkene anketler, soruşturmalar veya seçimler sonucunda üyelik derecelerinin atanmasına çalışılır. Her zaman verilen iki seçenek arasındaki tercihler sayılır veya bu tercihlere verilen puanlandırmalarla işlem görülür. Açılı üyelik dereceleri koordinat bakımından alışlagelmiş bulanık kümelerden farklı olup, her 2π aralığında kendisini tekrarlamaktadır. Üyelik fonksiyonlarının atanması ile ilgili olarak özellikle yapay sinir ağları ve genetik algoritmalar gibi yöntemler de sıkça kullanılmaktadır (Şen, 2001).

4.3. Bulanıklaştırma

Pratikte genel olarak klasik küme şeklinde beliren değişim aralıklarının bulanıklaştırılması, bulanık küme, mantık ve sistem işlemleri için gereklidir. Bunun için, bir aralıkta bulunabilecek tüm öğelerin hepsinin, 1'e eşit üyelik derecesine sahip olacak yerde, 0 ile 1 arasında değişik değerlere sahip olması düşünülür. İş böyle olunca da, bazı öğelerin belirsizlik içerdikleri kabul edilir bu belirsizliğin müphem, sayısal olmayan durumlardan kaynaklanması halinde bulanıklıktan söz edilir (Şen, 2001).

Bulanıklaştırma, verilen nümerik ayırık giriş parametrelerinin, bulanık işlem mekanizmasında değerlendirilmesi için, bulanık kümelere dönüştürülmesi işlemidir. Birçok bulanıklaştırma şekli vardır. Bunlardan en çok kullanılanları; üçgen, yamuk veya Gauss biçimli üyelik fonksiyonları ile temsil edilenlerdir (Esendal, 2007).

4.4. Bulanık Kurallar

Bilgi işlemlerinin makineler tarafından algılanma yolu olan yapay zeka alanında, bilgi işlemi için kullanılan yollardan bir tanesi de, bilgiyi insan dilindeki gibi bir ifade ile temsil etmektir. Bu en yaygın olarak kullanılan insan bilgisini işleme yöntemidir. Böyle bir ifadede EĞER-İSE (IF-THEN) ile ayrılmış olan iki kısım bulunur. Bunlardan EĞER ile İSE arasında bulunan kısma öncül veya ön koşul, İSE den sonraki kısma ise soncul veya çıkarım adı verilir (Şen, 2001).

EĞER öncül İSE çıkarım

Bu türlü yapısı olan ifadelere 'EĞER-İSE kural tabanlı' biçim adı verilir. Bu ifade bilinen bazı bilgilerin kullanılması ile bunların ışığında faydalı olan diğerlerinin çıkarılması anlamına gelir. Bu tür bilgiler, insanın kendi kişisel deneyimlerinden hareketle çıkardığı, yerine göre çok nesnel (objektif) olmayan sığ bilgilerdir. Bunun karşısında, 'derin bilgiler' in sözel olarak kolayca çıkarılması mümkün değildir. Örneğin Kepler yasaları ve Newton kurallarının gelişerek oluşmasında yılların gözlem, deneyim ve birikimleri vardır. Kural tabanlı bilgilerin uzmanlar tarafından

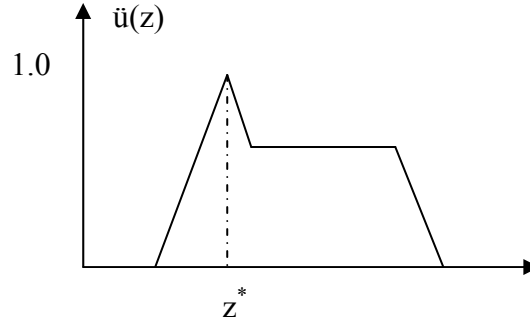
verilen bilgilerden farklı tarafı uzmanlardan başka kaynaklardan da yararlanarak yazılabilmektedir. Kural tabanlı olan bilgilerin gerek öncül gerekse çıkarım olan son kısımları ayrı ayrı bulanıklaştırılarak işlemler yapılır.

4.5. Durulaştırma

Pratik uygulamalarda, özellikle teknik plan proje ve tasarımlarda, kesin olarak sayısal veriye ihtiyaç duyulmaktadır. Bu nedenle, bulanık sistemlerin çıktılarının uygulamalarda doğrudan kullanılması mümkün olmamaktadır. Bu durumda, bulanık çıktılarının durulaştırılması gerekir. Durulaştırma işlemi, bulanıklaştırma işleminin tersi olup, bulanık çıktılarının sayılara dönüştürülmesidir. Durulaştırma işlemi için yedi yöntem kullanılmaktadır (Şen, 2001).

4.5.1. En Büyük Üyelik İlkesi

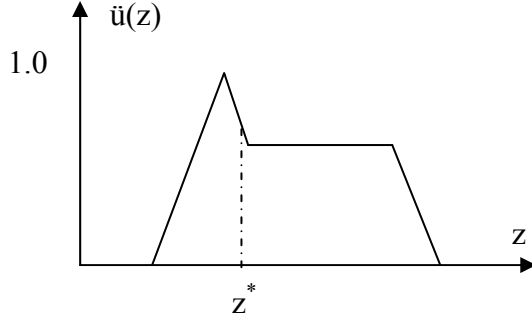
Bunun diğer bir adı da yükseklik yöntemidir. Kullanılabilmesi için tepeleri olan çıkarım bulanık kümelerine gerek vardır. Şekil 4.5. bu durulaştırma işlemini göstermektedir.



Şekil 4.5. En büyük üyelik ilkesi durulaştırması

4.5.2. Ağırlık Merkezi (Centroid) Yöntemi

Durulaştırma işlemlerinde, en yaygın olarak kullanılan yöntemdir. Şekil 4.6. bu yöntem kullanılarak yapılan durulaştırma işlemini gösterir.

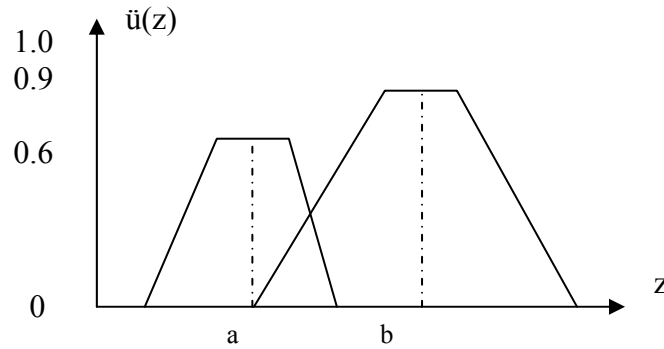


Şekil 4.6. Centroid yöntemi durulaştırması

4.5.3. Ağırlıklı Ortalama Yöntemi

Bu yöntemin kullanılabilmesi için simetrik üyelik fonksiyonunun bulunması gerekir. Örnek olarak Şekil 4.7.'de görülen bulanık kümenin ağırlıklı ortalaması (durulaştırılmış değeri):

$$z^* = \frac{a(0,6) + b(0,9)}{0,6 + 0,9}$$

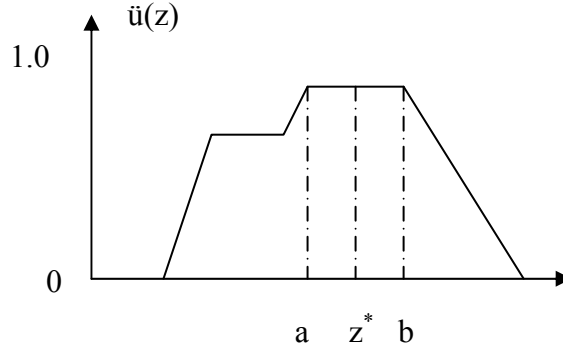


Şekil 4.7. Ağırlıklı ortalama yöntemi durulaştırması

4.5.4. Ortalama En Büyük Üyelik

En büyük üyelik ilkesine oldukça yakındır. Ancak en büyük üyelik değeri birden fazla olduğu durumlarda kullanılmaktadır. Yöntemin matematik ifadesi aşağıdaki gibidir.

$$z^* = (a+b)/2$$



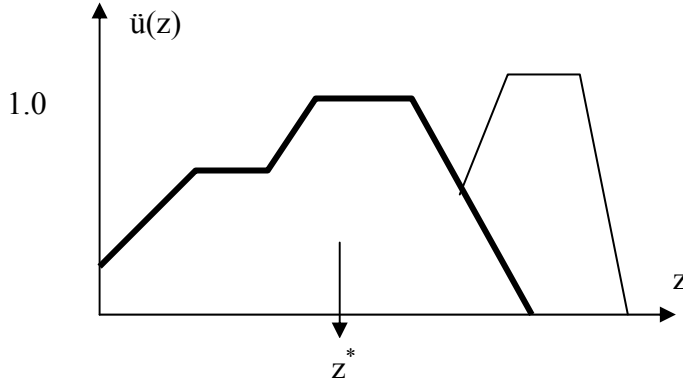
Şekil 4.8. Ortalama en büyük üyelik durulaştırması

4.5.5. Toplamların Merkezi

Durulaştırma işlemlerinde en hızlı olan yöntemdir. Bu yöntemde iki bulanık kümenin birleşimi yerine onların cebirsel toplamları kullanılır. Bunun sakıncası, örtüşen kısımların iki defa toplama girmesidir. Bir bakıma hesaplama tarzı ağırlıklı ortalama durulaştırmasına benzer. Ancak bu yöntemde ağırlıklar ilgili üyelik fonksiyonlarının alanlarıdır. Ağırlıklı ortalama yönteminde ise bu, üyelik derecesidir.

4.5.6. En Büyük Alanın Merkezi

Eğer çıkış bulanık kümesi en azından iki tane dış bükey alt bulanık kümeyi içeriyorsa, bu bulanık kümelerin en büyük alanlısının ağırlık merkezi durulaştırma işleminde kullanılır. Şekil 4.9. durulaştırma işlemini gösterir.



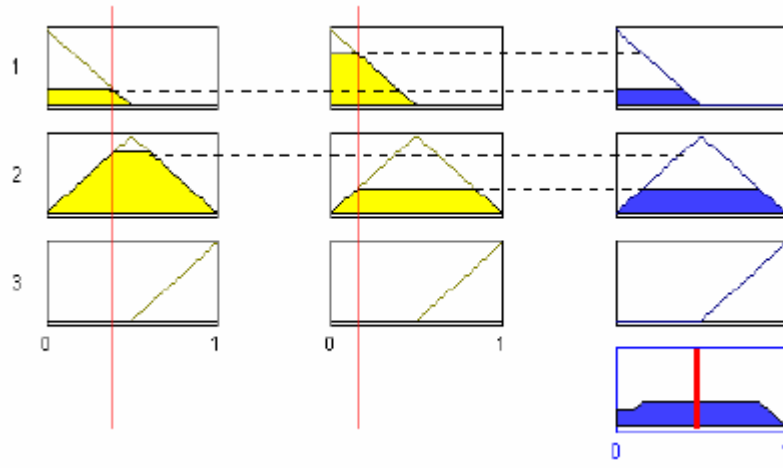
Şekil 4.9. En büyük alanın merkezi durulaştırması

4.5.7. En büyük ilk veya son üyelik derecesi

Bu yöntem, tüm çıktılarının birleşimi olarak ortaya çıkan bulanık kümede, en büyük üyelik derecesine sahip olan en küçük bulanık küme değerini seçmek esasına dayanır (Terzi, 2004).

4.6. Durulaştırmada Kuralların Harmanlanmasında Kullanılan “VE” Operatörünün Çalışma Prensibi.

İki tane girdisi ve bir tane çıktısı olan bir sistemi ele alacak olursak ve kurallar arası harmanlamanın VE bağlacı ile yapılmış olduğunu varsayarsak bu durumda En Büyük-En Küçük (EB-EK) kuralı gereğince her iki girdinin üyelik derecelerinden küçük olanın üyelik derecesi çıktının üyelik derecesi olacaktır. Bahsedilen durum Şekil 4.10'da görülmektedir.



Şekil 4.10. VE bağlacı ile bağlanan kuralın kullanıldığı örnek

5. DENEYSEL BULGULAR

5.1. Agrega Deneylerine İlişkin Bulgular

Agregada elek analizine ait sonuçlar Çizelge 5.1.'de Granülometri eğrisi ise Şekil 5.1.'de verilmiştir.

Çizelge 5.1. Elek analizine ilişkin sonuçlar (0 mm-19,1 mm).

Elek No		POMZA		Alt sınır	Üst sınır
		Elekten Geçen (%)	Elekte Kalan (%)	Elekten Geçen (%)	Elekten Geçen (%)
3/4"	19,1	100,00	0,00	100	100
1/2"	12,7	77,35	22,65	75	82
3/8"	9,52	65,91	34,09	61	72
4#	4,76	50,00	50,00	40	58
8#	2,38	30,66	69,34	28	47
16#	1,19	23,38	76,62	18	35
30#	0,59	20,67	79,33	12	25
50#	0,297	13,01	86,99	7	14
100#	0,149	7,35	92,65	3	8
Toplam Kalan (%)			511,67		

Agregaların İncelik modülü eşitlik (5.1)'deki gibi hesaplanır.

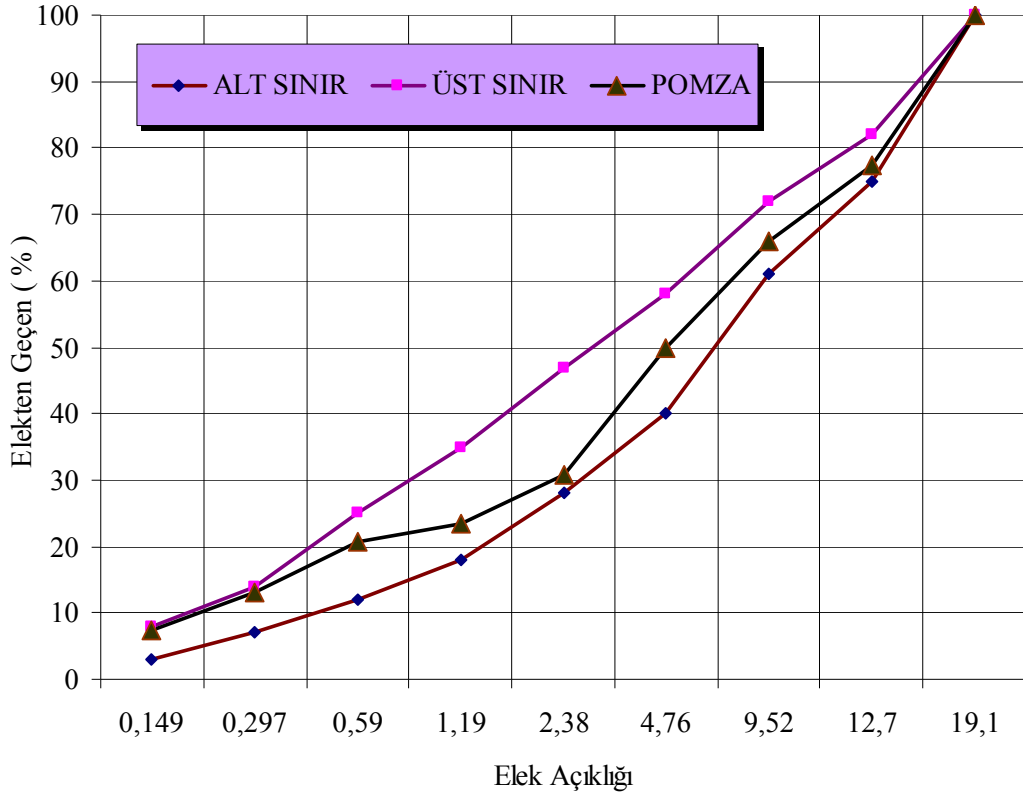
$$Imk = \frac{\sum EK}{100} \quad (5.1)$$

Burada;

$\sum EK$ = Toplam elekte kalan yüzde,(%)

Imk= İncelik modülü'dür.

	POMZA
İncelik Modülü	5,12



Şekil 5.1. Granülometri eğrisi

Agregada gevşek ve sıkışık birim ağırlık deneyleri ile özgül ağırlık ve su emme deneylerine ilişkin sonuçlar Çizelge 5.2.' de verilmiştir.

Çizelge 5.2. Agregaların fiziksel özellikleri

Agrega Tane Sınıfı (mm)	Özgül Ağırlık Faktörü (kg/dm ³)	Birim Hacim Ağırlık (kg/dm ³)	
		Gevşek	Sıkışık
0-4 pomza	2,03	1,214	1,372
4-8 pomza	1,68	0,647	0,744
8-16 pomza	1,55	0,602	0,662

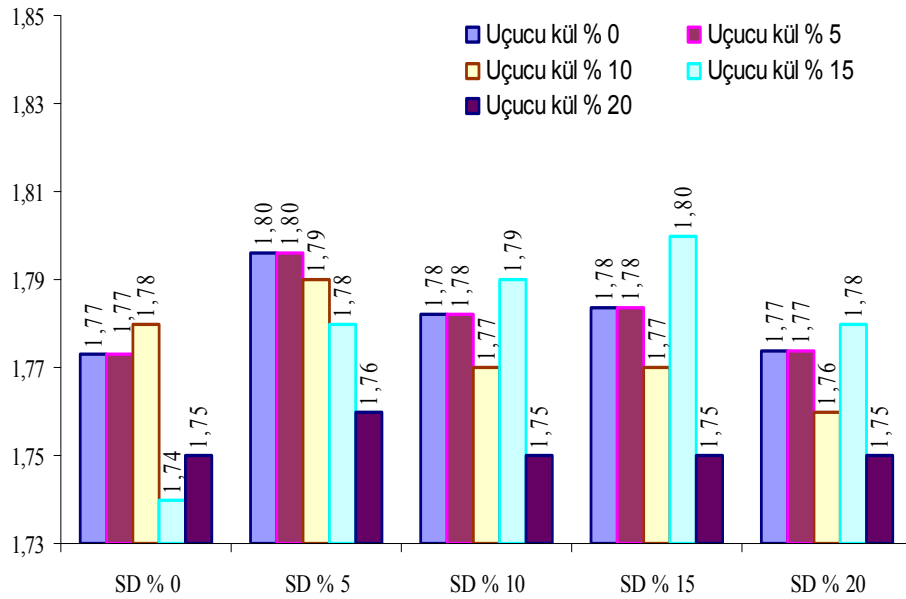
5.2. Taze Beton Deneylerine İlişkin Bulgular

5.2.1. Taze Betonun Birim Ağırlığı

Taze beton numuneleri üzerinde TS 2941'e göre birim ağırlık deneyi yapılmış ve bütün beton serilerine ait birim ağırlık değerleri Çizelge 5.3. ve Şekil 5.2.'de verilmiştir.

Çizelge 5.3. Bütün beton serilerine ait birim ağırlık değerleri

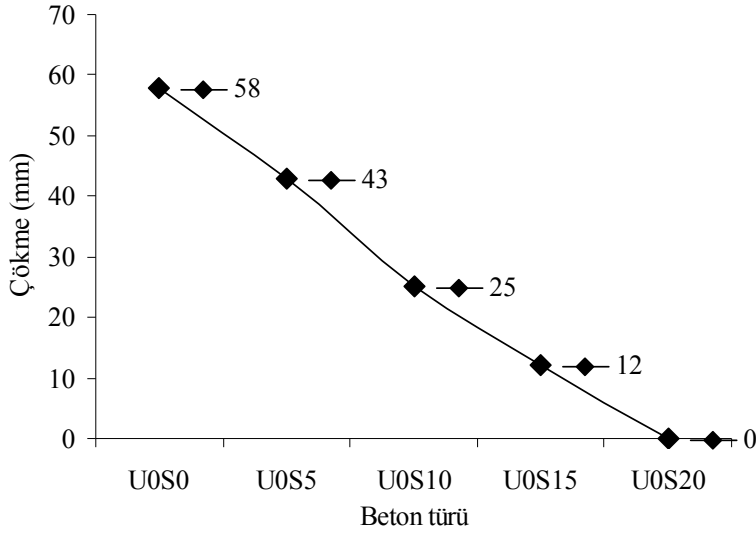
Beton türü	Ortalama Birim hacim ağırlık (gr/cm ³)	Beton türü	Ortalama Birim hacim ağırlık (gr/cm ³)	Beton türü	Ortalama Birim hacim ağırlık (gr/cm ³)
U0S0	1,77	U5S0	1,77	U20S0	1,75
U0S5	1,80	U5S5	1,80	U20S5	1,76
U0S10	1,78	U5S10	1,78	U20S10	1,75
U0S15	1,78	U5S15	1,78	U20S15	1,75
U0S20	1,77	U5S20	1,77	U20S20	1,75
U10S0	1,78	U15S0	1,74		
U10S5	1,79	U15S5	1,78		
U10S10	1,77	U15S10	1,79		
U10S15	1,77	U15S15	1,80		
U10S20	1,76	U15S20	1,78		



Şekil 5.2. Bütün beton serilerine ait birim ağırlık değerleri

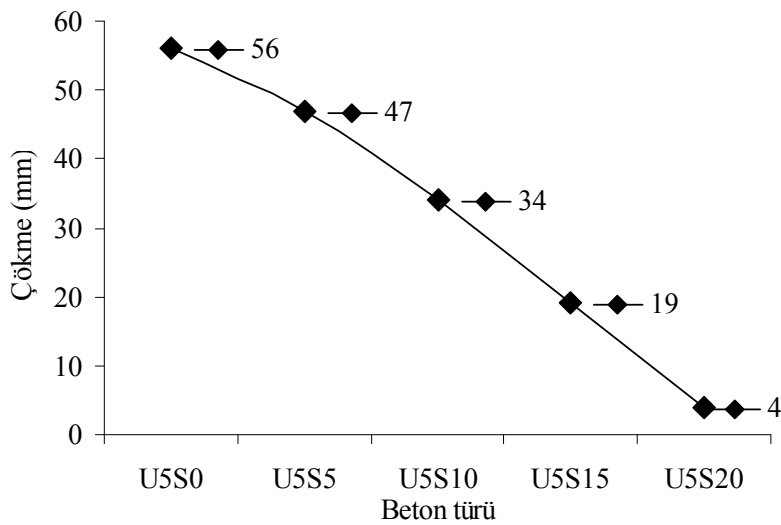
5.2.2. Taze Betonda İşlenebilirlik

Beton serilerinin işlenebilirliğini tayin etmek amacıyla taze haldeki beton numuneler üzerinde TS EN 12350-2 standardına göre çökme deneyi yapılmıştır. Uçucu kül (UK) kullanılmayan serilerde Silis dumanı (SD) ikame miktarına bağlı olarak çökme değerinin değişimi Şekil 5.3.'de verilmiştir.



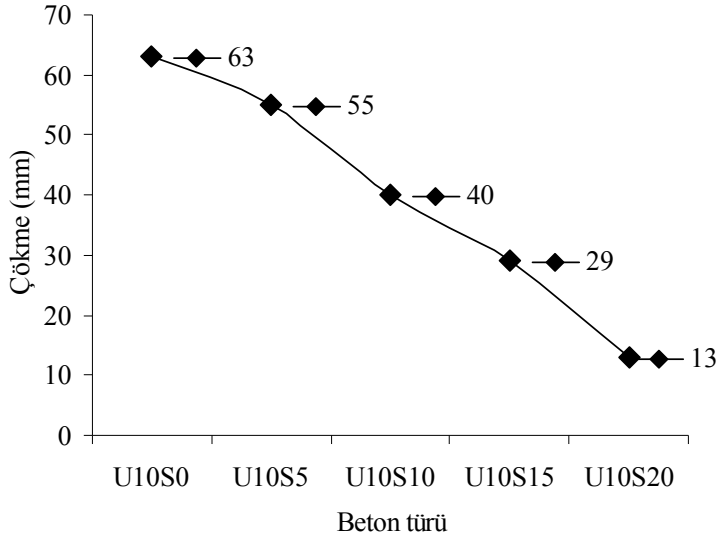
Şekil 5.3. UK kullanılmayan betonlarda SD ikame miktarına bağlı çökme değeri değişimi

UK ikame miktarının % 5 olduğu serilerde SD ikame miktarına bağlı olarak çökme değerinin değişimi Şekil 5.4.'de verilmiştir.



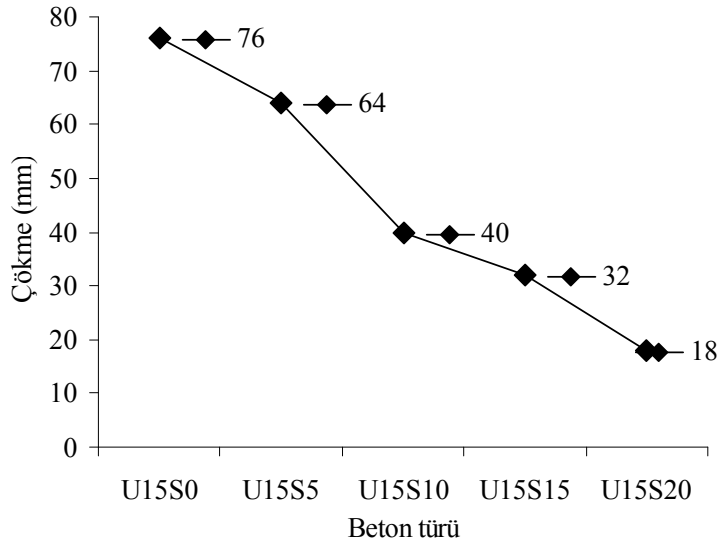
Şekil 5.4. UK % 5 ikame edilmiş betonlarda SD ikame miktarına bağlı çökme değeri değişimi

UK ikame miktarının % 10 olduğu serilerde SD ikame miktarına bağlı olarak çökme değerinin değişimi Şekil 5.5.'de verilmiştir.



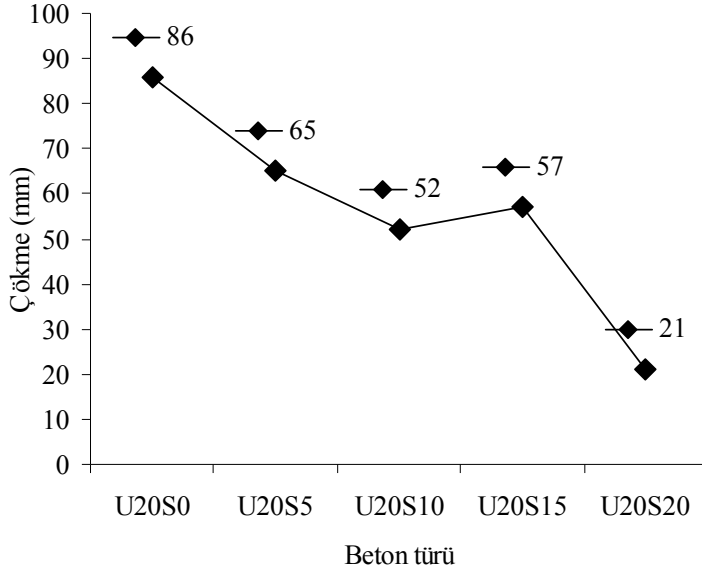
Şekil 5.5. UK % 10 ikame edilmiş betonlarda SD ikame miktarına bağlı çökme değerini değişimi

UK ikame miktarının % 15 olduğu serilerde SD ikame miktarına bağlı olarak çökme değerinin değişimi Şekil 5.6.'de verilmiştir.



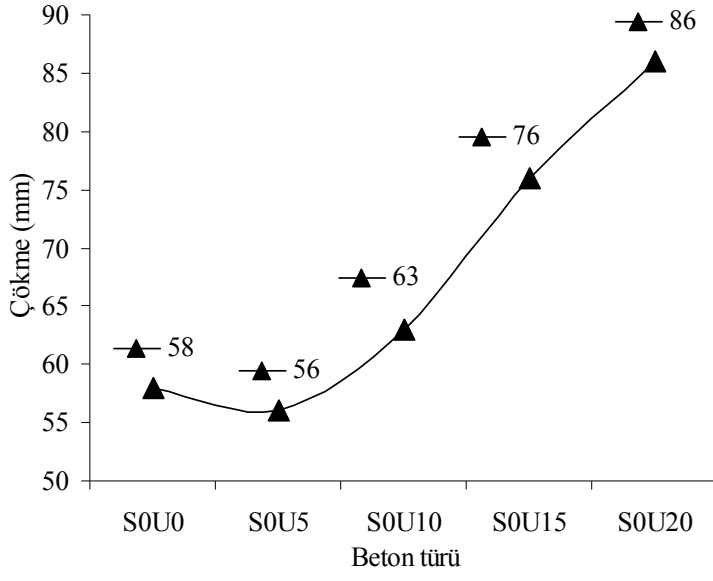
Şekil 5.6. UK % 15 ikame edilmiş betonlarda SD ikame miktarına bağlı çökme değerini değişimi

UK ikame miktarının % 20 olduğu serilerde SD ikame miktarına bağlı olarak çökme değerinin değişimi Şekil 5.7.'de verilmiştir.

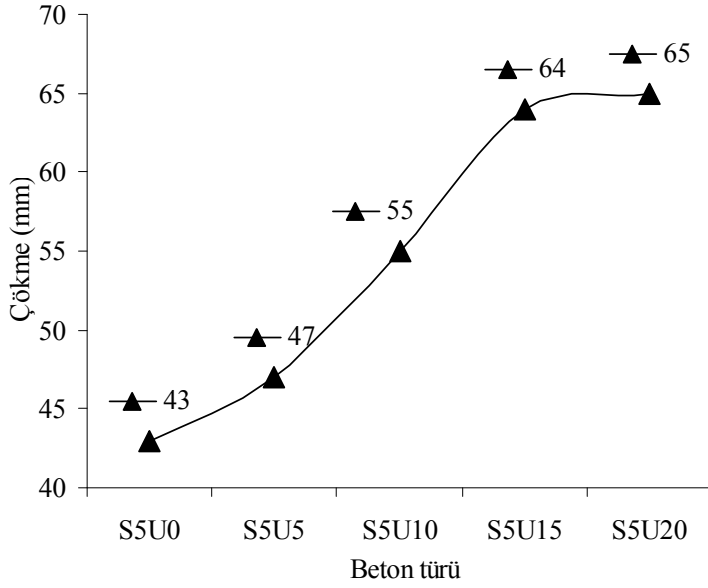


Şekil 5. 7. UK % 20 ikame edilmiş betonlarda SD ikame miktarına bağlı çökme değerini değişimi

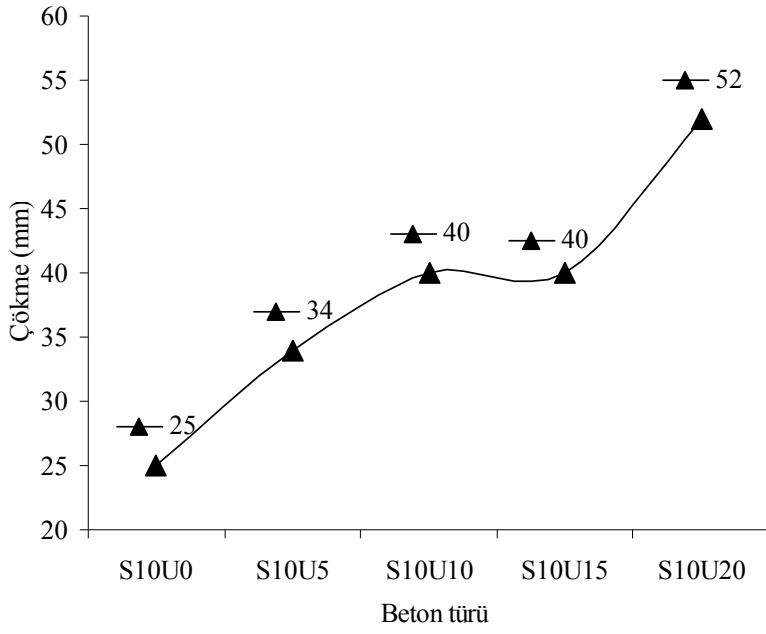
Ayrıca SD'nin sabit olduğu durumlarda UK ikame miktarının işlenebilirliğe etkisinin görölmesi amacıyla, SD'nin kullanılmadığı durumda UK ikame miktarının çökme değerlerine etkisi Şekil 5.8.'de verilmiştir. SD ikame miktarının % 5-10-15 ve 20 olarak sabit olduğu durumlarda UK ikame miktarına bağlı çökme değerlerinin değişimi ise Şekil 5.9.- Şekil 5.10.- Şekil 5.11. ve Şekil 5.12.'de verilmiştir.



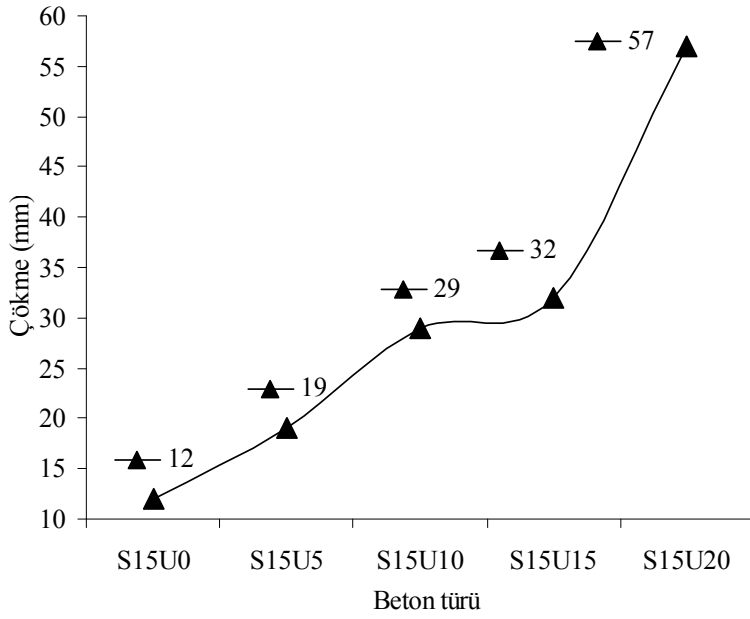
Şekil 5.8. SD kullanılmayan betonlarda UK ikame miktarına bağlı çökme değeri değişimi



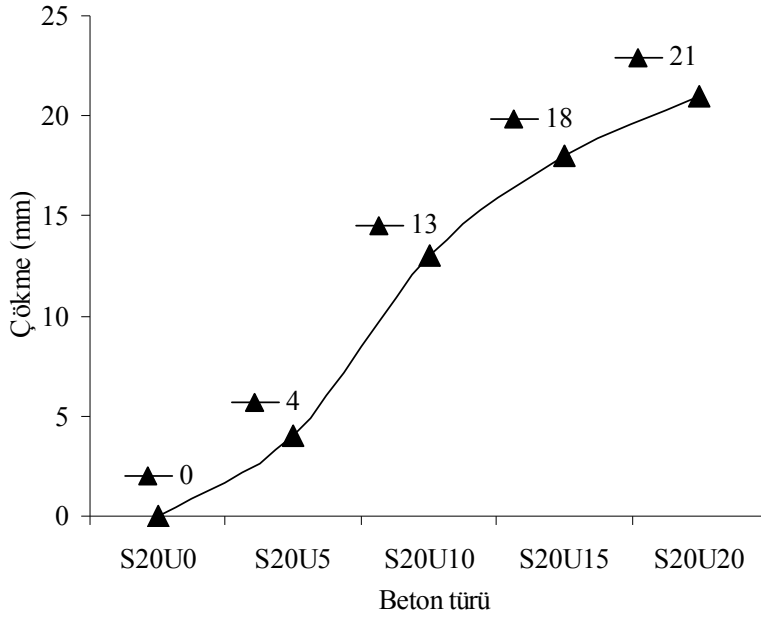
Şekil 5.9. SD % 5 ikame edilmiş betonlarda UK ikame miktarına bağlı çökme değeri değişimi.



Şekil 5.10. SD % 10 ikame edilmiş betonlarda UK ikame miktarına bağlı çökme değeri değişimi.



Şekil 5.11. SD % 15 ikame edilmiş betonlarda UK ikame miktarına bağlı çökme değeri değişimi



Şekil 5.12.SD % 20 ikame edilmiş betonlarda UK ikame miktarına bağlı çökme değeri değişimi

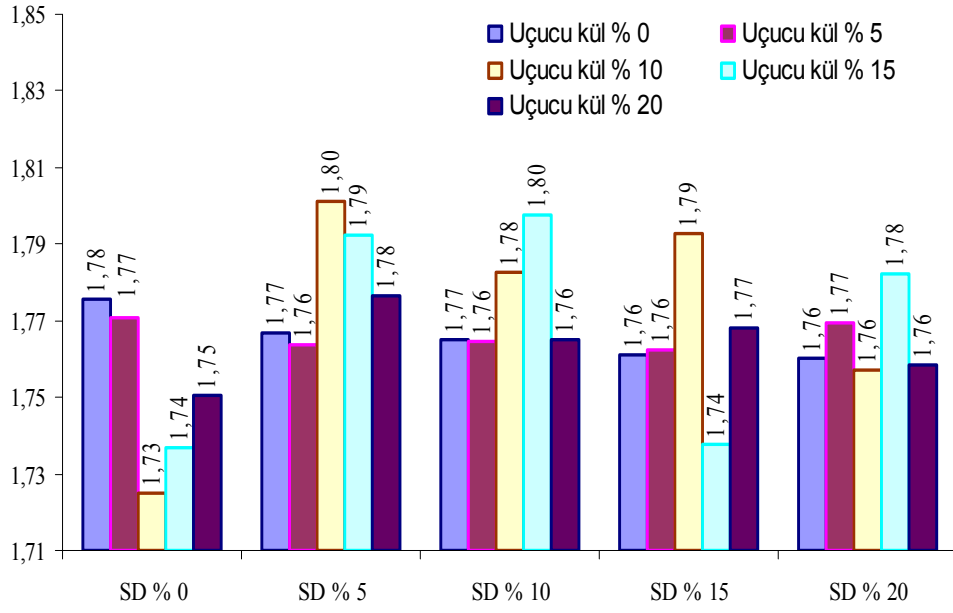
5.3. Sertleşmiş Beton Deneilerine İlişkin Bulgular

5.3.1. Sertleşmiş Betonun Birim Ağırlığı

Sertleşmiş beton numuneleri üzerinde birim ağırlık deneyi yapılmış ve bütün beton serilerine ait birim ağırlık değerleri Çizelge 5.4. ve Şekil 5.13’de verilmiştir.

Çizelge 5.4. Sertleşmiş beton birim ağırlık değerleri

Beton türü	Ortalama Birim hacim ağırlık (gr/cm ³)	Beton türü	Ortalama Birim hacim ağırlık (gr/cm ³)	Beton türü	Ortalama Birim hacim ağırlık (gr/cm ³)
U0S0	1,78	U5S0	1,77	U20S0	1,75
U0S5	1,77	U5S5	1,76	U20S5	1,78
U0S10	1,77	U5S10	1,76	U20S10	1,76
U0S15	1,76	U5S15	1,76	U20S15	1,77
U0S20	1,76	U5S20	1,77	U20S20	1,76
U10S0	1,73	U15S0	1,74		
U10S5	1,80	U15S5	1,79		
U10S10	1,78	U15S10	1,80		
U10S15	1,79	U15S15	1,74		
U10S20	1,76	U15S20	1,78		



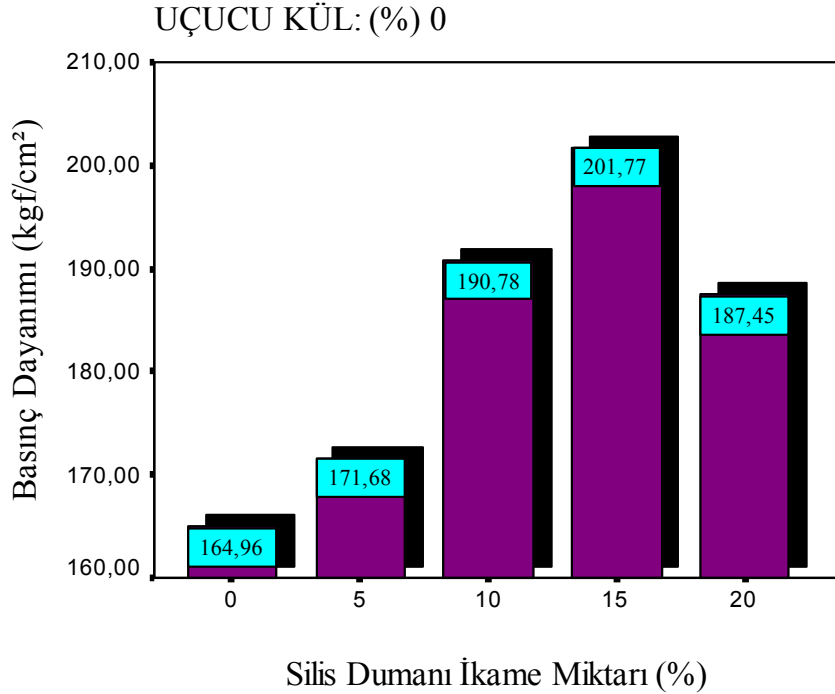
Şekil 5.13 Sertleşmiş beton birim ağırlık değerleri

5.3.2. Tek Eksenli Basınç Dayanımı Sonuçları ve Analizi

Sertleşmiş beton numuneleri üzerinde TS EN 12390-3 standardına uygun olarak tek eksenli basınç dayanımı deneyleri yapılmıştır. %0 uçucu kül (UK) kullanılan beton serilerinde silis dumanı (SD) ikame miktarlarına bağlı olarak elde edilen basınç dayanımı değerlerine ait tanımlayıcı istatistikler Çizelge 5.5’de verilmiştir. Ayrıca Ortalama basınç dayanımı değerlerine ait grafik Şekil 5.14.’de görülmektedir.

Çizelge 5.5. UK %0 iken SD ikame miktarına bağlı basınç dayanımı değerleri için tanımlayıcı istatistikler

Silis Dumanı (%)	N	Ortalama Basınç Dayanımı (kgf/cm ²)	Std. Sapma	Std. Hata	Minimum	Maksimum
0	4	164,9600	3,2140	1,6070	161,44	168,97
5	4	171,6750	3,0448	1,5224	167,37	174,37
10	4	190,7775	3,3520	1,6760	187,29	194,73
15	4	201,7725	3,2591	1,6295	197,78	205,61
20	4	187,4525	2,7031	1,3515	185,05	191,15



Şekil 5.14. UK %0 iken SD ikame miktarına bağlı ortalama basınç dayanımı değerleri

SD ikame miktarına bağılı olarak basınç dayanımlarının değişimini inceleyebilmek için gerçekleştirilen Varyans analizi sonucunda gruplar arasında istatistiksel anlamda önemli bir fark olduğu ($p \leq 0,05$) görülmüştür. Çizelge 5.6.

Çizelge 5.6. Basınç dayanımı değerleri için varyans analizi sonuçları

Varyansın kaynağı	Kareler toplamı	Serbestlik derecesi	Kareler ortalaması	F testi	Anlamlılık düzeyi (α)
Gruplar arası	3543,528	4	885,882	90,834	0,000
Grup içi	146,292	15	9,753		

Gruplar arasındaki farklılığın hangi gruplardan kaynaklandığını tespit edebilmek amacıyla Scheffe oklu karşılaştırma testi (KT) uygulanmış ve sonuçlar izelge 5.7.'de verilmiştir.

Çizelge 5.7. Scheffe oklu karşılaştırma testi

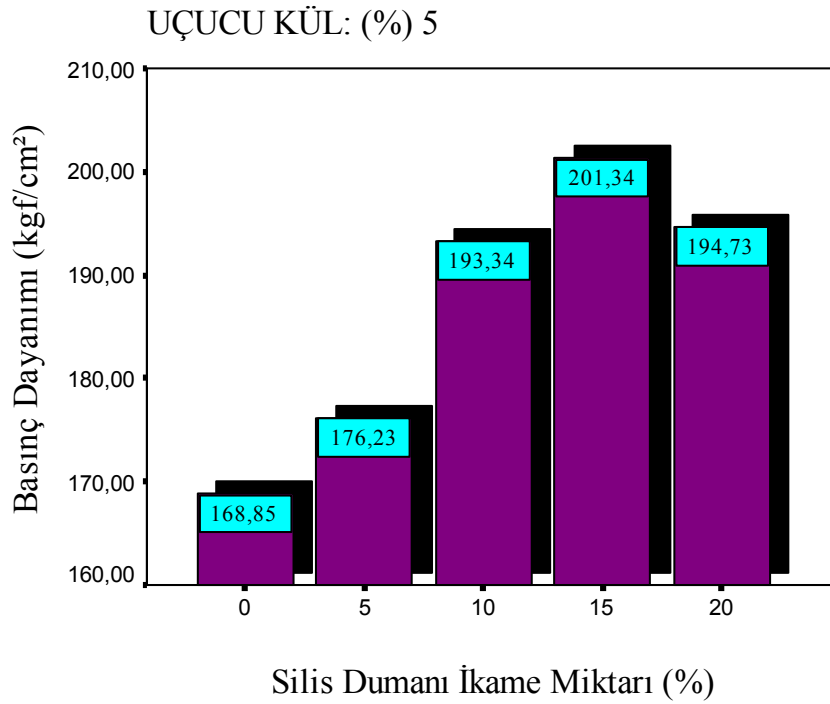
Çoklu karşılaştırma testi yöntemi	Silis dumanı ikame miktarı (%)	N	Farklı olan gruplar = (α)0 .05		
			1	2	3
Scheffe	0	4	164,9600		
	5	4	171,6750		
	20	4		187,4525	
	10	4		190,7775	
	15	4			201,7725

Gerçekleştirilen KT sonuçlarına göre, %0 SD ikameli betonun 164,96 kgf/cm² ile en düşük, %15 SD ikameli betonun ise 201,77 kgf/cm² ile en yüksek basınç dayanımı değerine sahip olduğu, SD %0-%5 ve %20-%10 oranında ikame edildiği gruplarda basınç dayanımlarının istatistiksel olarak farklı olmadığı görülmüştür.

%5 UK kullanılan beton serilerinde SD ikame miktarlarına bağlı olarak elde edilen basınç dayanımı değerlerine ait tanımlayıcı istatistikler Çizelge 5. 8. 'de verilmiştir. Ayrıca Ortalama basınç dayanımı değerlerine ait grafik Şekil 5.15.'de görülmektedir.

Çizelge 5.8. UK %5 iken SD ikame miktarına bağlı basınç dayanımı değerleri için tanımlayıcı istatistikler

Silis Dumanı (%)	N	Ortalama Basınç Dayanımı	Std. Sapma	Std. Hata	Minimum	Maksimum
0	4	168,8525	3,0367	1,5184	165,19	172,44
5	4	176,2300	2,9431	1,4715	173,33	179,75
10	4	193,3350	4,1900	2,0950	190,25	199,33
15	4	201,3375	3,7419	1,8709	197,29	205,87
20	4	194,7325	3,8792	1,9396	190,63	199,97



Şekil 5.15. UK % 5 iken SD ikame miktarına bağlı ortalama basınç dayanımı değerleri

SD ikame miktarına bağı olarak basınç dayanımlarının değişimini inceleyebilmek için gerçekleştirilen Varyans analizi sonucunda gruplar arasında istatistiksel anlamda önemli bir fark olduğu ($p \leq 0,05$) görülmüştür. Çizelge 5.9.

Çizelge 5.9. %5 UK durumunda basınç dayanımı değerleri için varyans analizi sonuçları

Varyansın kaynağı	Kareler toplamı	Serbestlik derecesi	Kareler ortalaması	F testi	Anlamlılık düzeyi (α)
Gruplar arası	3003,039	4	750,760	58,208	0,000
Grup içi	193,467	15	12,898		
Toplam	3196,506	19			

Gruplar arasındaki farklılığın hangi gruplardan kaynaklandığını tespit edebilmek amacıyla Scheffe ÇKT uygulanmış ve sonuçlar Çizelge 5.10.'da verilmiştir.

Çizelge 5.10. Scheffe çoklu karşılaştırma testi sonuçları

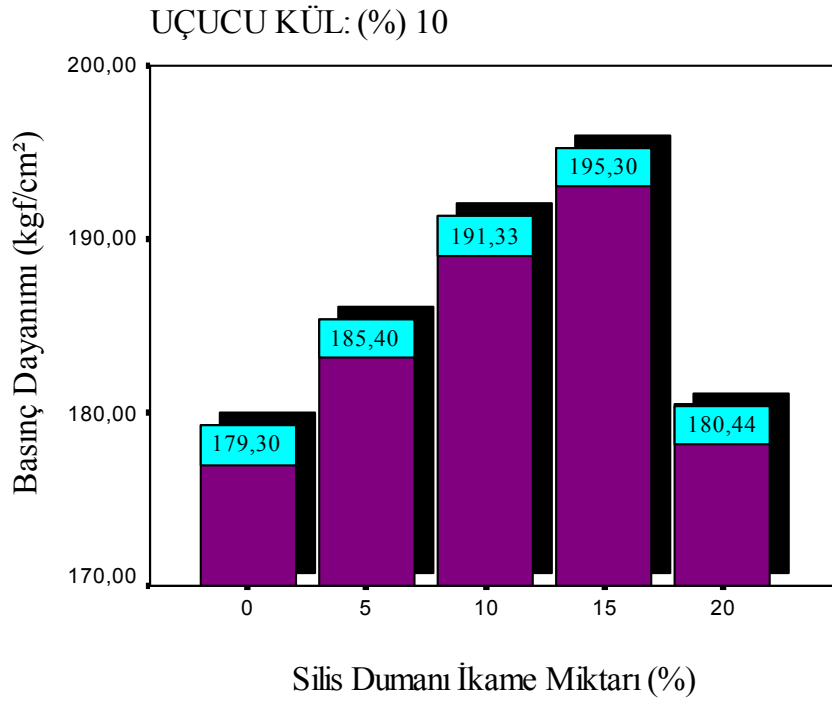
Çoklu karşılaştırma testi yöntemi	Silis dumanı ikame miktarı (%)	N	Farklı olan gruplar = (α)0 .05		
			1	2	3
Scheffe	0	4	168,8525		
	5	4	176,2300		
	10	4		193,3350	
	20	4		194,7325	
	15	4		201,3375	

Gerçekleştirilen ÇKT sonuçlarına göre, %0 SD ikameli betonun 168,85 kgf/cm² ile en düşük, %15 SD ikameli betonun ise 201,33 kgf/cm² ile en yüksek basınç dayanımı değerine sahip olduğu, SD'nin %0 ve %5 oranında ikame edildiği gruplarda basınç dayanımlarının istatistiksel olarak farklı olmadığı benzer şekilde %10-%20 ve %15 oranında ikame edildiği gruplarda da basınç dayanımlarının istatistiksel olarak farklı olmadığı görülmüştür.

% 10 UK kullanılan beton serilerinde SD ikame miktarlarına bağlı olarak elde edilen basınç dayanımı değerlerine ait tanımlayıcı istatistikler Çizelge 5.11.'de verilmiştir. Ayrıca Ortalama basınç dayanımı değerlerine ait grafik Şekil 5.16.'da görülmektedir.

Çizelge 5.11. UK %10 iken SD ikame miktarına bağlı basınç dayanımı değerleri için tanımlayıcı istatistikler

Silis Dumani (%)	N	Ortalama Basınç Dayanımı	Std. Sapma	Std. Hata	Minimum	Maksimum
0	4	179,2975	2,4528	1,2264	175,66	180,80
5	4	185,4025	2,4205	1,2103	182,78	188,52
10	4	191,3300	2,9791	1,4896	188,19	195,25
15	4	195,3000	1,5926	,7963	193,44	197,33
20	4	180,4400	4,5032	2,2516	173,88	184,14



Şekil 5.16. UK % 10 iken SD ikame miktarına bağlı ortalama basınç dayanımı değerleri

SD ikame miktarına bağı olarak basınç dayanımlarının değişimini inceleyebilmek için gerçekleştirilen Varyans analizi sonucunda gruplar arasında istatistiksel anlamda önemli bir fark olduğu ($p \leq 0,05$) görülmüştür. Çizelge 5.12.

Çizelge 5.12. % 10 UK durumunda basınç dayanımı değerleri için varyans analizi sonuçları

Varyansın kaynağı	Kareler toplamı	Serbestlik derecesi	Kareler ortalaması	F testi	Anlamlılık düzeyi (α)
Gruplar arası	761,866	4	190,466	21,859	,000
Grup içi	130,699	15	8,713		
Toplam	892,564	19			

Gruplar arasındaki farklılığın hangi gruplardan kaynaklandığını tespit edebilmek amacıyla Scheffe ÇKT uygulanmış ve sonuçlar Çizelge 5.13.'de verilmiştir.

Çizelge 5.13. Scheffe çoklu karşılaştırma testi sonuçları

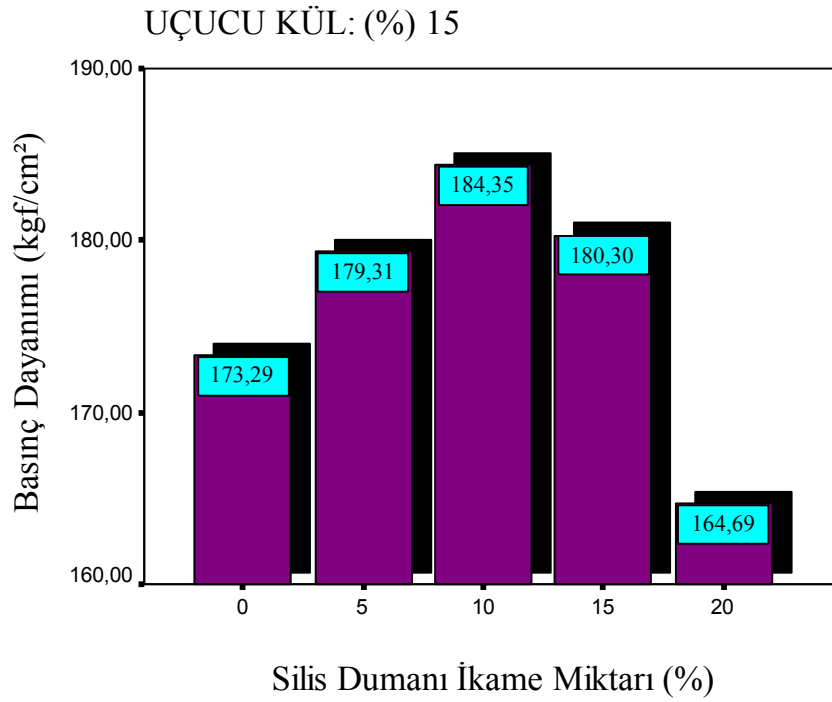
Çoklu karşılaştırma testi yöntemi	Silis dumanı ikame miktarı (%)	N	Farklı olan gruplar = (α)0 .05		
			1	2	3
Scheffe	0	4	179,2975		
	20	4	180,4400		
	5	4	185,4025	185,4025	
	10	4		191,3300	191,3300
	15	4			195,3000

Gerçekleştirilen ÇKT sonuçlarına göre, %0 SD ikameli betonun 179,29 kgf/cm² ile en düşük, %15 SD ikameli betonun ise 195,30 kgf/cm² ile en yüksek basınç dayanımı değerine sahip olduğu, SD'nin %0-%20 ve %5 oranında ikame edildiği gruplarda basınç dayanımlarının istatistiksel olarak farklı olmadığı benzer şekilde %5 ve %10 oranında ikame edildiği gruplar ile %10 ve %15 oranında ikame edildiği gruplarda da basınç dayanımlarının istatistiksel olarak farklı olmadığı görülmüştür.

% 15 UK kullanılan beton serilerinde SD ikame miktarlarına bağlı olarak elde edilen basınç dayanımı değerlerine ait tanımlayıcı istatistikler Çizelge 5.14’de verilmiştir. Ayrıca Ortalama basınç dayanımı değerlerine ait grafik Şekil 5.17.’de görülmektedir.

Çizelge 5.14. UK %15 iken SD ikame miktarına bağlı basınç dayanımı değerleri için tanımlayıcı istatistikler

Silis Dumanı (%)	N	Ortalama Basınç Dayanımı	Std. Sapma	Std. Hata	Minimum	Maksimum
0	4	173,2850	2,8304	1,4152	170,29	176,89
5	4	179,3125	2,4406	1,2203	176,45	182,02
10	4	184,3475	1,2224	,6112	183,35	186,09
15	4	180,3000	3,7354	1,8677	176,36	184,38
20	4	164,6925	4,6515	2,3257	158,87	168,99



Şekil 5.17. UK % 15 iken SD ikame miktarına bağlı ortalama basınç dayanımı değerleri

SD ikame miktarına bağı olarak basınç dayanımlarının değişimini inceleyebilmek için gerçekleştirilen Varyans analizi sonucunda gruplar arasında istatistiksel anlamda önemli bir fark olduğu ($p \leq 0,05$) görülmüştür. Çizelge 5.15.

Çizelge 5.15. % 15 UK durumunda basınç dayanımı değerleri için varyans analizi sonuçları

Varyansın kaynağı	Kareler toplamı	Serbestlik derecesi	Kareler ortalaması	F testi	Anlamlılık düzeyi (α)
Gruplar arası	934,494	4	233,623	22,881	,000
Grup içi	153,155	15	10,210		
Toplam	1087,649	19			

Gruplar arasındaki farklılığın hangi gruplardan kaynaklandığını tespit edebilmek amacıyla Scheffe ÇKT uygulanmış ve sonuçlar Çizelge 5.16.' da verilmiştir.

Çizelge 5.16. Scheffe çoklu karşılaştırma testi sonuçları

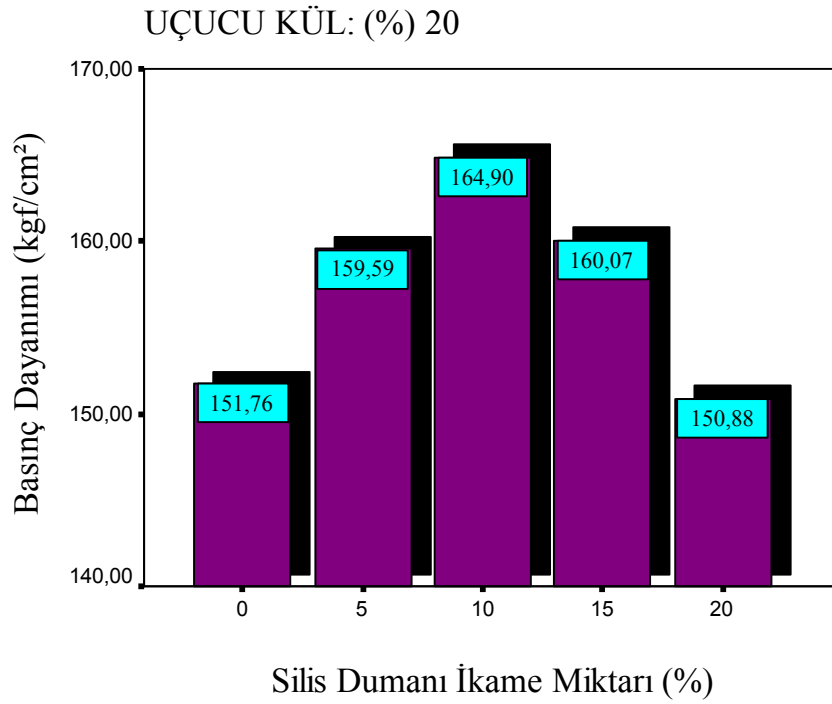
Çoklu karşılaştırma testi yöntemi	Silis dumanı ikame miktarı (%)	N	Farklı olan gruplar = (α)0 .05		
			1	2	3
Scheffe	20	4	164,6925		
	0	4		173,2850	
	5	4		179,3125	179,3125
	15	4		180,3000	180,3000
	10	4			184,3475

Gerçekleştirilen ÇKT sonuçlarına göre, %20 SD ikameli betonun 164,69 kgf/cm² ile en düşük, %10 SD ikameli betonun ise 184,35 kgf/cm² ile en yüksek basınç dayanımı değerine sahip olduğu, SD'nin %0-%5 ve %15 oranında ikame edildiği gruplarda basınç dayanımlarının istatistiksel olarak farklı olmadığı ve benzer şekilde %5-%15 ve %10 oranında ikame edildiği gruplarda da basınç dayanımlarının istatistiksel olarak farklı olmadığı görülmüştür.

% 20 UK kullanılan beton serilerinde SD ikame miktarlarına bağlı olarak elde edilen basınç dayanımı değerlerine ait tanımlayıcı istatistikler Çizelge 5.17.'de verilmiştir. Ayrıca Ortalama basınç dayanımı değerlerine ait grafik Şekil 5.18.'de görülmektedir.

Çizelge 5.17. UK %20 iken SD ikame miktarına bağlı basınç dayanımı değerleri için tanımlayıcı istatistikler

Silis Dumanı (%)	N	Ortalama Basınç Dayanımı	Std. Sapma	Std. Hata	Minimum	Maksimum
0	4	151,7650	4,4410	2,2205	146,75	157,00
5	4	159,5850	3,3600	1,6800	155,28	162,45
10	4	164,8950	3,2101	1,6051	160,31	167,81
15	4	160,0750	4,2957	2,1478	156,17	165,75
20	4	150,8850	1,5138	,7569	148,66	152,00



Şekil 5.18. UK % 20 iken SD ikame miktarına bağlı ortalama basınç dayanımı değerleri

SD ikame miktarına bağı olarak basınç dayanımlarının değişimini inceleyebilmek için gerçekleştirilen Varyans analizi sonucunda gruplar arasında istatistiksel anlamda önemli bir fark olduğu ($p \leq 0,05$) görülmüştür. Çizelge 5.18.

Çizelge 5.18. % 20 UK durumunda basınç dayanımı değerleri için varyans analizi sonuçları

Varyansın kaynağı	Kareler toplamı	Serbestlik derecesi	Kareler ortalaması	F testi	Anlamlılık düzeyi (α)
Gruplar arası	569,180	4	142,295	11,464	,000
Grup içi	186,184	15	12,412		
Toplam	755,363	19			

Gruplar arasındaki farklılığın hangi gruplardan kaynaklandığını tespit edebilmek amacıyla Scheffe ÇKT uygulanmış ve sonuçlar Çizelge 5.19.'da verilmiştir.

Çizelge 5.19. Scheffe çoklu karşılaştırma testi sonuçları

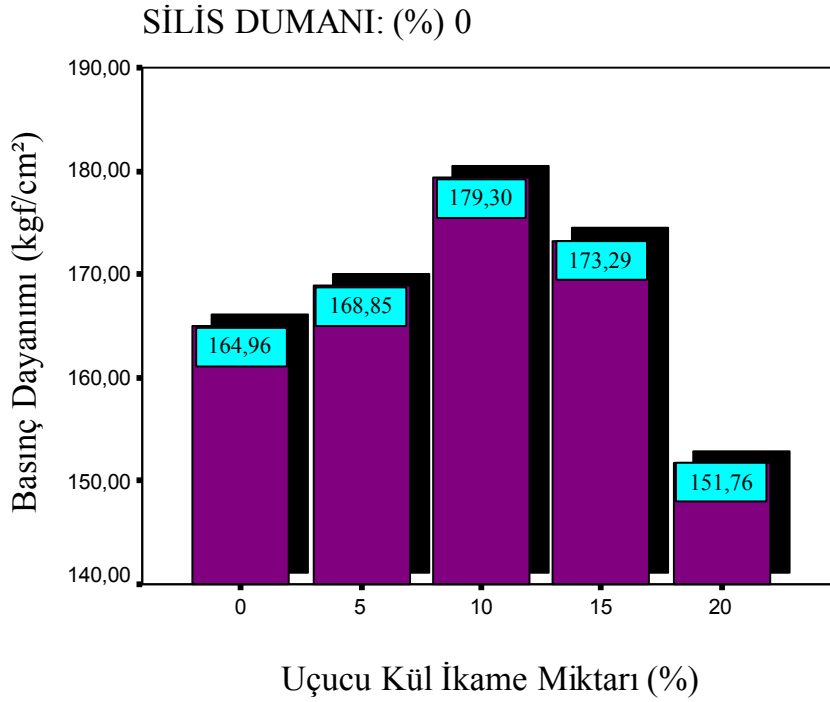
Çoklu karşılaştırma testi yöntemi	Silis dumanı ikame miktarı (%)	N	Farklı olan gruplar = (α)0 .05		
			1	2	3
Scheffe	20	4	150,8850		
	0	4	151,7650	151,7650	
	5	4	159,5850	159,5850	159,5850
	15	4		160,0750	160,0750
	10	4			164,8950

Gerçekleştirilen ÇKT sonuçlarına göre, %20 silis dumanı ikameli betonun 150,88 kgf/cm² ile en düşük, %10 SD ikameli betonun ise 164,90 kgf/cm² ile en yüksek basınç dayanımı değerine sahip olduğu, SD'nin %20-%0-%5 oranında ikame edildiği gruplarda basınç dayanımlarının istatistiksel olarak farklı olmadığı ayrıca %0-%5-%15 oranında ikame edildiği gruplarda ve %5-%15-%10 ikame edildiği gruplarda da basınç dayanımlarının istatistiksel olarak farklı olmadığı görülmüştür

SD kullanılmayan beton serilerinde UK ikame miktarlarına bağı olarak elde edilen basınç dayanımı değerlerine ait tanımlayıcı istatistikler Çizelge 5.20.'de verilmiştir. Ayrıca Ortalama basınç dayanımı değerlerine ait grafik Şekil 5.19.'da görülmektedir.

Çizelge 5.20. SD %0 iken UK ikame miktarına bağı basınç dayanımı değerleri için tanımlayıcı istatistikler

Uçucu kül (%)	N	Ortalama Basınç Dayanımı	Std. Sapma	Std. Hata	Minimum	Maksimum
0	4	164,9586	3,2142	1,6071	161,44	168,97
5	4	168,8525	3,0337	1,5169	165,19	172,44
10	4	179,2971	2,4529	1,2265	175,66	180,80
15	4	173,2848	2,8319	1,4159	170,29	176,89
20	4	151,7637	4,4422	2,2211	146,75	157,00



Şekil 5.19. SD %0 iken UK ikame miktarına bağı ortalama basınç dayanımı değerleri

UK ikame miktarına bağı olarak basınç dayanımlarının değişimini inceleyebilmek için gerçekleştirilen Varyans analizi sonucunda gruplar arasında istatistiksel anlamda önemli bir fark olduğu ($p \leq 0,05$) görülmüştür. Çizelge 5.21.

Çizelge 5.21. % 0 SD durumunda basınç dayanımı değerleri için varyans analizi sonuçları

Varyansın kaynağı	Kareler toplamı	Serbestlik derecesi	Kareler ortalaması	F testi	Anlamlılık düzeyi (α)
Gruplar arası	1713,872	4	428,468	40,191	,000
Grup içi	159,913	15	10,661		
Toplam	1873,784	19			

Gruplar arasındaki farklılığın hangi gruplardan kaynaklandığını tespit edebilmek amacıyla Scheffe ÇKT uygulanmış ve sonuçlar Çizelge 5.22.'de verilmiştir.

Çizelge 5.22 Scheffe çoklu karşılaştırma testi sonuçları

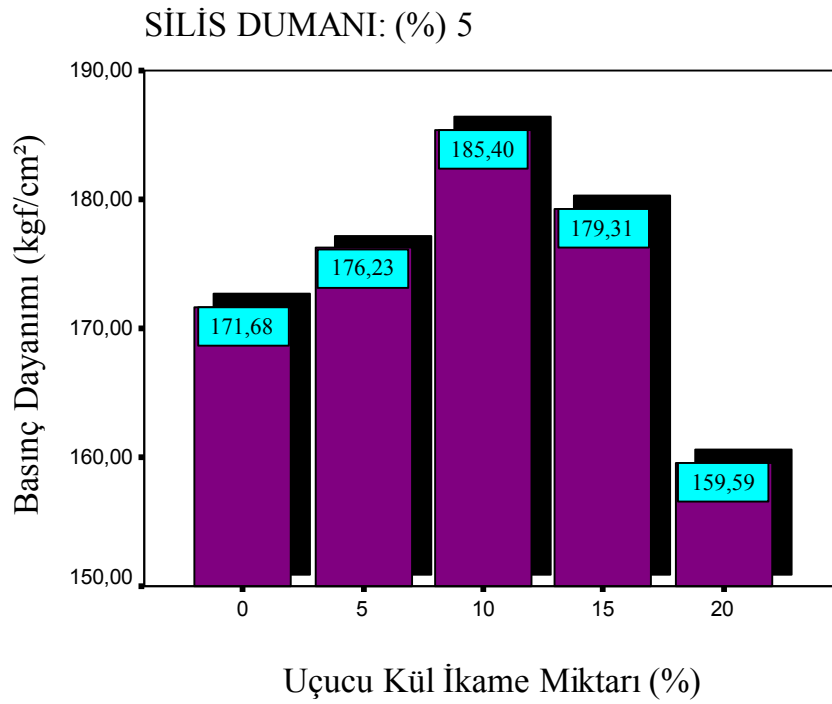
Çoklu karşılaştırma testi yöntemi	Uçucu kül ikame miktarı (%)	N	Farklı olan gruplar = (α)0 .05			
			1	2	3	4
Scheffe	20	4	151,7637			
	0	4		164,9586		
	5	4		168,8525	168,8525	
	15	4			173,2848	173,2848
	10	4				179,2971

Gerçekleştirilen ÇKT sonuçlarına göre, %20 uçucu kül ikameli betonun 151,76 kgf/cm² ile en düşük, %10 UK ikameli betonun ise 179,30 kgf/cm² ile en yüksek basınç dayanımı değerine sahip olduğu, UK'nın %0 ve %5 ile %5 ve %15 oranında ikame edildiği gruplarda basınç dayanımlarının istatistiksel olarak farklı olmadığı benzer şekilde %15 ve %10 ikame edildiği gruplarda da basınç dayanımlarının istatistiksel olarak farklı olmadığı görülmüştür.

SD % (5) kullanılan beton serilerinde UK ikame miktarlarına bağlı olarak elde edilen basınç dayanımı değerlerine ait tanımlayıcı istatistikler Çizelge 5.23.'de verilmiştir. Ayrıca Ortalama basınç dayanımı değerlerine ait grafik Şekil 5.20.'de görülmektedir.

Çizelge 5.23. SD % 5 iken UK ikame miktarına bağlı basınç dayanımı değerleri için tanımlayıcı istatistikler

Uçucu kül (%)	N	Ortalama Basınç Dayanımı	Std. Sapma	Std. Hata	Minimum	Maksimum
0	4	171,6745	3,0445	1,5223	167,37	174,37
5	4	176,2296	2,9436	1,4718	173,33	179,75
10	4	185,4029	2,4202	1,2101	182,78	188,52
15	4	179,3122	2,4400	1,2200	176,45	182,02
20	4	159,5847	3,3608	1,6804	155,28	162,45



Şekil 5.20. SD % 5 iken UK ikame miktarına bağlı ortalama basınç dayanımı değerleri

UK ikame miktarına bağı olarak basınç dayanımlarının değişimini inceleyebilmek için gerçekleştirilen Varyans analizi sonucunda gruplar arasında istatistiksel anlamda önemli bir fark olduğu ($p \leq 0,05$) görülmüştür. Çizelge 5.24.

Çizelge 5.24. % 5 SD durumunda basınç dayanımı değerleri için varyans analizi sonuçları

Varyansın kaynağı	Kareler toplamı	Serbestlik derecesi	Kareler ortalaması	F testi	Anlamlılık düzeyi (α)
Gruplar arası	1501,825	4	375,456	45,743	,000
Grup içi	123,118	15	8,208		
Toplam	1624,942	19			

Gruplar arasındaki farklılığın hangi gruplardan kaynaklandığını tespit edebilmek amacıyla Scheffe ÇKT uygulanmış ve sonuçlar Çizelge 5.25.' de verilmiştir.

Çizelge 5.25. Scheffe çoklu karşılaştırma testi sonuçları

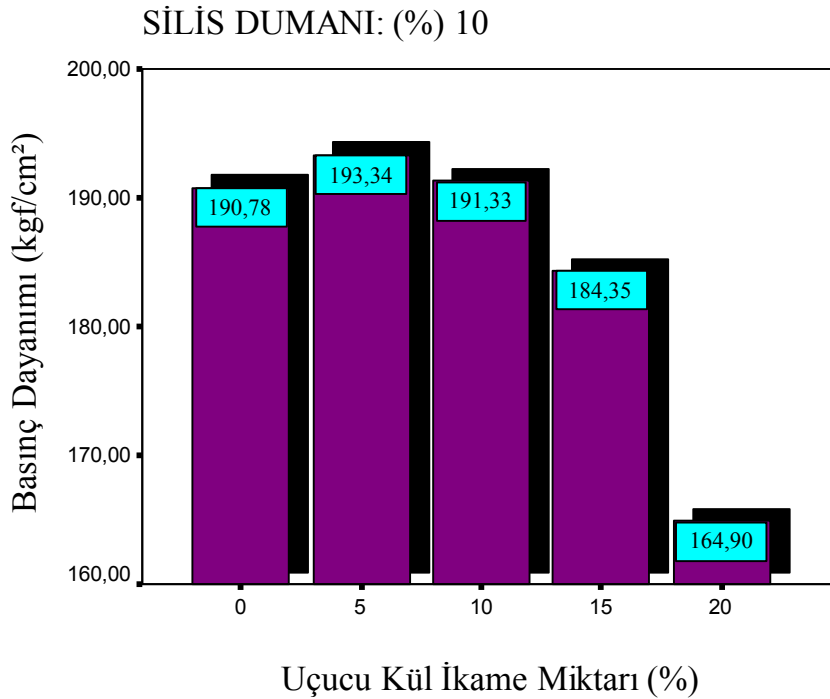
Çoklu karşılaştırma testi yöntemi	Uçucu kül ikame miktarı (%)	N	Farklı olan gruplar = (α)0 .05			
			1	2	3	4
Scheffe	20	4	159,5847			
	0	4		171,6745		
	5	4		176,2296	176,2296	
	15	4			179,3122	179,3122
	10	4				185,4029

Gerçekleştirilen ÇKT sonuçlarına göre, %20 uçucu kül ikameli betonun 159,59 kgf/cm² ile en düşük, %10 UK ikameli betonun ise 185,40 kgf/cm² ile en yüksek basınç dayanımı değerine sahip olduğu, UK'nın %0 ve %5 ile %5 ve %15 oranında ikame edildiği gruplarda basınç dayanımlarının istatistiksel olarak farklı olmadığı benzer şekilde %15 ve %10 ikame edildiği gruplarda da basınç dayanımlarının istatistiksel olarak farklı olmadığı görülmüştür.

SD % (10) kullanılan beton serilerinde UK ikame miktarlarına bağlı olarak elde edilen basınç dayanımı değerlerine ait tanımlayıcı istatistikler Çizelge 5.26.'da verilmiştir. Ayrıca Ortalama basınç dayanımı değerlerine ait grafik Şekil 5.21.'de görülmektedir.

Çizelge 5.26. SD % 10 iken UK ikame miktarına bağlı basınç dayanımı değerleri için tanımlayıcı istatistikler

Uçucu kül (%)	N	Ortalama Basınç Dayanımı	Std. Sapma	Std. Hata	Minimum	Maksimum
0	4	190,7768	3,3483	1,6741	187,29	194,73
5	4	193,3382	4,1886	2,0943	190,25	199,33
10	4	191,3293	2,9793	1,4897	188,19	195,25
15	4	184,3480	1,2249	,6125	183,35	186,09
20	4	164,8953	3,2121	1,6061	160,31	167,81



Şekil 5.21. SD % 10 iken UK ikame miktarına bağlı ortalama basınç dayanımı değerleri

UK ikame miktarına bağı olarak basınç dayanımlarının değişimini inceleyebilmek için gerçekleştirilen Varyans analizi sonucunda gruplar arasında istatistiksel anlamda önemli bir fark olduğu ($p \leq 0,05$) görülmüştür. Çizelge 5.27.

Çizelge 5.27. % 10 SD durumunda basınç dayanımı değerleri için varyans analizi sonuçları

Varyansın kaynağı	Kareler toplamı	Serbestlik derecesi	Kareler ortalaması	F testi	Anlamlılık düzeyi (α)
Gruplar arası	2190,251	4	547,563	55,366	,000
Grup içi	148,349	15	9,890		
Toplam	2338,600	19			

Gruplar arasındaki farklılığın hangi gruplardan kaynaklandığını tespit edebilmek amacıyla Scheffe ÇKT uygulanmış ve sonuçlar Çizelge 5.28.' de verilmiştir.

Çizelge 5.28. Scheffe çoklu karşılaştırma testi sonuçları

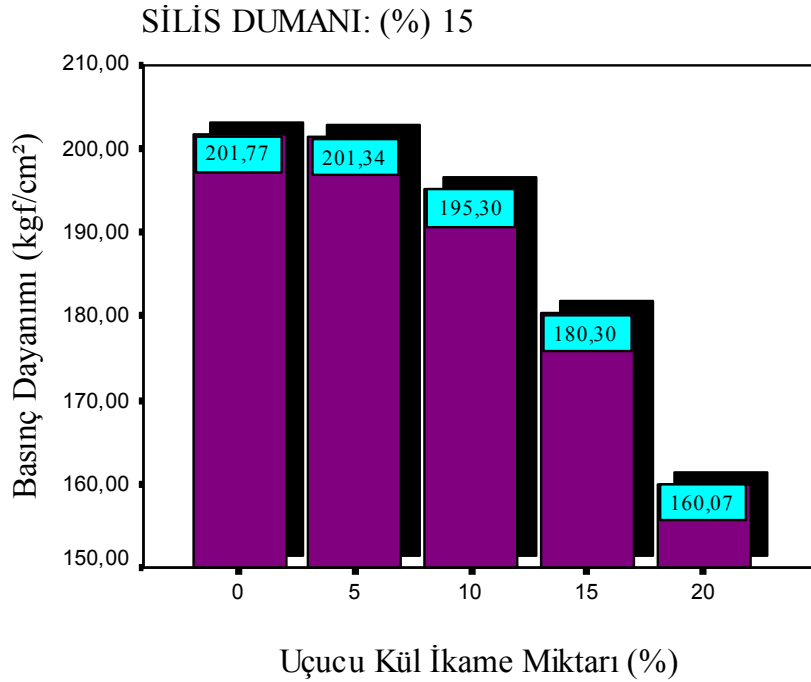
Çoklu karşılaştırma testi yöntemi	Uçucu kül ikame miktarı (%)	N	Farklı olan gruplar = (α)0 .05		
			1	2	3
Scheffe	20	4	164,8953		
	15	4		184,3480	
	0	4		190,7768	190,7768
	10	4		191,3293	191,3293
	5	4			193,3382

Gerçekleştirilen ÇKT sonuçlarına göre, %20 uçucu kül ikameli betonun 164,90 kgf/cm² ile en düşük, %5 UK ikameli betonun ise 193,34 kgf/cm² ile en yüksek basınç dayanımı değerine sahip olduğu, UK'nın %15-%0-%10 oranında ikame edildiği gruplarda basınç dayanımlarının istatistiksel olarak farklı olmadığı benzer şekilde %0-%10-%5 oranında ikame edildiği gruplarda da basınç dayanımlarının istatistiksel olarak farklı olmadığı görülmüştür.

SD % (15) kullanılan beton serilerinde UK ikame miktarlarına bağlı olarak elde edilen basınç dayanımı değerlerine ait tanımlayıcı istatistikler Çizelge 5.29.'da verilmiştir. Ayrıca Ortalama basınç dayanımı değerlerine ait grafik Şekil 5.22.'de görülmektedir.

Çizelge 5.29. SD % 15 iken UK ikame miktarına bağlı basınç dayanımı değerleri için tanımlayıcı istatistikler

Uçucu kül (%)	N	Ortalama Basınç Dayanımı	Std. Sapma	Std. Hata	Minimum	Maksimum
0	4	201,7739	3,2597	1,6298	197,78	205,61
5	4	201,3376	3,7436	1,8718	197,29	205,87
10	4	195,3017	1,5901	,7950	193,44	197,33
15	4	180,3011	3,7365	1,8682	176,36	184,38
20	4	160,0786	4,2961	2,1481	156,17	165,75



Şekil 5.22. SD % 15 iken UK ikame miktarına bağlı ortalama basınç dayanımı değerleri

UK ikame miktarına bağı olarak basınç dayanımlarının değişimini inceleyebilmek için gerçekteştirilen Varyans analizi sonucunda gruplar arasında istatistiksel anlamda önemli bir fark olduğu ($p \leq 0,05$) görülmüştür. Çizelge 5.30.

Çizelge 5.30. % 15 SD durumunda basınç dayanımı değerleri için varyans analizi sonuçları

Varyansın kaynağı	Kareler toplamı	Serbestlik derecesi	Kareler ortalaması	F testi	Anlamlılık düzeyi (α)
Gruplar arası	5038,056	4	1259,514	105,689	,000
Grup içi	178,758	15	11,917		
Toplam	5216,814	19			

Gruplar arasındaki farklılığın hangi gruplardan kaynaklandığını tespit edebilmek amacıyla Scheffe ÇKT uygulanmış ve sonuçlar Çizelge 5.31.'de verilmiştir.

Çizelge 5.31. Scheffe çoklu karşılaştırma testi sonuçları

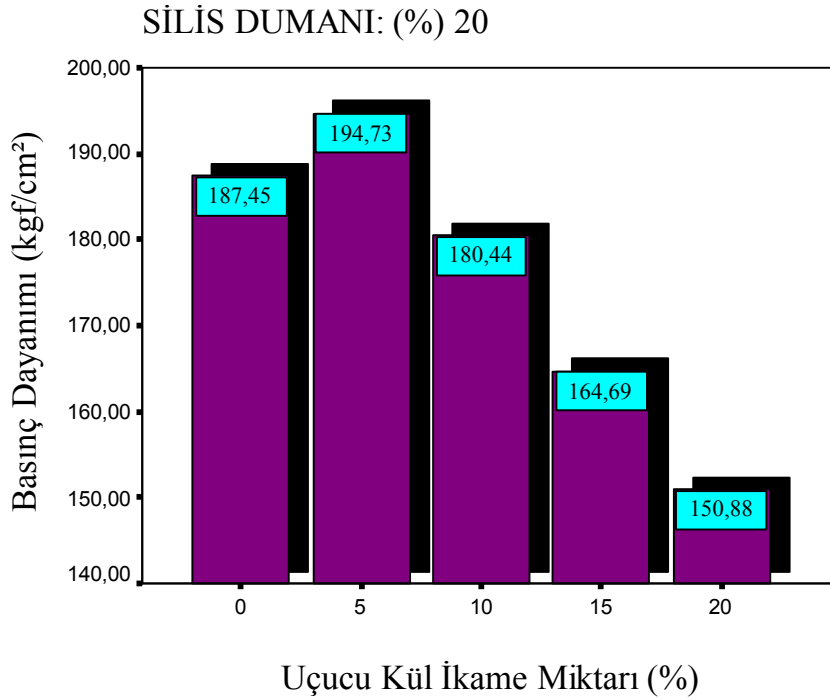
Çoklu karşılaştırma testi yöntemi	Uçucu kül ikame miktarı (%)	N	Farklı olan gruplar = (α)0 .05		
			1	2	3
Scheffe	20	4	160,0786		
	15	4		180,3011	
	10	4			195,3017
	5	4			201,3376
	0	4			201,7739

Gerçekteştirilen ÇKT sonuçlarına göre, %20 uçucu kül ikameli betonun 160,07 kgf/cm² ile en düşük, %0 UK ikameli betonun ise 201,77 kgf/cm² ile en yüksek basınç dayanımı değerine sahip olduğu, UK'nın %10-%5 ve %0 oranında ikame edildiği gruplarda basınç dayanımlarının istatistiksel olarak farklı olmadığı görülmüştür.

SD % (20) kullanılan beton serilerinde UK ikame miktarlarına bağlı olarak elde edilen basınç dayanımı değerlerine ait tanımlayıcı istatistikler Çizelge 5.32.'de verilmiştir. Ayrıca Ortalama basınç dayanımı değerlerine ait grafik Şekil 5.23.'de görülmektedir.

Çizelge 5.32. SD % 20 iken UK ikame miktarına bağlı basınç dayanımı değerleri için tanımlayıcı istatistikler

Uçucu kül (%)	N	Ortalama Basınç Dayanımı	Std. Sapma	Std. Hata	Minimum	Maksimum
0	4	187,4533	2,7024	1,3512	185,05	191,15
5	4	194,7331	3,8817	1,9408	190,63	199,97
10	4	180,4408	4,5067	2,2533	173,88	184,14
15	4	164,6922	4,6501	2,3250	158,87	168,99
20	4	150,8844	1,5158	,7579	148,66	152,00



Şekil 5.23. SD % 20 iken UK ikame miktarına bağlı ortalama basınç dayanımı değerleri

UK ikame miktarına bağı olarak basınç dayanımlarının değişimini inceleyebilmek için gerçekleştirilen Varyans analizi sonucunda gruplar arasında istatistiksel anlamda önemli bir fark olduğu ($p \leq 0,05$) görülmüştür. Çizelge 5.33.

Çizelge 5.33. % 20 SD durumunda basınç dayanımı değerleri için varyans analizi sonuçları

Varyansın kaynağı	Kareler toplamı	Serbestlik derecesi	Kareler ortalaması	F testi	Anlamlılık düzeyi (α)
Gruplar arası	5039,364	4	1259,841	94,581	,000
Grup içi	199,803	15	13,320		
Toplam	5239,167	19			

Gruplar arasındaki farklılığın hangi gruplardan kaynaklandığını tespit edebilmek amacıyla Scheffe ÇKT uygulanmış ve sonuçlar Çizelge 5.34.'de verilmiştir.

Çizelge 5.34.. Scheffe çoklu karşılaştırma testi sonuçları

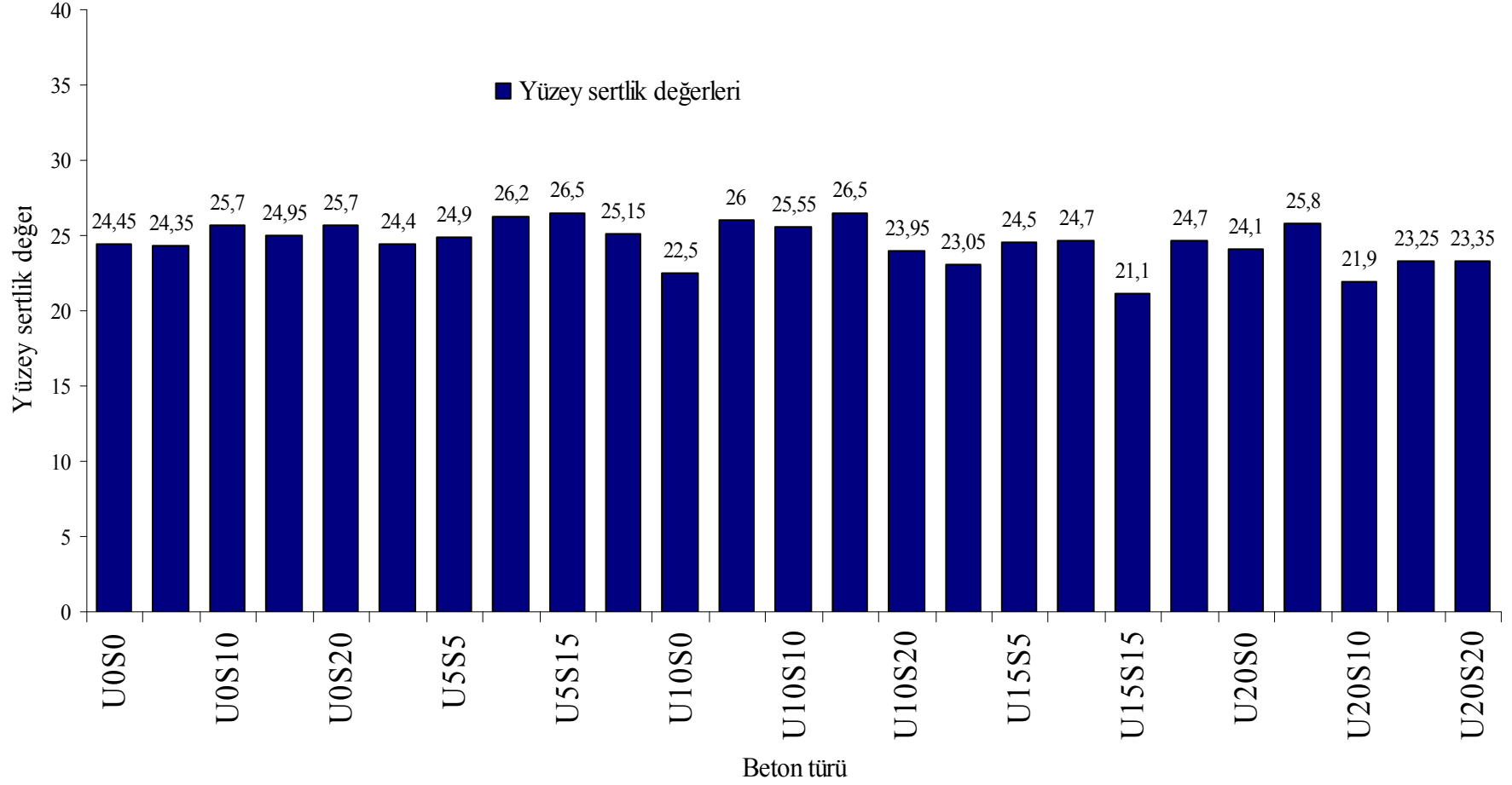
Çoklu karşılaştırma testi yöntemi	Uçucu kül ikame miktarı (%)	N	Farklı olan gruplar = (α)0 .05			
			1	2	3	4
Scheffe	20	4	150,8844			
	15	4		164,6922		
	10	4			180,4408	
	0	4			187,4533	187,4533
	5	4				194,7331

Gerçekleştirilen ÇKT sonuçlarına göre, %20 uçucu kül ikameli betonun 150,88 kgf/cm² ile en düşük, %5 UK ikameli betonun ise 194,73 kgf/cm² ile en yüksek basınç dayanımı değerine sahip olduğu, UK'nın %10-%0 oranında ikame edildiği gruplarda basınç dayanımlarının istatistiksel olarak farklı olmadığı ve benzer şekilde %0-%5 oranında ikame edildiği gruplarda da basınç dayanımlarının istatistiksel olarak farklı olmadığı görülmüştür.

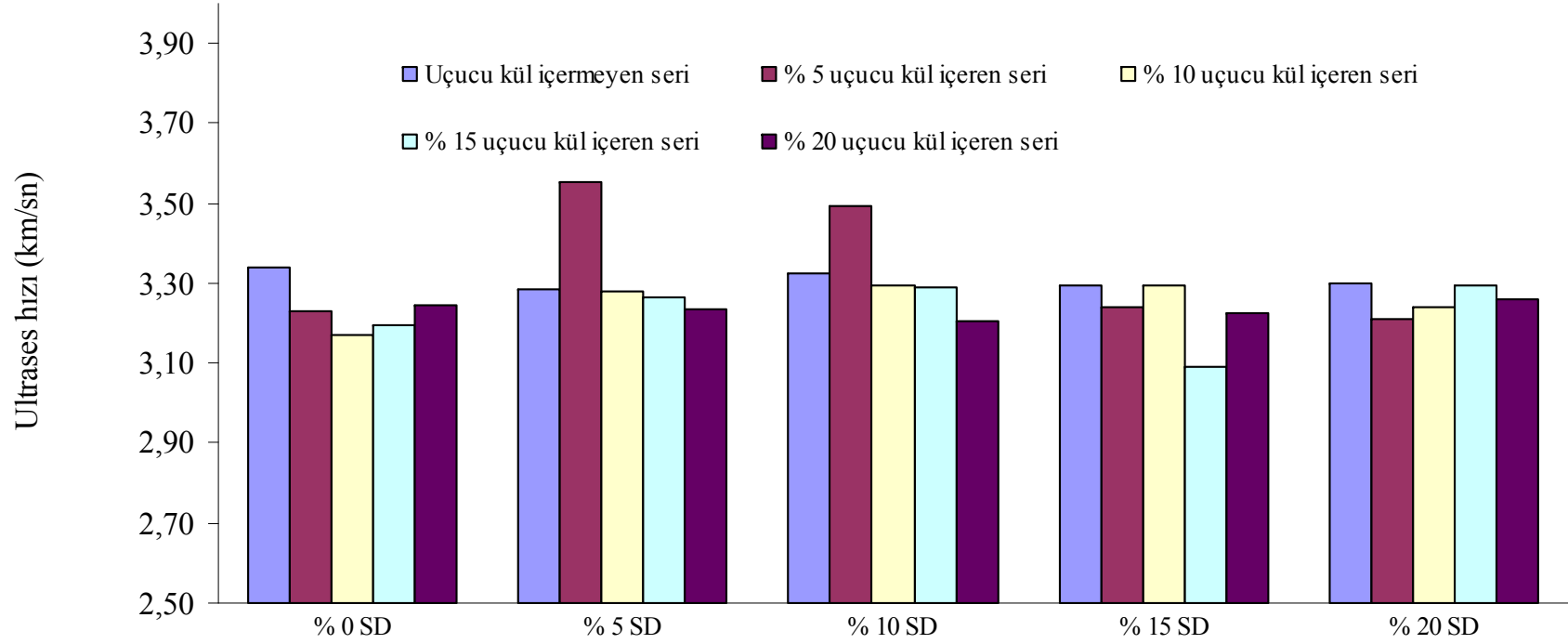
5.3.3. Yüzey Sertliği ve Ultrases Deney Sonuçları

Sertleşmiş beton numunelerinin tahribatsız test yöntemlerinden olan Schmidt beton test çekici ile yüzey sertlikleri belirlenmiş ve ayrıca ASTM C 597'ye göre Ultrases hızı ölçümü yapılmıştır. Betonların yüzey sertlik değerleri Şekil 5.24.'de Ultrases hızı değerleri ise Şekil 5.25.'de verilmiştir.

Şekil 5.24. Beton serilerine ait yüzey sertlik değerleri



Şekil 5.25. Beton serilerine ait Ultrases geçiş hızı değerleri



Uçucu kül içermeyen seri	3,34	3,29	3,32	3,29	3,30
% 5 uçucu kül içeren seri	3,23	3,55	3,49	3,24	3,21
% 10 uçucu kül içeren seri	3,17	3,28	3,29	3,29	3,24
% 15 uçucu kül içeren seri	3,19	3,26	3,29	3,09	3,29
% 20 uçucu kül içeren seri	3,25	3,23	3,21	3,22	3,26

Silis dumanı ikame miktarına (%) bağlı ultrases değerleri (km/sn)

6. OLUŞTURULAN BULANIK MANTIK MODELİ VE BULGULAR

6.1. Bulanık Model Girdi Parametreleri ve Üyelik Fonksiyonları

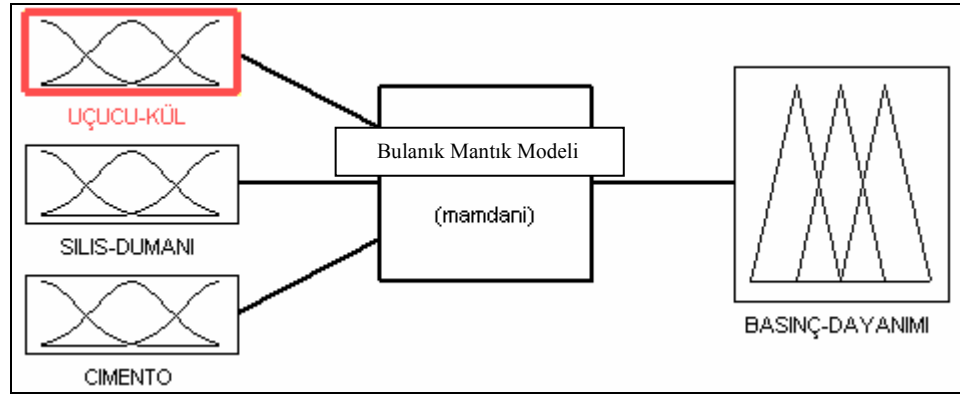
Deneysel çalışmalar kapsamında gerçekleştirilen deneylerde 25 farklı karışıma sahip beton serileri hazırlanmıştır. Hazırlanan beton serilerinin her birinde Uçucu Kül, Silis Dumanı ve Çimento girdilerinin kombinasyonu değişkendir. Bu girdilere bağlı olarak deneysel yöntemle elde edilen Basınç dayanımı değerleri de farklılık göstermiştir. Bu 25 seri betona ait girdiler ve çıktılar arasındaki etkileşimi yansıtmaları ve üretimi yapılmayan betonların dayanım değerlerini de tahmin edebilme yeteneği olması hedeflenen bulanık mantık modelinin geliştirilmesinde girdiler ve çıktılar için belirlenen üyelik fonksiyonları ve modele ait tanımlayıcı bilgiler Çizelge 6.1.'de verilmiştir.

Çizelge 6.1. Bulanık Model Girdi Parametreleri Ve Üyelik Fonksiyonları

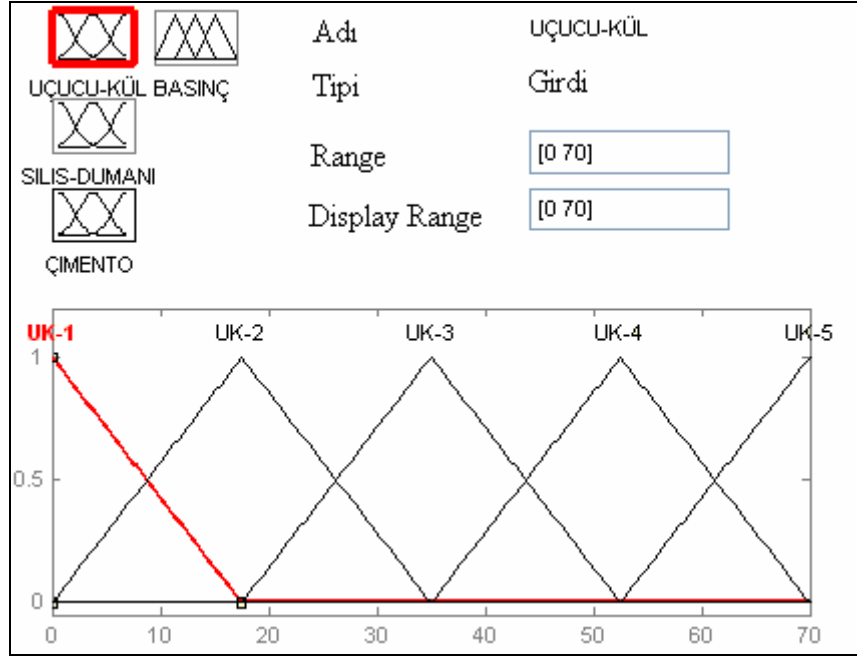
Model='YÜKSEK LİSANS MODELİ'	[Çıktı 1]
Çıkarım yöntemi='mamdani'	Adı='BASINÇ-DAY.' Range=[140-210]
Girdi sayısı=3	Üyelik fonksiyonu sayısı=29
Çıktı sayısı=1	MF1='BD3':'üçgen',[142.5 145 147.5]
Kural sayısı=225	MF2='BD8':'üçgen',[155 157.5 160]
Durulaştırma yöntemi='centroid'	MF3='BD26':'üçgen',[200 202.5 205]
[Girdi-1] Adı='UÇUCU-KÜL' Range=[0 70]	MF4='BD16':'üçgen',[175 177.5 180]
Üyelik fonksiyonu sayısı=5	MF5='BD21':'üçgen',[187.5 190 192.5]
MF1='UK-1':'üçgen',[0 0 17.5]	MF6='BD5':'üçgen',[147.5 150 152.5]
MF2='UK-3':'üçgen',[17.5 35 52.5]	MF7='BD9':'üçgen',[157.5 160 162.5]
MF3='UK-5':'üçgen',[52.5 70 70]	MF8='BD12':'üçgen',[165 167.5 170]
MF4='UK-2':'üçgen',[0 17.5 35]	MF9='BD15':'üçgen',[172.5 175 177.5]
MF5='UK-4':'üçgen',[35 52.5 70]	MF10='BD20':'üçgen',[185 187.5 190]
[Girdi-2] Adı='SİLİS-DUM.' Range=[0 70]	MF11='BD24':'üçgen',[195 197.5 200]
Üyelik fonksiyonu sayısı=5	MF12='BD29':'üçgen',[207.5 210 210]
MF1='SD-1':'üçgen',[0 0 17.5]	MF13='BD1':'üçgen',[140 140 142.5]
MF2='SD-3':'üçgen',[17.5 35 52.5]	MF14='BD18':'üçgen',[180 182.5 185]
MF3='SD-5':'üçgen',[52.5 70 70]	MF15='BD4':'üçgen',[145 147.5 150]
MF4='SD-2':'üçgen',[0 17.5 35]	MF16='BD7':'üçgen',[152.5 155 157.5]
MF5='SD-4':'üçgen',[35 52.5 70]	MF17='BD11':'üçgen',[162.5 165 167.5]
[Girdi-3] Adı='ÇİMENTO' Range=[210 350]	MF18='BD14':'üçgen',[170 172.5 175]
Üyelik fonksiyonu sayısı=9	MF19='BD19':'üçgen',[182.5 185 187.5]
MF1='ÇİM-2':'üçgen',[210 227.5 245]	MF20='BD23':'üçgen',[192.5 195 197.5]
MF2='ÇİM-5':'üçgen',[262.5 280 297.5]	MF21='BD28':'üçgen',[205 207.5 210]
MF3='ÇİM-8':'üçgen',[315 332.5 350]	MF22='BD2':'üçgen',[140 142.5 145]

Çizelge 6.1. Devam	
MF4='ÇİM-1':'üçgen',[210 210 227.5]	MF23='BD25':'üçgen',[197.5 200 202.5]
MF5='ÇİM-3':'üçgen',[227.5 245 262.5]	MF24='BD6':'üçgen',[150 152.5 155]
MF6='ÇİM-4':'üçgen',[245 262.5 280]	MF25='BD10':'üçgen',[160 162.5 165]
MF7='ÇİM-6':'üçgen',[280 297.5 315]	MF26='BD13':'üçgen',[167.5 170 172.5]
MF8='ÇİM-7':'üçgen',[297.5 315 332.5]	MF27='BD17':'üçgen',[177.5 180 182.5]
MF9='ÇİM-9':'üçgen',[332.5 350 350]	MF28='BD22':'üçgen',[190 192.5 195]
	MF29='BD27':'üçgen',[202.5 205 207.5]

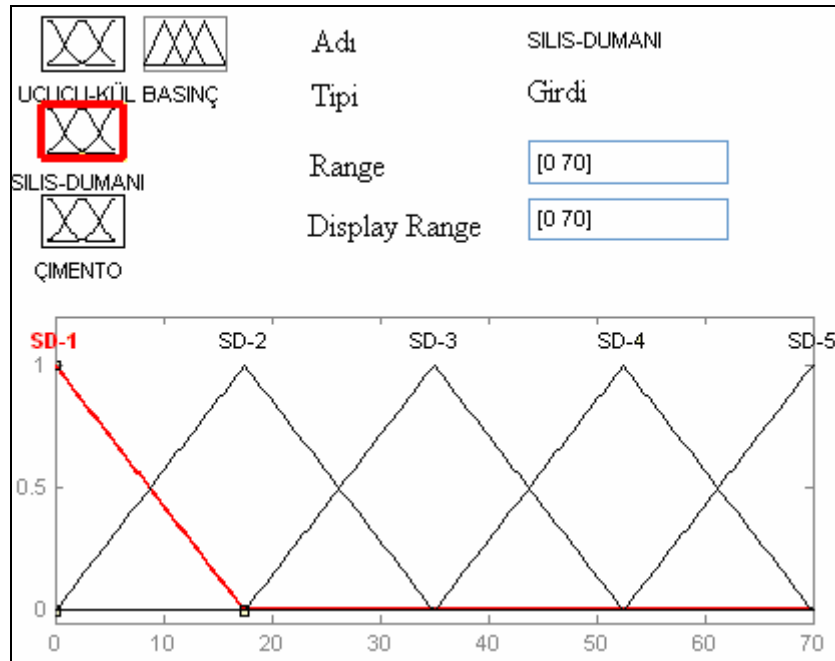
Bulanık model oluşturulurken, MATLAB-Bulanık Mantık Toolbox kullanılmıştır. MATLAB-Bulanık Mantık Toolbox kullanımı, kullanıcıya pek çok kolaylık ve seçenek sunmaktadır. Model için değişken sayıları, üyelik fonksiyonu türü, çıkarım ve durulaştırma yöntemleri kullanıcı tarafından seçilebilmektedir. Şekil 6.1.' de geliştirilen modelin genel görünümü verilmiştir. Ayrıca geliştirilen modelde girdiler ve çıktı için belirlenen üyelik fonksiyonlarının görünümü Şekil 6.2. Şekil 6.3. Şekil 6.4. Şekil 6.5.' de verilmiştir.



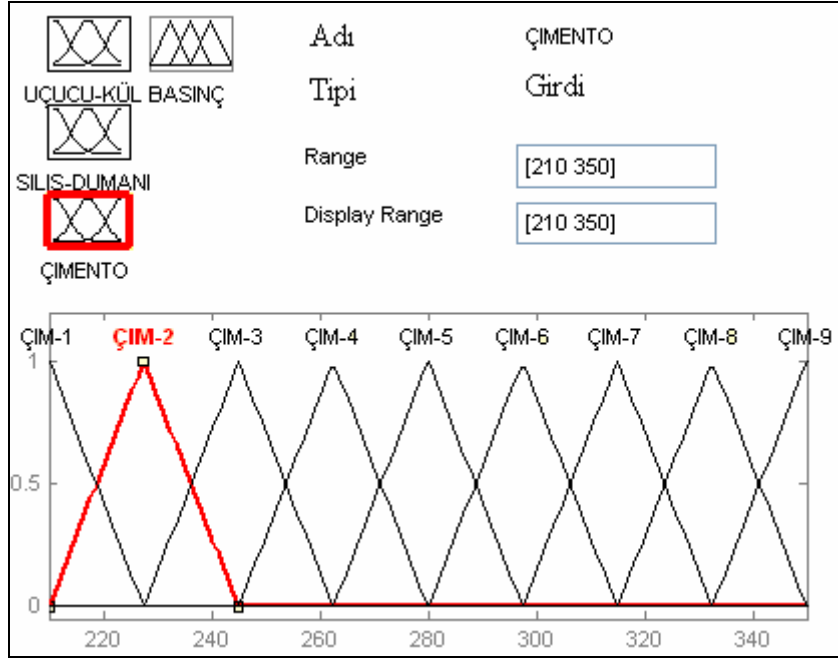
Şekil 6.1. Bulanık mantık genel görünüm






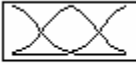
Şekil 6.2. Uçucu kül girdisine ait üyelik fonksiyonlarının genel görünümü

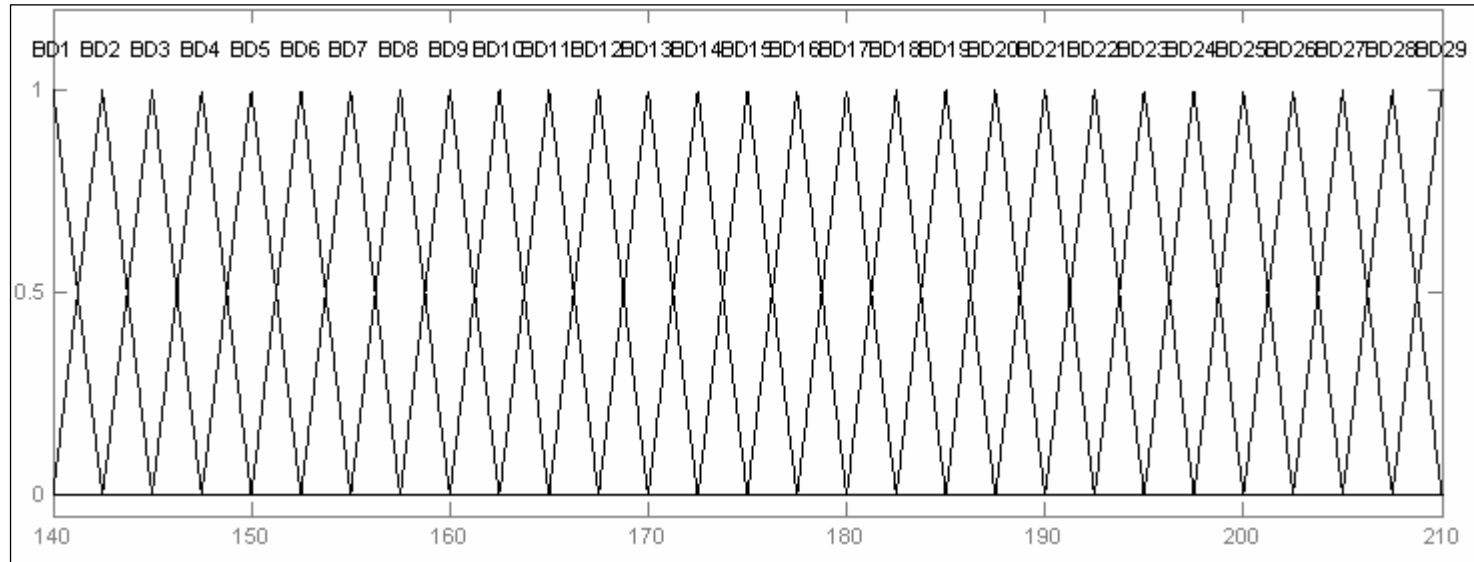


Şekil 6.3. Silis dumanı girdisine ait üyelik fonksiyonlarının genel görünümü



Şekil 6.4. Çimento girdisine ait üyelik fonksiyonlarının genel görünümü

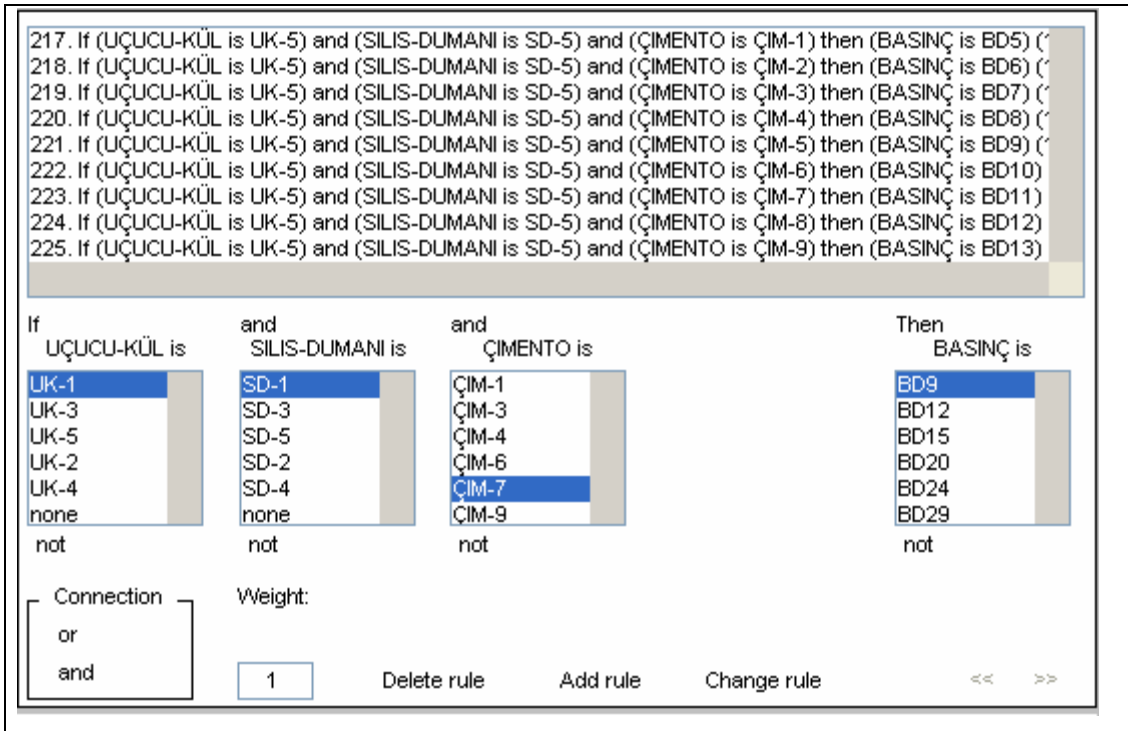
		Adı	BASINÇ
UÇUCU-KÜL	BASINÇ	Tipi	Çıktı
		Range	[140 210]
SILIS-DUMANI		Display Range	[140 210]
			
ÇİMENTO			



Şekil 6.5. Basınç dayanımı çıktısına ait üyelik fonksiyonlarının genel görünümü

6.2. Bulanık Kural Tabanının Oluşturulması

Üyelik fonksiyonlarının belirlenmesinden sonraki aşama, bulanık kural tabanının oluşturulmasıdır. Bulanık kural tabanı, EĞER yani öncül kısımda girdi parametreleri; İSE yani çıkarım kısmında ise çıktı değeri elde edilecek şekilde sözel bilgilerden oluşmaktadır. Bu çalışmada, Uçucu kül girdisine 5 adet üyelik fonksiyonu, Silis dumanı girdisine 5 adet üyelik fonksiyonu ve Çimento girdisine 9 adet üyelik fonksiyonu atanmıştır. Ayrıca çıktı değeri olan Basınç dayanımı değeri için ise 29 adet üyelik fonksiyonu atanmıştır. Çıktının üyelik fonksiyonu sayısı arttıkça modelin güvenilirliği artmaktadır. Girdilerin üyelik fonksiyonlarının tamamının birbiri ile eşleşmesi için $5*5*9=225$ adet kural yazılmıştır. Söz konusu kuralların oluşturulmasında çalışmada yapılan ön deneylerden elde edilen deneyim, eldeki deneysel veriler ve uzman görüşü kullanılmıştır. Bulanık mantık modelinin kurallarının oluşturulduğu MATLAB penceresi Şekil 6.6'da ve oluşturulan bütün kurallar Çizelge 6.2.'de verilmiştir.



Şekil 6.6. Kuralların oluşturulduğu pencere

Çizelge 6.2. Bulanık kuralların tamamı

Uçucu kül	Silis dumanı	Çimento	Basınç
UK-1	SD-1	ÇİM-1	BD-2
UK-1	SD-1	ÇİM-2	BD-2
UK-1	SD-1	ÇİM-3	BD-4
UK-1	SD-1	ÇİM-4	BD-5
UK-1	SD-1	ÇİM-5	BD-7
UK-1	SD-1	ÇİM-6	BD-8
UK-1	SD-1	ÇİM-7	BD-9
UK-1	SD-1	ÇİM-8	BD-10
UK-1	SD-1	ÇİM-9	BD-11
UK-1	SD-2	ÇİM-1	BD-6
UK-1	SD-2	ÇİM-2	BD-7
UK-1	SD-2	ÇİM-3	BD-8
UK-1	SD-2	ÇİM-4	BD-9
UK-1	SD-2	ÇİM-5	BD-11
UK-1	SD-2	ÇİM-6	BD-13
UK-1	SD-2	ÇİM-7	BD-14
UK-1	SD-2	ÇİM-8	BD-15
UK-1	SD-2	ÇİM-9	BD-16
UK-1	SD-3	ÇİM-1	BD-16
UK-1	SD-3	ÇİM-2	BD-16
UK-1	SD-3	ÇİM-3	BD-17
UK-1	SD-3	ÇİM-4	BD-18
UK-1	SD-3	ÇİM-5	BD-19
UK-1	SD-3	ÇİM-6	BD-20
UK-1	SD-3	ÇİM-7	BD-21
UK-1	SD-3	ÇİM-8	BD-22
UK-1	SD-3	ÇİM-9	BD-23
UK-1	SD-4	ÇİM-1	BD-16
UK-1	SD-4	ÇİM-2	BD-20
UK-1	SD-4	ÇİM-3	BD-21
UK-1	SD-4	ÇİM-4	BD-22
UK-1	SD-4	ÇİM-5	BD-24
UK-1	SD-4	ÇİM-6	BD-26
UK-1	SD-4	ÇİM-7	BD-26
UK-1	SD-4	ÇİM-8	BD-27
UK-1	SD-4	ÇİM-9	BD-28
UK-1	SD-5	ÇİM-1	BD-13
UK-1	SD-5	ÇİM-2	BD-16
UK-1	SD-5	ÇİM-3	BD-17
UK-1	SD-5	ÇİM-4	BD-19
UK-1	SD-5	ÇİM-5	BD-20
UK-1	SD-5	ÇİM-6	BD-20

Çizelge 6.2. Devam			
UK-1	SD-5	ÇİM-7	BD-22
UK-1	SD-5	ÇİM-8	BD-24
UK-1	SD-5	ÇİM-9	BD-27
UK-2	SD-1	ÇİM-1	BD-7
UK-2	SD-1	ÇİM-2	BD-8
UK-2	SD-1	ÇİM-3	BD-9
UK-2	SD-1	ÇİM-4	BD-9
UK-2	SD-1	ÇİM-5	BD-10
UK-2	SD-1	ÇİM-6	BD-11
UK-2	SD-1	ÇİM-7	BD-12
UK-2	SD-1	ÇİM-8	BD-13
UK-2	SD-1	ÇİM-9	BD-14
UK-2	SD-2	ÇİM-1	BD-9
UK-2	SD-2	ÇİM-2	BD-10
UK-2	SD-2	ÇİM-3	BD-11
UK-2	SD-2	ÇİM-4	BD-12
UK-2	SD-2	ÇİM-5	BD-13
UK-2	SD-2	ÇİM-6	BD-14
UK-2	SD-2	ÇİM-7	BD-15
UK-2	SD-2	ÇİM-8	BD-16
UK-2	SD-2	ÇİM-9	BD-17
UK-2	SD-3	ÇİM-1	BD-15
UK-2	SD-3	ÇİM-2	BD-16
UK-2	SD-3	ÇİM-3	BD-18
UK-2	SD-3	ÇİM-4	BD-19
UK-2	SD-3	ÇİM-5	BD-21
UK-2	SD-3	ÇİM-6	BD-22
UK-2	SD-3	ÇİM-7	BD-23
UK-2	SD-3	ÇİM-8	BD-24
UK-2	SD-3	ÇİM-9	BD-25
UK-2	SD-4	ÇİM-1	BD-19
UK-2	SD-4	ÇİM-2	BD-21
UK-2	SD-4	ÇİM-3	BD-24
UK-2	SD-4	ÇİM-4	BD-25
UK-2	SD-4	ÇİM-5	BD-26
UK-2	SD-4	ÇİM-6	BD-27
UK-2	SD-4	ÇİM-7	BD-28
UK-2	SD-4	ÇİM-8	BD-28
UK-2	SD-4	ÇİM-9	BD-29
UK-2	SD-5	ÇİM-1	BD-18
UK-2	SD-5	ÇİM-2	BD-20
UK-2	SD-5	ÇİM-3	BD-21
UK-2	SD-5	ÇİM-4	BD-23
UK-2	SD-5	ÇİM-5	BD-24

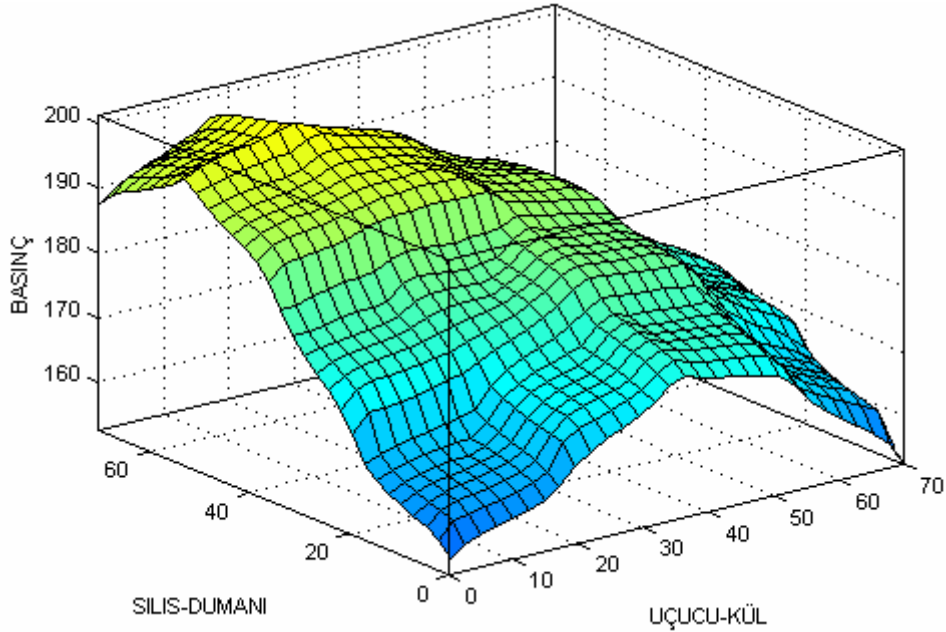
Çizelge 6.2. Devam			
UK-2	SD-5	ÇİM-6	BD-25
UK-2	SD-5	ÇİM-7	BD-26
UK-2	SD-5	ÇİM-8	BD-27
UK-2	SD-5	ÇİM-9	BD-28
UK-3	SD-1	ÇİM-1	BD-11
UK-3	SD-1	ÇİM-2	BD-12
UK-3	SD-1	ÇİM-3	BD-13
UK-3	SD-1	ÇİM-4	BD-14
UK-3	SD-1	ÇİM-5	BD-15
UK-3	SD-1	ÇİM-6	BD-16
UK-3	SD-1	ÇİM-7	BD-17
UK-3	SD-1	ÇİM-8	BD-18
UK-3	SD-1	ÇİM-9	BD-19
UK-3	SD-2	ÇİM-1	BD-14
UK-3	SD-2	ÇİM-2	BD-15
UK-3	SD-2	ÇİM-3	BD-16
UK-3	SD-2	ÇİM-4	BD-17
UK-3	SD-2	ÇİM-5	BD-18
UK-3	SD-2	ÇİM-6	BD-19
UK-3	SD-2	ÇİM-7	BD-20
UK-3	SD-2	ÇİM-8	BD-21
UK-3	SD-2	ÇİM-9	BD-22
UK-3	SD-3	ÇİM-1	BD-16
UK-3	SD-3	ÇİM-2	BD-18
UK-3	SD-3	ÇİM-3	BD-19
UK-3	SD-3	ÇİM-4	BD-20
UK-3	SD-3	ÇİM-5	BD-21
UK-3	SD-3	ÇİM-6	BD-22
UK-3	SD-3	ÇİM-7	BD-22
UK-3	SD-3	ÇİM-8	BD-23
UK-3	SD-3	ÇİM-9	BD-24
UK-3	SD-4	ÇİM-1	BD-19
UK-3	SD-4	ÇİM-2	BD-20
UK-3	SD-4	ÇİM-3	BD-21
UK-3	SD-4	ÇİM-4	BD-23
UK-3	SD-4	ÇİM-5	BD-23
UK-3	SD-4	ÇİM-6	BD-24
UK-3	SD-4	ÇİM-7	BD-25
UK-3	SD-4	ÇİM-8	BD-26
UK-3	SD-4	ÇİM-9	BD-26
UK-3	SD-5	ÇİM-1	BD-15
UK-3	SD-5	ÇİM-2	BD-16
UK-3	SD-5	ÇİM-3	BD-17
UK-3	SD-5	ÇİM-4	BD-18

Çizelge 6.2. Devam			
UK-3	SD-5	ÇİM-5	BD-19
UK-3	SD-5	ÇİM-6	BD-20
UK-3	SD-5	ÇİM-7	BD-20
UK-3	SD-5	ÇİM-8	BD-21
UK-3	SD-5	ÇİM-9	BD-21
UK-4	SD-1	ÇİM-1	BD-9
UK-4	SD-1	ÇİM-2	BD-10
UK-4	SD-1	ÇİM-3	BD-11
UK-4	SD-1	ÇİM-4	BD-12
UK-4	SD-1	ÇİM-5	BD-13
UK-4	SD-1	ÇİM-6	BD-14
UK-4	SD-1	ÇİM-7	BD-14
UK-4	SD-1	ÇİM-8	BD-15
UK-4	SD-1	ÇİM-9	BD-16
UK-4	SD-2	ÇİM-1	BD-13
UK-4	SD-2	ÇİM-2	BD-14
UK-4	SD-2	ÇİM-3	BD-15
UK-4	SD-2	ÇİM-4	BD-16
UK-4	SD-2	ÇİM-5	BD-17
UK-4	SD-2	ÇİM-6	BD-18
UK-4	SD-2	ÇİM-7	BD-19
UK-4	SD-2	ÇİM-8	BD-20
UK-4	SD-2	ÇİM-9	BD-21
UK-4	SD-3	ÇİM-1	BD-15
UK-4	SD-3	ÇİM-2	BD-17
UK-4	SD-3	ÇİM-3	BD-18
UK-4	SD-3	ÇİM-4	BD-19
UK-4	SD-3	ÇİM-5	BD-19
UK-4	SD-3	ÇİM-6	BD-20
UK-4	SD-3	ÇİM-7	BD-21
UK-4	SD-3	ÇİM-8	BD-22
UK-4	SD-3	ÇİM-9	BD-23
UK-4	SD-4	ÇİM-1	BD-14
UK-4	SD-4	ÇİM-2	BD-16
UK-4	SD-4	ÇİM-3	BD-17
UK-4	SD-4	ÇİM-4	BD-18
UK-4	SD-4	ÇİM-5	BD-19
UK-4	SD-4	ÇİM-6	BD-20
UK-4	SD-4	ÇİM-7	BD-21
UK-4	SD-4	ÇİM-8	BD-21
UK-4	SD-4	ÇİM-9	BD-22
UK-4	SD-5	ÇİM-1	BD-10
UK-4	SD-5	ÇİM-2	BD-11
UK-4	SD-5	ÇİM-3	BD-12

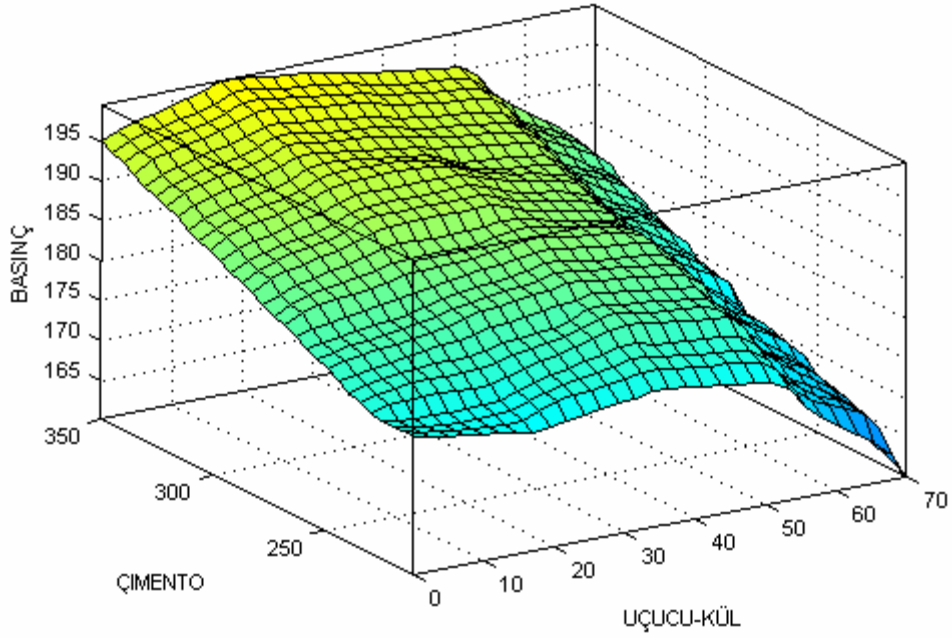
Çizelge 6.2. Devam			
UK-4	SD-5	ÇİM-4	BD-12
UK-4	SD-5	ÇİM-5	BD-13
UK-4	SD-5	ÇİM-6	BD-14
UK-4	SD-5	ÇİM-7	BD-15
UK-4	SD-5	ÇİM-8	BD-16
UK-4	SD-5	ÇİM-9	BD-17
UK-5	SD-1	ÇİM-1	BD-2
UK-5	SD-1	ÇİM-2	BD-3
UK-5	SD-1	ÇİM-3	BD-4
UK-5	SD-1	ÇİM-4	BD-5
UK-5	SD-1	ÇİM-5	BD-6
UK-5	SD-1	ÇİM-6	BD-7
UK-5	SD-1	ÇİM-7	BD-8
UK-5	SD-1	ÇİM-8	BD-9
UK-5	SD-1	ÇİM-9	BD-10
UK-5	SD-2	ÇİM-1	BD-6
UK-5	SD-2	ÇİM-2	BD-7
UK-5	SD-2	ÇİM-3	BD-8
UK-5	SD-2	ÇİM-4	BD-9
UK-5	SD-2	ÇİM-5	BD-10
UK-5	SD-2	ÇİM-6	BD-11
UK-5	SD-2	ÇİM-7	BD-12
UK-5	SD-2	ÇİM-8	BD-13
UK-5	SD-2	ÇİM-9	BD-14
UK-5	SD-3	ÇİM-1	BD-9
UK-5	SD-3	ÇİM-2	BD-10
UK-5	SD-3	ÇİM-3	BD-11
UK-5	SD-3	ÇİM-4	BD-12
UK-5	SD-3	ÇİM-5	BD-13
UK-5	SD-3	ÇİM-6	BD-14
UK-5	SD-3	ÇİM-7	BD-15
UK-5	SD-3	ÇİM-8	BD-16
UK-5	SD-3	ÇİM-9	BD-17
UK-5	SD-4	ÇİM-1	BD-8
UK-5	SD-4	ÇİM-2	BD-9
UK-5	SD-4	ÇİM-3	BD-10
UK-5	SD-4	ÇİM-4	BD-11
UK-5	SD-4	ÇİM-5	BD-12
UK-5	SD-4	ÇİM-6	BD-13
UK-5	SD-4	ÇİM-7	BD-14
UK-5	SD-4	ÇİM-8	BD-15
UK-5	SD-4	ÇİM-9	BD-16
UK-5	SD-5	ÇİM-1	BD-5
UK-5	SD-5	ÇİM-2	BD-6

Çizelge 6.2. Devam			
UK-5	SD-5	ÇİM-3	BD-7
UK-5	SD-5	ÇİM-4	BD-8
UK-5	SD-5	ÇİM-5	BD-9
UK-5	SD-5	ÇİM-6	BD-10
UK-5	SD-5	ÇİM-7	BD-11
UK-5	SD-5	ÇİM-8	BD-12
UK-5	SD-5	ÇİM-9	BD-13

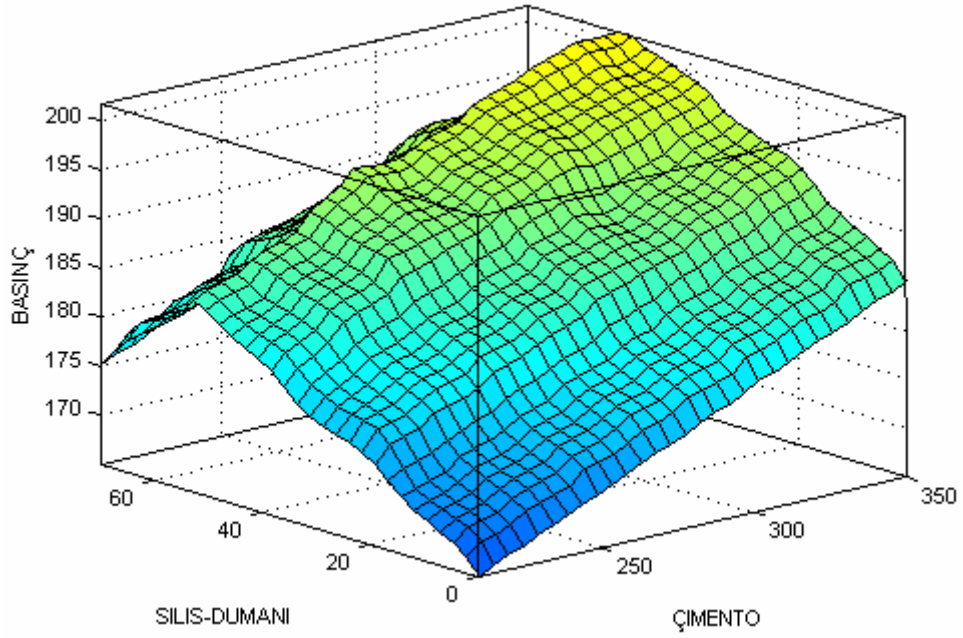
Sistemin çıkarımının elde edilebilmesi için IF THEN(EĞER İSE) ifadeleri kullanılarak oluşturulmuş olan bu 225 kural, VE operatörü ile harmanlanmıştır. Bu şekilde model çıktısına, oluşturulan tüm kuralların katkısıyla ulaşılmıştır. Burada Mamdani çıkarım mekanizması kullanılmıştır. Oluşturulan kurallar sonrası Bulanık mantık modelinde oluşan girdiler ve çıktı arasındaki ilişki grafikleri ve Şekil 6.7, Şekil 6.8 ve Şekil 6.9’da verilmiştir.



Şekil 6.7. Modelde kurallara göre oluşan, silis dumanı ve uçucu kül girdilerinin basınç dayanımına etkisi



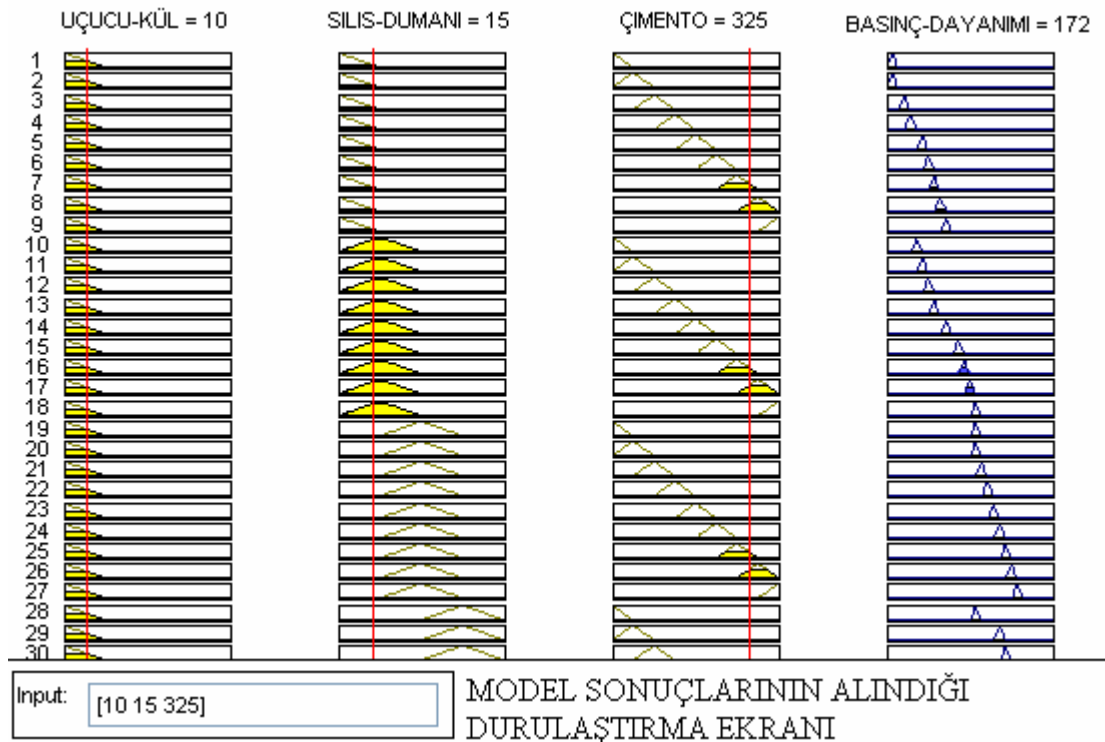
Şekil 6.8. Modelde kurallara göre oluşan, çimento ve uçucu kül girdilerinin basınç dayanımına etkisi



Şekil 6.9. Modelde kurallara göre oluşan, silis dumanı ve çimento girdilerinin basınç dayanımına etkisi

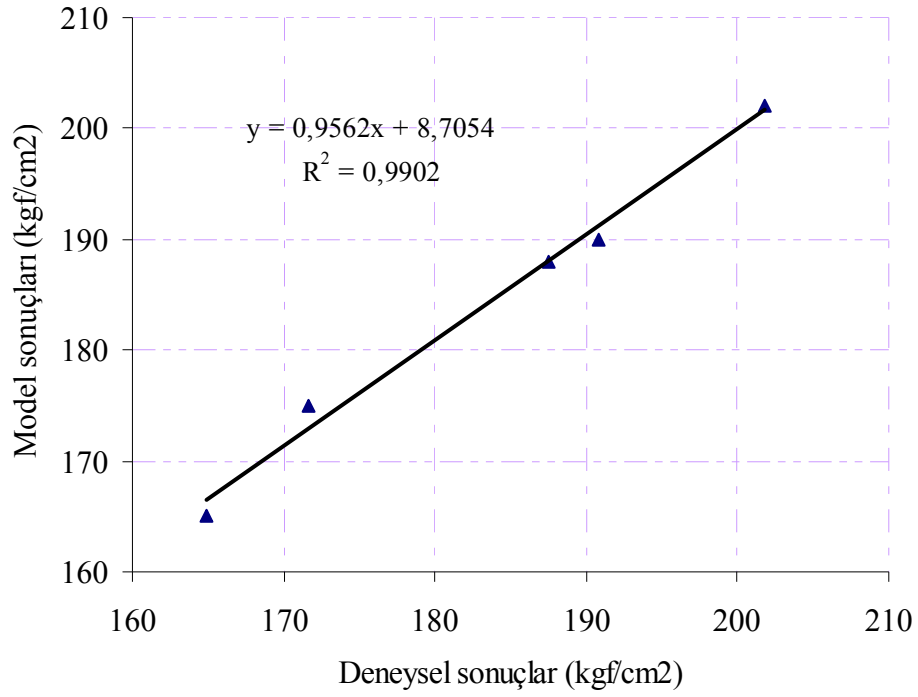
6.4. Bulanık Modelin Durulaştırma İşlemi ve Bulgular

Oluşturulan bulanık mantık modelinde kurallar oluşturulduktan sonra modelin tahmin ettiği sonuçları belirlemek için Şekil 6.10.'da görülen durulaştırma ekranı kullanılmıştır. Burada görülen durulaştırma birimi seçilen yöntem olan sentroid yöntemini kullanmaktadır. Durulaştırma ekranında en sonda bulunan sütun modelin sayısal olarak tahmin ettiği değeri göstermektedir.

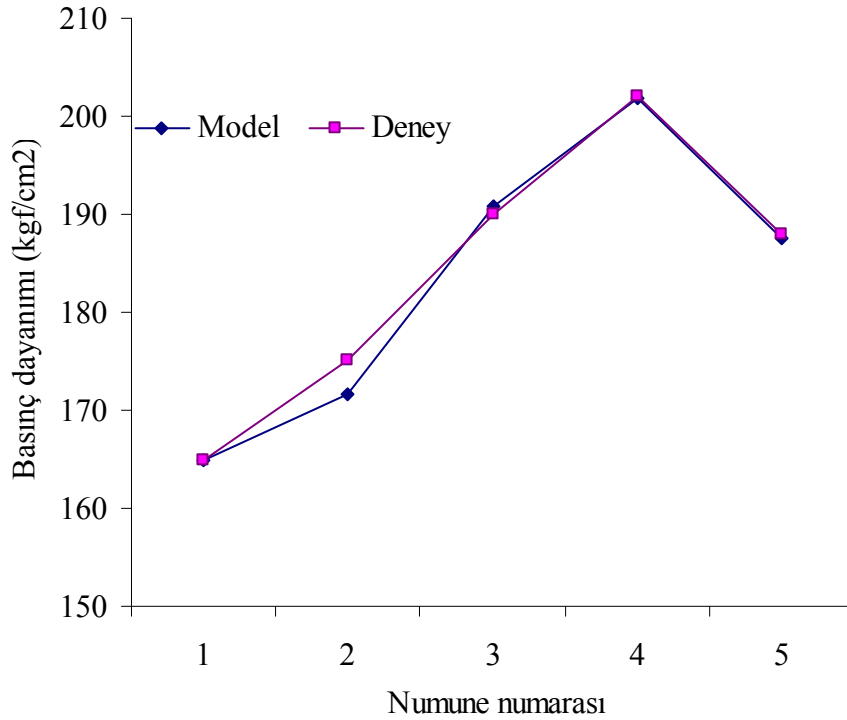


Şekil 6.10. Modele ait durulaştırma ekranı

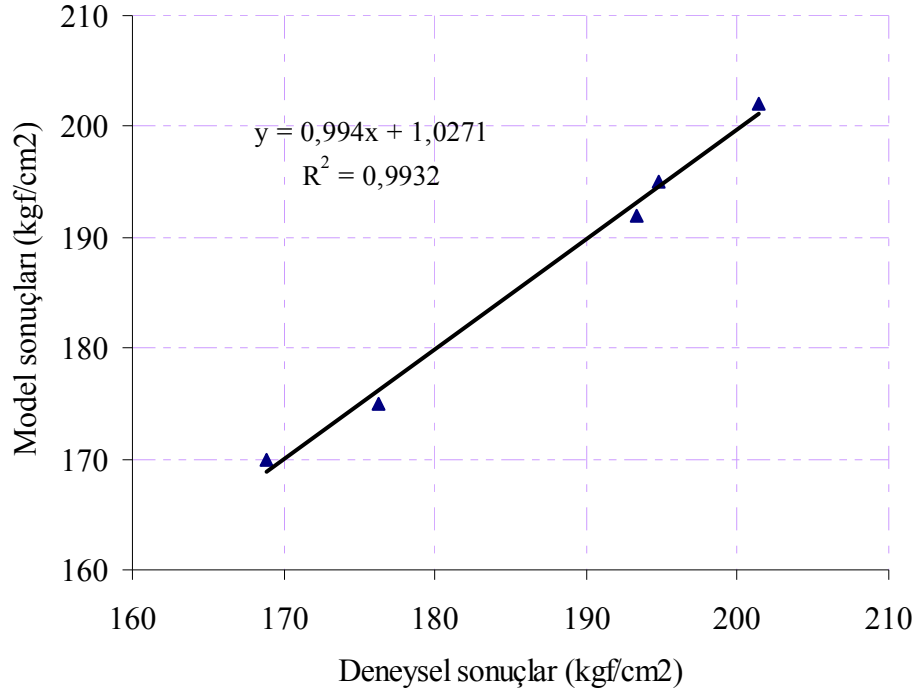
Durulaştırma işlemi sonucunda Bulanık mantık modelinden elde edilen sonuçlar ile deneysel sonuçlar karşılaştırılmıştır. Uçucu külün % 0-5-10-15 ve 20 sabit olduğu beton serilerinin herbirinde Silis dumanının % 0 ve % 20 oranında değişen her ikame miktarı için deneysel basınç dayanımı değerleri ile Bulanık mantık modeli tahmini basınç dayanımı değerleri karşılaştırılmıştır. Kodlanmış bütün bu seriler için model sonuçları ile deney sonuçları arasındaki ilişkileri gösteren korelasyon grafikleri ile sonuçların eşleşme grafikleri Şekil 6 – 11,12,13,14,15,16,17,18,19,20'de verilmiştir.



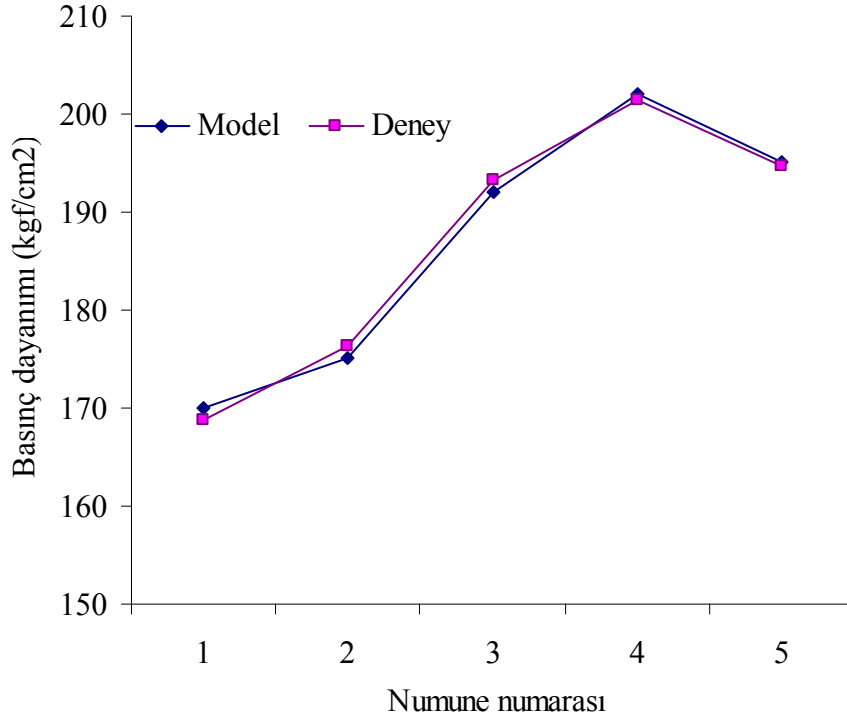
Şekil 6.11. UK % 0 ve silis dumanı değişken olan seride model sonuçları ile deney sonuçları arasındaki ilişki



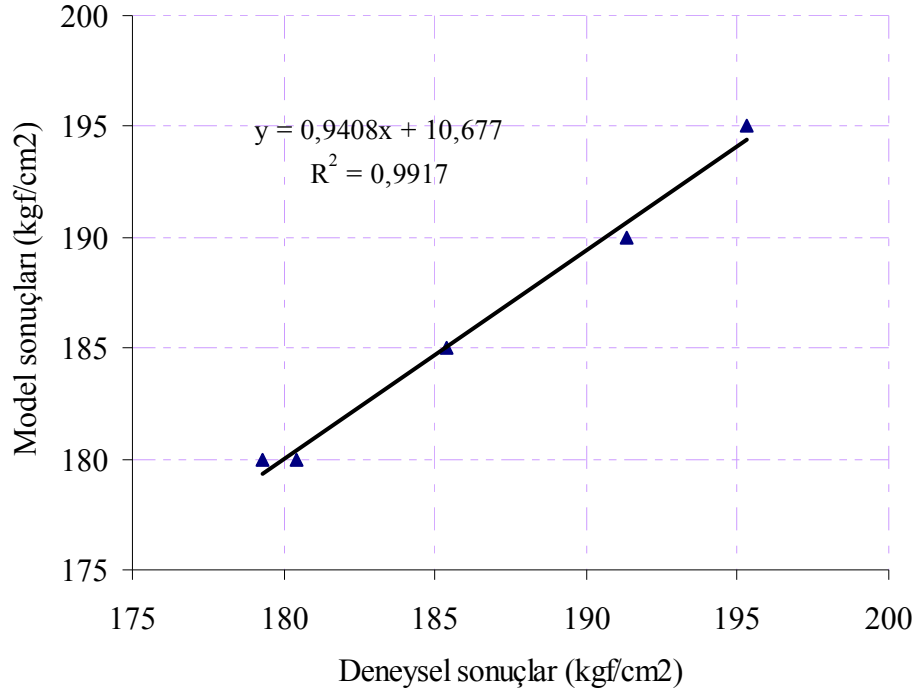
Şekil 6.12. . UK % 0 ve silis dumanı değişken olan seride model sonuçları ile deney sonuçları arasındaki eşleşme durumu



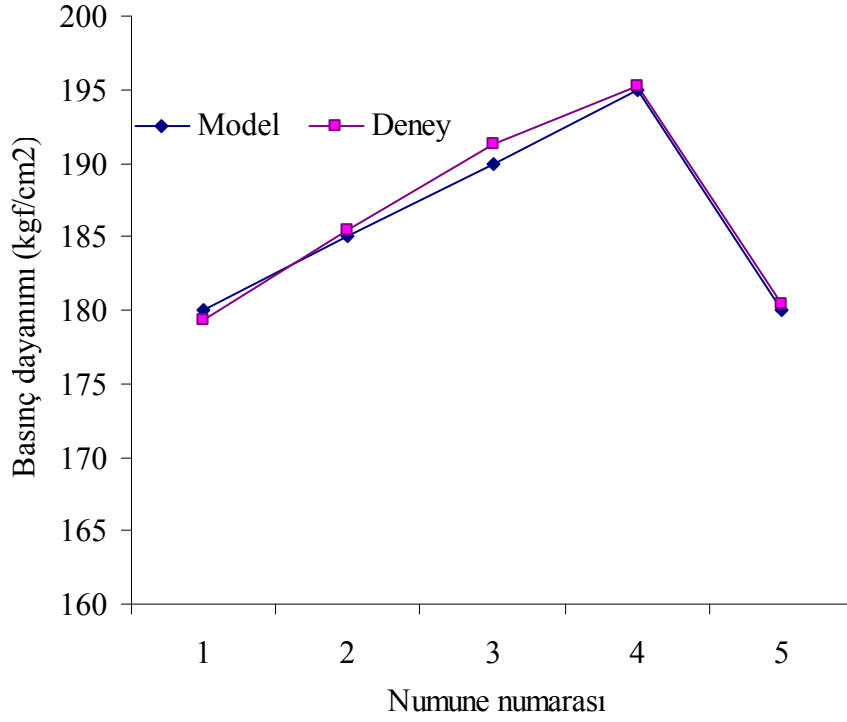
Şekil 6.13. UK % 5 ve silis dumanı değişken olan seride model sonuçları ile deney sonuçları arasındaki ilişki



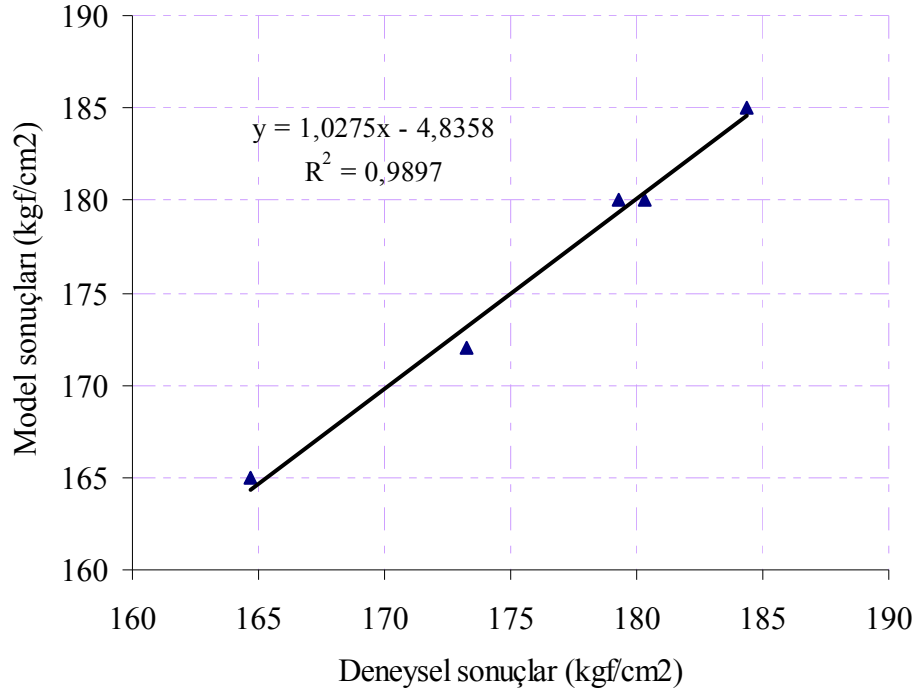
Şekil 6.14. UK % 5 ve silis dumanı değişken olan seride model sonuçları ile deney sonuçları arasındaki eşleşme durumu



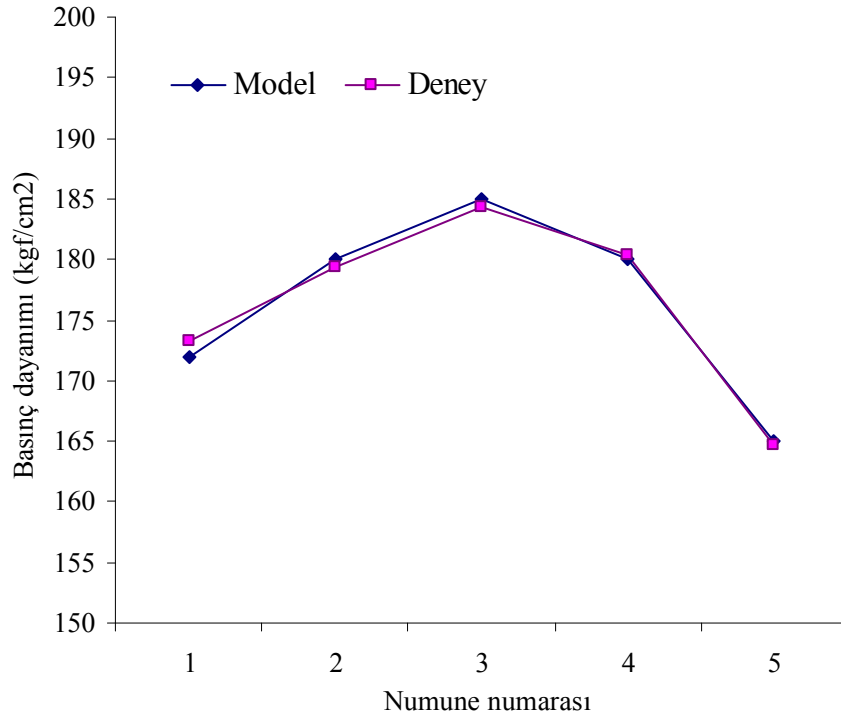
Şekil 6.15. UK % 10 ve silis dumanı değişken olan seride model sonuçları ile deney sonuçları arasındaki ilişki



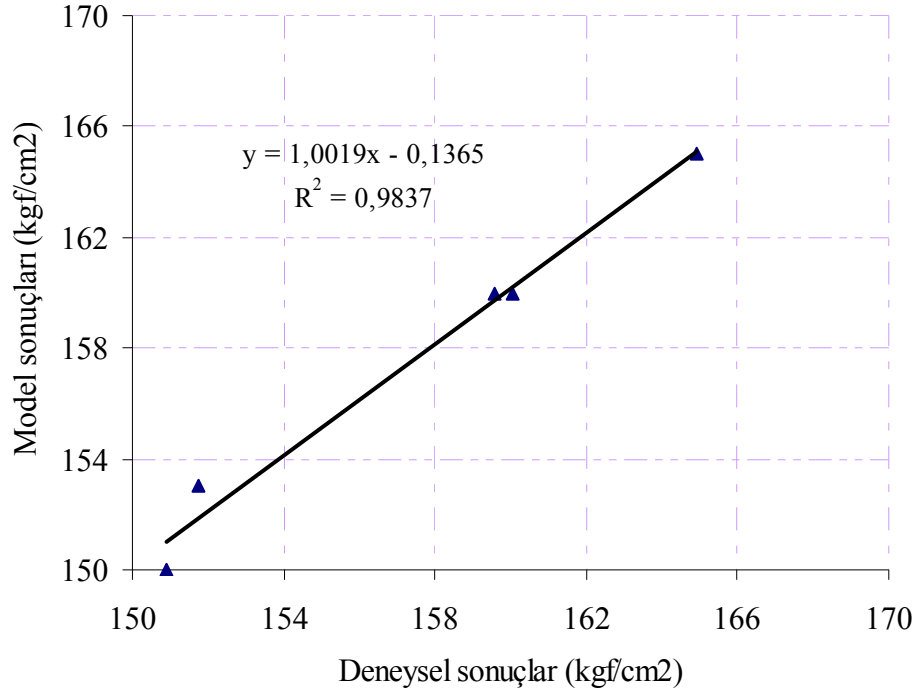
Şekil 6.16. UK % 10 ve silis dumanı değişken olan seride model sonuçları ile deney sonuçları arasındaki eşleşme durumu



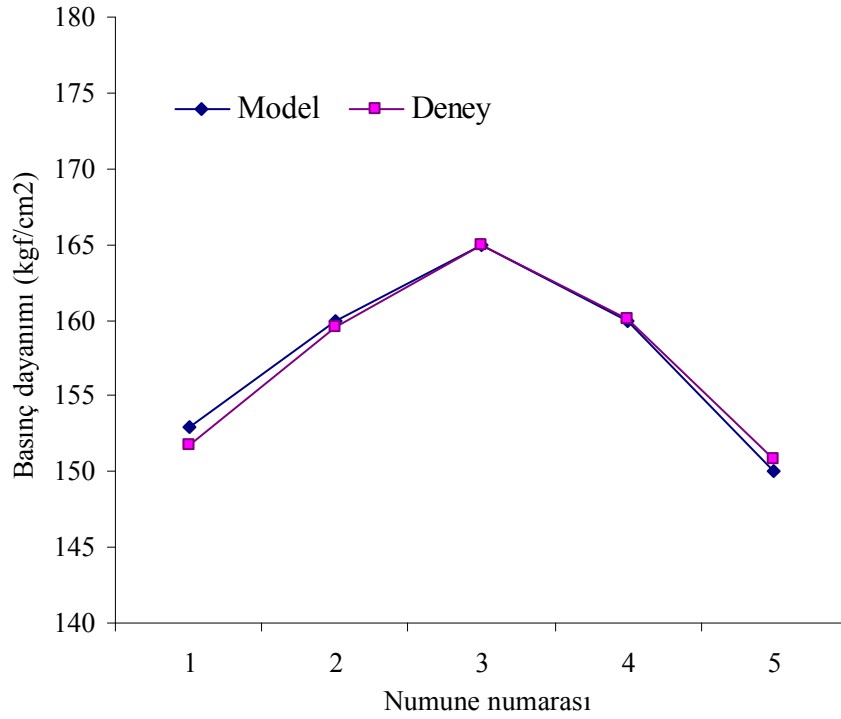
Şekil 6.17. UK % 15 ve silis dumanı değişken olan seride model sonuçları ile deney sonuçları arasındaki ilişki



Şekil 6.18. UK % 15 ve silis dumanı değişken olan seride model sonuçları ile deney sonuçları arasındaki eşleşme durumu



Şekil 6.19. UK % 20 ve silis dumanı değişken olan seride model sonuçları ile deney sonuçları arasındaki ilişki



Şekil 6.20. UK % 20 ve silis dumanı değişken olan seride model sonuçları ile deney sonuçları arasındaki eşleşme durumu

7. SONUÇLAR

Çalışma taze beton özellikleri açısından değerlendirilecek olursa;

Taze beton birim ağırlıkları bakımından ,

Uçucu kül ikame miktarının % 15 ve % 20 olduğu seriler dışında uçucu kül sabit alınarak silis dumanı ikame miktarının arttırıldığı bütün beton serilerinde taze beton birim ağırlığı silis dumanı ikame miktarı % 0'dan % 5' çıkarıldığında artmış, % 5'den % 10'a çıkarıldığında azalmış, % 10'dan %15'e çıkarıldığında değişmemiş ve %20'ye çıkarıldığında ise azalmıştır. Uçucu kül ikame miktarının % 15 olduğu seride ise silis dumanı ikame miktarına bağlı olarak %15'den % 20'ye geçisi dışındaki bütün ikame miktarlarında artma eğilimde olmuştur. Uçucu külün % 20 olduğu seride ise % 0'dan % 5'e çıkarıldığında artmış, % 5'den % 10'a çıkarıldığında azalmış ve %10'dan sonra sürekli sabit kalmıştır.

Sonuçlar yorumlanacak olursa taze beton birim ağırlık değerleri ile uçucu kül ve silis dumanı ikame miktarları arasında anlamlı bir ilişki görülmemektedir.

Taze beton işlenebilirliği bakımından,

Uçucu kül ikame miktarının % 20 sabit alındığı ve silis dumanının değişken olduğu seriler hariç bütün serilerde silis dumanı ikame miktarına bağlı olarak çökme değerleri azalmıştır. Uçucu külün % 20 sabit alındığı serilerde ise sadece silis dumanının % 10'dan % 15'e geçişinde çökme değeri artmıştır.

Silis dumanı ikame miktarının % 0 sabit alındığı ve uçucu kül ikame miktarının değişken olduğu seriler hariç bütün serilerde uçucu kül miktarına bağlı olarak çökme değerleri artmıştır. Silis dumanının % 0 sabit alındığı serilerde ise sadece uçucu kül ikame miktarının % 0'dan % 5'e geçişinde çökme değeri azalmıştır.

Sonuçlar yorumlanacak olursa, genel olarak silis dumanı ikame miktarındaki artışın taze beton işlenebilirliğini olumsuz yönde etkilediği, diğer taraftan uçucu kül ikame miktarındaki artışın ise taze beton işlenebilirliğini arttırdığı söylenebilir.

Çalışma sertleşmiş beton özellikleri açısından değerlendirilecek olursa;

Sertleşmiş beton birim ağırlıkları bakımından,

Bütün beton serilerinde sertleşmiş beton birim ağırlık değerleri birbirinden farklı şekilde değişim aralığı göstermiş ve aralarında anlamlı bir ilişki gözlemlenememiştir.

Sertleşmiş beton basınç dayanımı değerleri bakımından,

Uçucu kül kullanılmayan beton serilerinde silis dumanı ikame miktarı %0'dan % 15 seviyesine ulaşana kadar basınç dayanımı değerleri sırasıyla 164,96 kgf/cm² -171,67 kgf/cm² -190,78 kgf/cm² ve 201,77 kgf/cm² değerlerini almıştır. Silis dumanı ikame miktarı%15'den % 20'ye çıkarıldığında ise basınç dayanımı değeri % 7.1 oranında düşmüş ve 187,45 kgf/cm² değerini almıştır.

Uçucu kül % 5 kullanılan beton serilerinde silis dumanı ikame miktarı %0'dan % 15 seviyesine ulaşana kadar basınç dayanımı değerleri sırasıyla 168,85 kgf/cm² -176,23 kgf/cm² -193,34 kgf/cm² ve 201,34 kgf/cm² değerlerini almıştır. Silis dumanı ikame miktarı%15'den % 20'ye çıkarıldığında ise basınç dayanımı değeri % 3.3 oranında düşmüş ve 194,73 kgf/cm² değerini almıştır.

Uçucu kül % 10 kullanılan beton serilerinde silis dumanı ikame miktarı %0'dan % 15 seviyesine ulaşana kadar basınç dayanımı değerleri sırasıyla 179,30 kgf/cm² -185,40 kgf/cm² -191,33 kgf/cm² ve 195,30 kgf/cm² değerlerini almıştır. Silis dumanı ikame miktarı %15'den % 20'ye çıkarıldığında ise basınç dayanımı değeri % 7.6 oranında düşmüş ve 180.44 kgf/cm² değerini almıştır.

Uçucu kül % 15 kullanılan beton serilerinde silis dumanı ikame miktarı %0'dan % 10 seviyesine ulaşana kadar basınç dayanımı değerleri sırasıyla 173,29 kgf/cm² -179,31 kgf/cm² ve 184,35 kgf/cm² değerlerini almıştır. Silis dumanı ikame miktarı %10'den % 15'e çıkarıldığında ise basınç dayanımı değeri % 2.2 oranında düşmüş ve 180.30 kgf/cm² değerini almıştır. Daha sonra % 15'den %'20'ye çıkarıldığında da benzer karakteristik göstermiş ve basınç dayanımı değeri 164,69 kgf/cm²'ye düşmüştür.

Uçucu kül % 20 kullanılan beton serilerinde silis dumanı ikame miktarı %0'dan % 10 seviyesine ulaşana kadar basınç dayanımı değerleri sırasıyla 151,76 kgf/cm² - 159,59 kgf/cm² ve 164,90 kgf/cm² değerlerini almıştır. Silis dumanı ikame miktarı %10'den % 15'e çıkarıldığında ise basınç dayanımı değeri % 2.9 oranında düşmüş ve 160,07 kgf/cm² değerini almıştır. Daha sonra % 15'den %'20'ye çıkarıldığında da benzer karakteristik göstermiş ve basınç dayanımı değeri 150,88 kgf/cm²'ye düşmüştür.

Silis dumanı kullanılmayan beton serilerinde uçucu kül ikame miktarı %0'dan % 10 seviyesine ulaşana kadar basınç dayanımı değerleri sırasıyla 164,96 kgf/cm² -168,85 kgf/cm² ve 179,30 kgf/cm² değerlerini almıştır. Uçucu kül ikame miktarı %10'den % 15'e çıkarıldığında ise basınç dayanımı değeri % 3.4 oranında düşmüş ve 173,29 kgf/cm² değerini almıştır. Daha sonra % 15'den %'20'ye çıkarıldığında da benzer karakteristik göstermiş ve basınç dayanımı değeri 151,76 kgf/cm²'ye düşmüştür.

Silis dumanı % 5 kullanılan beton serilerinde uçucu kül ikame miktarı %0'dan % 10 seviyesine ulaşana kadar basınç dayanımı değerleri sırasıyla 171,68 kgf/cm² -176,23 kgf/cm² ve 185,4 kgf/cm² değerlerini almıştır. Uçucu kül ikame miktarı %10'den % 15'e çıkarıldığında ise basınç dayanımı değeri % 3.3 oranında düşmüş ve 179,31 kgf/cm² değerini almıştır. Daha sonra % 15'den %'20'ye çıkarıldığında da benzer karakteristik göstermiş ve basınç dayanımı değeri 159,59 kgf/cm²'ye düşmüştür.

Silis dumanı % 10 kullanılan beton serilerinde uçucu kül miktarına bağlı olarak basınç dayanımı değerleri sadece % 0'dan % 5'e geçişte artmış ve 190,78 kgf/cm²'den 193,34 kgf/cm²'ye çıkmış ve daha sonraki bütün uçucu kül ikame miktarlarında düşüş göstermiştir. Bu değerler % 10 uçucu kül ikame miktarında 191,33 kgf/cm²'ye, % 15 uçucu kül ikame miktarında 184,35 kgf/cm²'ye, % 20 uçucu kül ikame miktarında ise 164,9 kgf/cm²'ye düşmüştür.

Silis dumanı % 15 kullanılan beton serilerinde basınç dayanımı değerleri bütün uçucu kül ikame miktarlarında düşüş göstermiştir. Bu değerler % 0 uçucu kül ikame miktarında 201,77 kgf/cm² iken % 5 uçucu kül ikame miktarında 201,34 kgf/cm²'ye,

% 10 uçucu kül ikame miktarında 195,3 kgf/cm²'ye, % 15 uçucu kül ikame miktarında 180,3 kgf/cm²'ye, % 20 uçucu kül ikame miktarında ise 160,07 kgf/cm²'ye düşmüştür.

Silis dumanı % 20 kullanılan beton serilerinde uçucu kül miktarına bağlı olarak basınç dayanımı değerleri sadece % 0'dan % 5'e geçişte artmış ve 187,45 kgf/cm²'den 194,73 kgf/cm²'ye çıkmış ve daha sonraki bütün uçucu kül ikame miktarlarında düşüş göstermiştir. Bu değerler % 10 uçucu kül ikame miktarında 180,44 kgf/cm²'ye, % 15 uçucu kül ikame miktarında 164,69 kgf/cm²'ye, % 20 uçucu kül ikame miktarında ise 150,88 kgf/cm²'ye düşmüştür

Sonuçlar yorumlanacak olursa ;

Uçucu kül ikame miktarı % 0- % 5 ve % 10 sabit alınan beton serilerinde silis dumanı ikame miktarının % 15 seviyesine kadar çıkması beton basınç dayanımı değerlerini arttırmıştır. % 15' den sonraki silis dumanı ikame miktarında ise basınç dayanımı değerleri düşmeye başlamıştır.

Uçucu kül ikame miktarı % 15 ve % 20 sabit alınan beton serilerinde ise silis dumanı ikame miktarının % 10 seviyesine kadar çıkması beton basınç dayanımı değerlerinin arttırmıştır. % 10' dan sonraki silis dumanı ikame miktarlarında ise basınç dayanımı değerleri düşmeye başlamıştır.

Silis dumanı ikame % 0 ve % 5 sabit alınan beton serilerinde uçucu kül miktarının % 10 seviyesine kadar çıkması beton basınç dayanımı değerlerinin arttırmıştır. % 10' dan sonraki uçucu kül ikame miktarlarında ise basınç dayanımı değerleri düşmeye başlamıştır.

Silis dumanı ikame miktarı % 10 sabit alınan beton serilerinde uçucu kül ikame miktarı % 5 seviyesine çıkarıldığında basınç dayanımı değeri artarken, % 5'den sonraki bütün uçucu kül ikame miktarlarında düşmüştür.

Silis dumanı ikame miktarı % 15 sabit alınan beton serilerinde basınç dayanımı değerleri uçucu kül ikame miktarı artışı ile ters orantılı olarak sürekli düşmüştür.

Silis dumanı ikame miktarı % 20 sabit alınan beton serilerinde uçucu kül ikame miktarı % 5 seviyesine çıktığında beton basınç dayanımı değeri artarken % 5'den sonraki bütün serilerde basınç dayanımı uçucu kül ikame miktarı artışı ile ters orantılı olarak azalmıştır.

Çalışma Yüzey sertlik ve Ultrases geçiş hızı değerleri açısından değerlendirilecek olursa;

Beton serilerinde Yüzey sertlik ve Ultrases geçiş hızı değerleri açısından anlamlı bir ilişki bulunamamıştır. Bunun nedeninin betonda kullanılan pomza agregasının boşluklu yapısından ve boşluk yapısının farklı formlarda dağılmış olabileceğinden kaynaklandığı düşünülmektedir.

Çalışma bulanık mantık modelleme açısından değerlendirilecek olursa;

UK % 0 ve silis dumanı değişken olan seride model sonuçları ile deney sonuçları arasındaki çoklu belirleyicilik katsayısı (R^2) değeri 0,9902 çıkmıştır ve modelin deney sonuçlarını yüksek oranda tahmin ettiği görülmüştür.

UK % 5 ve silis dumanı değişken olan seride model sonuçları ile deney sonuçları arasındaki çoklu belirleyicilik katsayısı (R^2) değeri 0,9932 çıkmıştır ve modelin deney sonuçlarını yüksek oranda tahmin ettiği görülmüştür.

UK % 10 ve silis dumanı değişken olan seride model sonuçları ile deney sonuçları arasındaki çoklu belirleyicilik katsayısı (R^2) değeri 0,9917 çıkmıştır ve modelin deney sonuçlarını yüksek oranda tahmin ettiği görülmüştür.

UK % 15 ve silis dumanı değişken olan seride model sonuçları ile deney sonuçları arasındaki çoklu belirleyicilik katsayısı (R^2) değeri 0,9897 çıkmıştır ve modelin deney sonuçlarını yüksek oranda tahmin ettiği görülmüştür.

UK % 20 ve silis dumanı değişken olan seride model sonuçları ile deney sonuçları arasındaki çoklu belirleyicilik katsayısı (R^2) değeri 0,9837 çıkmıştır ve modelin deney sonuçlarını yüksek oranda tahmin ettiği görülmüştür.

Sonuçlar yorumlanacak olursa, geliştirilen bulanık mantık modelinin bütün beton serilerinde deney sonuçları ile uyum içerisinde olduğu ve bütün serilerde deney sonuçlarını yüksek oranda tahmin edebildiği görülmüştür.

Bundan sonra yapılacak çalışmalar açısından tez yorumlanacak olursa;

Yapılan çalışmalarda pomza agregası ile beton üretilirken pomzanın yüksek oranda boşluklu olması ve su emme kapasitesinin fazla olması nedeniyle beton karışım hesaplarında zorluklar oluşmuştur. Bundan sonra pomza ve benzeri boşluklu agregalarla yapılacak beton deneylerinde ön deneylerin yoğun olarak yapılması gerektiği ve agreganın karakteristik özelliklerinin daha iyi analiz edilmesi gerektiği öngörülmektedir. Geliştirilen bulanık mantık modelinde, modelin eğitim aşamasında sağladığı esneklik ve kurallar oluşturulurken deneyimlerin kullanılabilmesi modeli yüksek oranda başarılı kılmıştır. Bu tez çalışmasında oluşturulan model bulanık mantık yönteminin beton teknolojisinde kullanılabilirliğini belirlemek açısından faydalı olmuştur. Fakat bilindiği üzere beton özelliklerini birçok parametre etkilemektedir. Beton özelliklerini etkileyen bütün parametreler dahil edilerek daha fazla deneysel veri ile desteklenen daha kapsamlı modellerin araştırılması faydalı olacaktır.

8. KAYNAKLAR

Akbulut, H., Gürer, C., “Atık Mermerlerin Asfalt Kaplamalarda Agregata Olarak Değerlendirilmesi” *İmo Teknik Dergi*, 2006 3943-3960, Yazı 261.

Akçaözöğlü, K., 2007. Silis Dumanı İçeren Yüksek Dayanımlı Harçlarda Numune Boy Değişiminin Basınç Dayanımı Ve Birim Kısalma Üzerindeki Etkisi. Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, Adana.

Aruntaş, H. Y., 2006. Uçucu Küllerin İnşaat Sektöründe Kullanım Potansiyeli. J. Fac. Eng. Arch. Gazi Univ. Vol 21, No 1, 193-203.

ASTM C 136, 2006, Standard Test Method For Sieve Analysis Of Fine And Coarse Aggregates, American Society for Testing and Materials.

ASTM C 597, 2002. Standard Test Method For Pulse Velocity Through Concrete, American Society for Testing and Materials.

Baradan, B., 1997. Yapı Malzemesi-II. Dokuz Eylül Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Yayınları, s.174–176, İzmir.

Başığit C., Beycioğlu A., Akkurt İ., Kılınçarslan Ş., 2008. Yüksek Kalsiyumlu Atık Kül İçeren Betonlarda Mekanik Özelliklerin Değişiminin Yapay Zekâ Modeli Ve İstatistiksel Analiz İle İncelenmesi. Bilimde Modern Yöntemler Sempozyumu-BMYS'2008 .15 - 17 Ekim. Eskişehir.

Beycioğlu A., Başığit C., Subaşı S., 2008. Endüstriyel Atıkların İnşaat Sektöründe Kullanımı İle Geri Kazanılması Ve Çevresel Etkilerinin Azaltılması. Çevre Sorunları Sempozyumu. s. 1386-1394, 14-17 Mayıs, .Kocaeli.

Beycioğlu A., Başıyđit C., Kılınçarslan Ő., Akkurt İ., 2008. Bulanık Mantık Metodu İle Ağır Betonların Basınç Dayanımı Tahmini. Akıllı Sistemlerde Yenilikler ve Uygulamaları Sempozyumu, ASYU 2008. Süleyman Demirel Üniversitesi, Isparta.

Ceylan, H., 2005. Farklı Pomza Agrega Türlerinden Elde Edilen Hafif Betonun Sıcaklık Etkisindeki Karakteristiği. Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Doktora Tezi.

Çelik, Ö., Uçucu Kül, Silis Dumanı Ve Atık Çamur Katkılarının Çimento Dayanımlarına Etkileri. Beton 2004 Hazır Beton Kongresi Bildiriler Kitabı.

Demir, F., Tekeli H, Korkmaz, A, 2007. Elastisite Modülünün Görelî Kat Ötelemelerinin Sınırlandırılmasına Etkisi. Sigma Mühendislik ve Fen Bilimleri Dergisi, Vol./Cilt 25 Issue/Sayı 2, 190-199.

Demir, F., 2005. A New Way Of Prediction Elastic Modulus Of Normaland High Strength Concrete—Fuzzy Logic. Cement And Concrete Research 35. 1531– 1538.

Demir, F., Gençoğlu, M., Güler, K., , 2004. Çelik Tel Takviyeli Betonların Gerilme Şekil Değiştirme Davranışı için Bulanık Mantık Yaklaşımı, Türkiye İnşaat Mühendisliği XVII.Teknik Kongresi, 42-46, İstanbul.

Demir, F., Korkmaz, K, A., 2008. Prediction Of Lower And Upper Bounds Of Elastic Modulus Of High Strength Concrete. Construction And Building Materials. 22. 1385–1393.

Devlet Planlama Teşkilatı Sekizinci Beş Yıllık Kalkınma Planı (Madencilik Özel İhtisas Komisyonu Raporu Endüstriyel Hammaddeler Alt Komisyonu Yapı Malzemeleri III (pomza-perlit-vermikülit-flogopit-genleşen killer) Çalışma Grubu Raporu. Ankara 2001.

Erdoğan T.Y. 2007. "BETON". ODTÜ Geliştirme Vakfı Yayıncılık Ve İletişim A.Ş. Genişletilmiş 2. Baskı. Ankara.

Erdoğan, E., 2006. Çimentoya Bor Katkısı, Uçucu Kül, Yüksek Fırın Cürufu İlavesiyle Özelliklerinin İncelenmesi. Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, İstanbul.

Esenal, H., 2007. Eğirdir Gölü Su Seviyesi Mevsimsel Değişiminin Bulanık Mantık Metoduyla Modellenmesi. Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tezi İnşaat Mühendisliği Anabilim dalı Yüksek Lisans Tezi. Isparta.

Karahan, O., 2006. Liflerle Güçlendirilmiş Uçucu Küllü Betonların Özellikleri. Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Doktora Tezi. Adana.

Kaya, G., Turan, S., Yüksek Fırın Cürufunun Seramik Sektöründe Katma Değeri Yüksek Ürünlerin Eldesinde Değerlendirilmesi" Mühendis Ve Makine - Cilt: 45

Kişi, Ö., Karahan, M. E., Şen, Z., 2003. Nehirlerdeki Askı Maddesi Miktarının Bulanık Mantık İle Modellenmesi. itüdergisi/d Mühendislik Cilt:2, Sayı:3, 43-54.

Kömür, M, Altan, M, 2005. Deprem Hasarı Gören Binaların Hasar Tespitinde Bulanık Mantık Yaklaşımı, İTÜ Dergisi/d mühendislik Cilt:4, Sayı:2, 43-52.

Malhotra, V.M., 1997. Mineral Admixtures. Concrete Construction Engineering Handbook, Nawy Edward G. CRC Press, New York, pp.27-36.

Mamdani, ve Assilian, 1975. An Experiment İn Linguistic Synthesis With A Fuzzy Logic Controller. International Journal of Man-Machine Studies, 7, 1, 1-3.

Özcan, F., 2005. Silis Dumanı İçeren Harç Ve Betonların Özellikleri Ve Hızlandırılmış Kür İle Dayanım Tahmini. Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Doktora Tezi, İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı Adana.

Özgan, E., 2008. Taş Unu Miktarının Beton Basınç Dayanımına Etkisinin Bulanık Mantıkla İncelenmesi. e-Journal of New World Sciences Academy, Volume: 3, Number: 4.

Sancak, E., 2005. Silis Dumanı Katkılı Bims Betonların Özellikleri. Doktora Tezi. Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü. Ankara

Subaşı S., Beycioğlu A., Emiroğlu, M., 2008. Hafif Betonlarda Donatı Aderansı Dayanımının Bulanık Mantık Yöntemiyle Modellenmesi. Akıllı Sistemlerde Yenilikler ve Uygulamaları Sempozyumu, ASYU 2008. Süleyman Demirel Üniversitesi, Isparta.

Subaşı S., Kap T., Beycioğlu A., Çullu M., 2008. Effect Of The Amount Of Fly Ash On Setting Time And Workability Of The Concrete. *International Ready Mixed Concrete Congress*.19-21 June 2008. İstanbul.

Subaşı, S., Beycioğlu, A., Emiroğlu, M., 2008. Genleştirilmiş Kil Agregalı Hafif Betonlarda Bulanık Mantık Yöntemiyle Yarmada Çekme Dayanımı Tahmin Modeli Geliştirilmesi. Bilimde Modern Yöntemler Sempozyumu- BMYS'2008 .15 - 17 Ekim. Eskişehir.

Subaşı, S., Kap, T., Beycioğlu, A., Emiroğlu, M., 2008. Hafif Betonlarda Basınç Dayanımlarının Tahmin Edilmesinde Kullanılan Farklı Tahmin Metotlarının Karşılaştırılması. Bilimde Modern Yöntemler Sempozyumu- BMYS'2008 .15 - 17 Ekim. Eskişehir.

Şahin, U., Bedirhanoğlu, İ., 2008. Lifli Polimerler İle Güçlendirilmiş Betonun Basınç Dayanımının Bulanık Mantık İle Tahmin Edilmesi. Bilimde Modern Yöntemler Sempozyumu- BMYS'2008 .15 - 17 Ekim. Eskişehir.

Şen, Z., 2001. Bulanık Mantık ve Modelleme İlkeleri, ISBN: 9758509233, Bilge Kültür Sanat Yayınevi, İstanbul.

Şen, Z., 2004. Mühendislikte Bulanık (Fuzzy) Mantık ile Modelleme Prensipleri. Su Vakfı Yayınları, Bilge Yayıncılık, İstanbul.

Tanyıldızı, H., 2007. Fuzzy Logic Model For The Prediction Of Bond Strength Of High-Strength Lightweight Concrete. *Advances In Engineering Software*.

Tanyıldızı, H., 2008. Fuzzy Logic Model For Prediction Of Mechanical Properties Of Lightweight Concrete Exposed To High Temperature Materials and Design.

Terzi, S., 2004. Coğrafi Bilgi Sistemi Yardımıyla Karayolu Üstyapı Bakım Yönetim Modeli Geliştirilmesi. Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü İnşaat Müh. Anabilim Dalı.Doktora Tezi. Isparta.

Topçu İ. B., *Beton Teknolojisi*, Uğur Ofset, 2006.

Topçu, İ, B., Canbaz, M., Sarıdemir, M., 2008. Isısal Etki Altında Kalmış Alkali Aktiveli YFC'li Harçların Basınç Dayanımlarının YSA ve Bulanık Mantık Kullanılarak Tahmin Edilmesi. Bilimde Modern Yöntemler Sempozyumu-BMYS'2008 .15 - 17 Ekim. Eskişehir.

Topçu, İ, B., Canbaz, M., Sarıdemir, M., 2008. Kimyasal Etki Altında Kalmış Alkali Aktiveli YFC'li Harçların Basınç Dayanımlarının YSA ve Bulanık Mantık Kullanılarak Tahmin Edilmesi. Bilimde Modern Yöntemler Sempozyumu-BMYS'2008 .15 - 17 Ekim. Eskişehir.

Topçu, İ, B., Sarıdemir, M., 2008. Prediction Of Mechanical Properties Of Recycled Aggregate Concretes Containing Silica Fume Using Artificial Neural Networks And Fuzzy Logic. *Computational Materials Science Volume 42, Issue 1, March, Pages 74-82*.

Topçu, İ. B., Sarıdemir, M., 2008. Uçucu Kül ve Silis Duman İçeren Betonların Basınç Dayanımı ve Elastisite Modülünün Bulanık Mantık ile Tahmini. Bilimde Modern Yöntemler Sempozyumu- BMYS'2008 .15 - 17 Ekim. Eskişehir.

Topçu, İ. B., Uygunoğlu, T., 2008. Kendiliğinden Yerleşen Harçların Eşik Kayma Gerilmelerinin Bulanık Mantık Yaklaşımıyla Tahmini. International Ready Mixed Concrete Congress.19-21 June İstanbul.

Toutanji, H., Delatte, N., Aggoun, S., Duval, R., Danson, A., 2004. Effect Of Supplementary Cementitious Materials On The Compressive Strength And Durability Of Short-Term Cured Concrete, Cement And Concrete Research. 311-319.

TS 2511, (1977). Taşıyıcı hafif betonların karışım hesap esasları. Türk Standartları Enstitüsü. Ankara.

TS 2941, 1978, Taze Betonda Birim Ağırlık, Verim Ve Hava Miktarının ağırlık Yöntemi İle Tayini, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.

TS 3260, 1978, Beton Yüzey Serdiği Yolu İle Yaklaşık Beton Dayanımının Tayini Kuralı, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.

TS 3526, 1980, Beton Agregalarında Özgül Ağırlık ve Su emme Ağırlıklarının Tayini, I Baskı, Ankara.

TS 3529, 1980, Beton Birim Agregalarının Birim Ağırlıklarının Tayini, I Baskı, Ankara.

TS 3530 EN 933-1, 1999, Agregaların Geometrik Özellikleri İçin Deneyler Bölüm 1: Tane Büyüklüğü Dağılımı Tayini - Eleme Metodu, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.

TS 3624, 1981, Sertleşmiş Betonda Özgül Ağırlık Su Emme Ve Boşluk Oranı Tayin Metodu, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.

TS 706, 1980, Beton Agregaları, I. Baskı, Ankara.

TS EN 12390-3, 2003, Beton – Sertleşmiş Beton Deneyleri – Bölüm 3: Deney Numunelerinde Basınç Dayanımının Tayini, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.

TS EN 932-1, 1997, Agregaların Genel Özellikleri İçin Deneyler – Kısım 1 – Numune Alma Metotları, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.

TS EN932-2, 1999. Agregaların Genel Özellikleri İçin Deneyler Bölüm 2: Laboratuvar Numunelerin Azaltılması, Metodu Türk Standartları Enstitüsü.

Tuzcuoğlu, H., 2003. Yapay Zeka Teknikleri Depremde Kullanılması Ve Küme Kuramları”, D.Ü. Mühendislik Fakültesi Fen Ve Mühendislik Bilimleri Dergisi, cilt 5, sayı 1, syf 73-78.

Uludağ, N., 2005. Ulaşım Ağlarında Rota Seçim Probleminin Bulanık Mantık İle Modellenmesi. Pamukkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı Yüksek Lisans Tezi. Denizli.

Ulus, İ., 2007. Ham Perlit Agregası Kullanılarak Yüksek Dayanımlı Hafif Beton Üretilebilirliğinin Araştırılması. Atatürk Üniversitesi, Fen bilimleri Enstitüsü İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı. Doktora tezi.

Uygunoğlu, T., Ünal, O., 2005. Seyitömer Uçucu Külünün Betonun Basınç Dayanımına Etkisi Üzerine Bulanık Mantık Yaklaşımı. Yapı Teknolojileri Elektronik Dergisi (1) 13 – 20.

Yazıcıoğlu, S., Bozkurt, N., 2006. Pomza Ve Mineral Katkı Taşıyıcı Hafif Betonun Mekanik Özelliklerinin Araştırılması. Gazi Üniv. Müh. Mim. Fak. Der. Cilt 21, No 4, 675-680.

Yeğinobalı A, 1993. Silis Dumanının Betonda Katkı Maddesi Olarak Değerlendirilmesi. Endüstriyel Atıkların İnşaat Sektöründe Kullanılması Sempozyumu Bildirileri, s.149-167. Ankara.

Zadeh, L. A., 1965. Fuzzy Sets. Information and Control, 8, 3, 38-53.

ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : Ahmet BEYÇİOĞLU

Doğum Yeri ve Yılı : Osmaniye-1981

Medeni Hali : Evli

Yabancı Dili : İngilizce



Eğitim Durumu

Lise : Adana Çukurova Elektrik Anadolu
Meslek Lisesi 1995-1999

Lisans : Süleyman Demirel Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi
Yapı Eğitimi Bölümü 2001-2005

Çalıştığı Kurum/Kurumlar ve Yıl:

Süleyman Demirel Üniversitesi Isparta Meslek Yüksek Okulu İnşaat Programı Ücr.
Öğr. Gör. 2007 Ocak–2007 Ağustos

Düzce Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi Yapı Eğitimi Bölümü Araştırma
Görevlisi 2007 Ekim - ...