



**Makale
(Article)**

TS EN 206-1'e göre Tasarlanan ve Zararlı Kimyasal Ortamlara Maruz Kalacak Betonların Basınç Dayanımının Bulanık Mantık Yöntemiyle Tahmini

Hasan POLAT^{1*}, Cengiz ÖZEL²

^{1*} Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yapı Eğitimi ABD, 32260 Isparta.

polat000@hotmail.com

² Süleyman Demirel Üniversitesi, Teknik Eğitim Fakültesi, Yapı Eğitimi Bölümü, 32260 Isparta.

cengizozel@sdu.edu.tr

Özet

Beton birçok alanda yaygın bir şekilde kullanılan bir yapı malzemesi olmasından dolayı çeşitli çevresel etkilere maruz kalmakta ve kimyasal saldırılara uğramaktadır. Bu çevresel etkiler betonun servis süresinden önce yıpranmasına ve dayanıklılığını yitirmesine yol açmaktadır. Betonun sertleşme sürecinin durdurulamaz ve geri dönüştürülemez oluşu betonun sahip olacağı özelliklerin önceden bilinmesini zorunlu kılmaktadır. Bu özelliklerin en önemlilerinden biri betonun basınç dayanımıdır. Basınç dayanımı (BD) betonun sertleşmiş halde sahip olacağı birçok özellik (su emme, kılcalık, elastisite modülü, çekme dayanımı vb.) yakından ilişkilidir. Betonun basınç dayanımının çevresel etkilerden etkilenmesi betonun diğer özelliklerini de etkilemektedir.

Günümüzde birçok faktörün bir arada etkisinin incelenebildiği ve tahmin modellerinin geliştirilebildiği, analiz yöntem ve teknikleri (yapay zekâ yöntemleri) birçok farklı alanda başarılı bir şekilde kullanılmaktadır. Bu çalışmada 7, 14 ve 28 günlük kür süresine tabi tutulmuş 3 farklı çimento dozajı (320, 350 ve 400 kg/m³) ve 3 farklı s/ç oranındaki (0.45, 0.48 ve 0.51) beton örneklerinin basınç dayanımları bulanık mantık yöntemiyle modellenmiştir. Çalışma sonucunda geliştirilen bulanık mantık modelinde numunelerin basınç dayanımı kabul edilebilir ($R^2=0.996$) bir yaklaşımla tahmin edilebilirliği sonucuna varılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Bulanık Mantık, Basınç Dayanımı, Kimyasal Saldırı, Zararlı Ortam.

Estimation of Compressive Strength of Concretes Exposure to Chemical Attack and Designed According to TS EN 206-1 Using Fuzzy Logic Method

Abstract

Concrete is exposed to various environmental influences and chemical attack because of the construction material, the widely and in many areas used. These influences are leads to the loss of service time and durability of concrete. The predict and/or known of the hardened concrete properties before from hardening process is essential due to the irreversible and unpreventable character of hardening process makes. Compressive strength is one of the most important of hardened concrete properties. Compressive strength is related to other properties of concrete such as water absorption, capillarity, elasticity modulus, tensile strength, etc. Compressive strength of concrete is affected by environmental influences, also affected other properties.

Nowadays, analysis methods and techniques (artificial intelligence methods), are used as successful in many different areas, examine of many factors effect and develop the prediction models. In this study, compressive strengths of designed concretes as durability to chemical attack (aggressive chemical environment) was modeled by fuzzy logic method, produced concrete in three different cement dosage (350, 400 and 450 kg/m³) and at three different water/cement ratios (0.45, 0.48 and 0.51) for the three different curing period (7, 14 and 28 days). The result of the study concluded that compressive strengths of concretes exposure to chemical attack is predictable as acceptable ($R^2=0.996$) with developed model using fuzzy logic.

Keywords : Fuzzy Logic, Compressive Strength, Chemical Attack, Hazardous Environment

Bu makaleye atf yapmak için

Polat H., Özel C., "TS EN 206-1'e göre Tasarlanan ve Zararlı Kimyasal Ortamlara Maruz Kalacak Betonların Basınç Dayanımının Bulanık Mantık Yöntemiyle Tahmini" *Yapı Teknolojileri Elektronik Dergisi*, 2012,8(1) 26-35

How to cite this article

Polat H., Özel C., "Estimation of Compressive Strength of Concretes Exposure to Chemical Attack and Designed According to TS EN 206-1 Using Fuzzy Logic Method" *Electronic Journal of Construction Technologies*, 2012, 8 (1) 26-35

1. GİRİŞ

Beton yeraltı suyundan deniz suyuna kadar birçok betona zararlı ortamda çevresel etkiye maruz kalmakta ve kimyasal saldırılara uğramaktadır [1-6]. Suyun ve zararlı maddelerin beton içine taşınımı (transferi) ve bunların beton ile etkileşimi betonun durabilitesi açısından çok önemlidir. Bu gibi ortamlar beton için “zararlı ortamlar” olarak nitelendirilmektedir [6]. Zararlı ortamlar olan yeraltı sularında, bazı killi topraklarda ve cürufle doldurulmuş arazilerde oldukça yüksek miktarlarda sodyum sülfat, kalsiyum sülfat, magnezyum sülfat ve potasyum sülfat gibi tuzlar bulunabilmektedir. Sertleşmiş betonun içerisine dışarıdan sızan sularla birlikte giren sülfatlar, betonun genleşip çatlamasına yol açan kimyasal olayların gelişmesine neden olmaktadır [7]. Beton servis ömrü boyunca fiziksel, kimyasal, mekanik ya da fiziko-kimyasal etkilerle hasara uğrayabilmektedir. Bu çevresel etkiler betonun performansının zamanla azalmasına, servis süresinden önce işlevini ve dayanıklılığını tamamen yitirmesine yol açabilmektedir [8].

TS EN 206-1 (2002) [9] standardı bu çevresel etkenlere belli sınırlamalar getirmekte ve zararlı ortamlara maruz kalacak beton tasarımı için karışım dizaynları önermektedir.

Beton her zaman yapı malzemesi dünyasında geçerliliğini devam ettirmiş ve en çok kullanılan yapı malzemesidir. Dayanıklılığı, kolay şekil verilebilirliği, istenilen fiziksel özellikler hem şantiyede hem de şantiye dışı alanlarda (beton tesislerinde) ileri teknoloji gerektirmeden ekonomik olarak üretilebilmesi nedeniyle yapı malzemesi dünyasında vazgeçilmez bir öge haline gelmiştir.

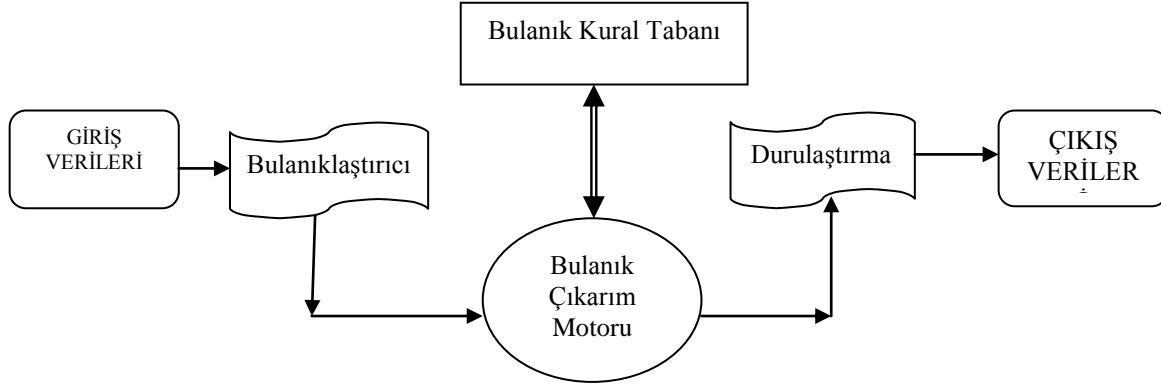
Betondan beklenen en önemli özelliklerden biri yapı kullanım amacına göre değişmekle beraber, genellikle basınç dayanımıdır [10-11]. Betonun basınç dayanımı etkileyen faktörler iç ve dış faktörler olmak üzere ikiye ayırmak mümkündür. İç faktörler; betonu oluşturan malzeme tipi ve oranlarından, dış faktörler ise betonun üretimi, bakımı ve servis ömrü boyunca maruz kalacağı etkilerden kaynaklanmaktadır. Çimento tipi, çimento dozajı, agrega özellikleri, su/çimento oranı, kullanılan kimyasal ve mineral katkıları, betonun boşluk yapısı vb. betonun basınç dayanımı etkileyen iç faktörlere, betonun döküm ve kür sıcaklığı, kür koşulları, basınç dayanımı, deney koşulları, vb. dış faktörlere örnek olarak verilebilir [12]. Beton kalıba döküldüğü ilk andan itibaren dayanım kazanmaya başlar ve gün geçtikçe kazandığı dayanım artma eğimindedir. Beton çeşitli bileşenlerden meydana gelen bir kompozit olduğu için içerisindeki bileşenlerin değiştirilmesi ile bileşenler arasındaki belirsiz davranışlar meydana gelmekte ve değişen özellikleri matematiksel olarak ifade etmek çok güçtür [13].

Betonun basınç dayanımı birçok etkenden olumlu veya olumsuz bir şekilde etkilenmektedir. Bu çalışmada “Zararlı Kimyasal Ortam” lara maruz kalabilecek betonlar için TS EN 206-1 (2002) [9] standardının önerileri doğrultusunda karışım dizaynı oluşturulan betonlarda, çimento dozajı, su/çimento oranı ve kür süresi gibi etkenlerin betonun basınç dayanımı üzerindeki etkileri bulanık mantık kullanılarak belirlenmesi amaçlanmıştır.

2. BULANIK MANTIK (FUZZY LOGIC)

Gerçek dünyada olaylar çok karmaşık durumdadır ve bu olayların belirli matematiksel ifadelerle tanımlanması ve kesin bir şekilde kontrol altında tutulması mümkün değildir. Bütün teori ve denklemler gerçek dünyayı yaklaşık bir biçimde ifade ederler. İncelenen bir konunun tam ve kesinlikle bilinmemesi bulanıklığı ifade etmektedir. Bu belirsizliklerin sözel ifadeler kullanılarak daha belirgin hale gelmesi için geliştirilen mantığa da Bulanık Mantık “BM”(fuzzy logic) denilmektedir [13]. Karışıklık ve belirsizlikleri göstermek üzere kullanılan bu bulanık mantık terimi ilk defa Zadeh tarafından ortaya atılmış ve son zamanlarda birçok mühendislik dalında yaygın bir kullanım alanı bulmuştur [14].

Bulanık mantık bulanık denetleyiciden oluşmaktadır. Şekil 1'de görüldüğü gibi genel olarak bir bulanık mantık işlemi, veri tabanı, bulanıklaştırma, çıkarım motoru, kural tabanı, durulaştırma ve çıktı işlemlerinden meydana gelmektedir [15].



Şekil 1. Bulanık bir denetleyicinin yapısı

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” (If-Then) kurallarının oluşturduğu bulanık mantığı esas alır. Durulaştırma birimi ise kurarlardan alınan sözel ifadelerin sayılar değerlere dönüştürüldüğü birimdir. Model sonuçlarının alındığı durulaştırma biriminde en büyük üyelik ilkesi, Sentroid yöntemi, Ağırlıklı ortalama yöntemi, Ortalama en büyük üyelik gibi farklı yöntemler kullanılmaktadır. Bu yöntemlerden en yaygın olarak kullanılanı ise Ağırlık merkezi (centroid) yöntemidir [16].

3. BETON ÜRETİMİ VE DENEYSEL ÇALIŞMALAR

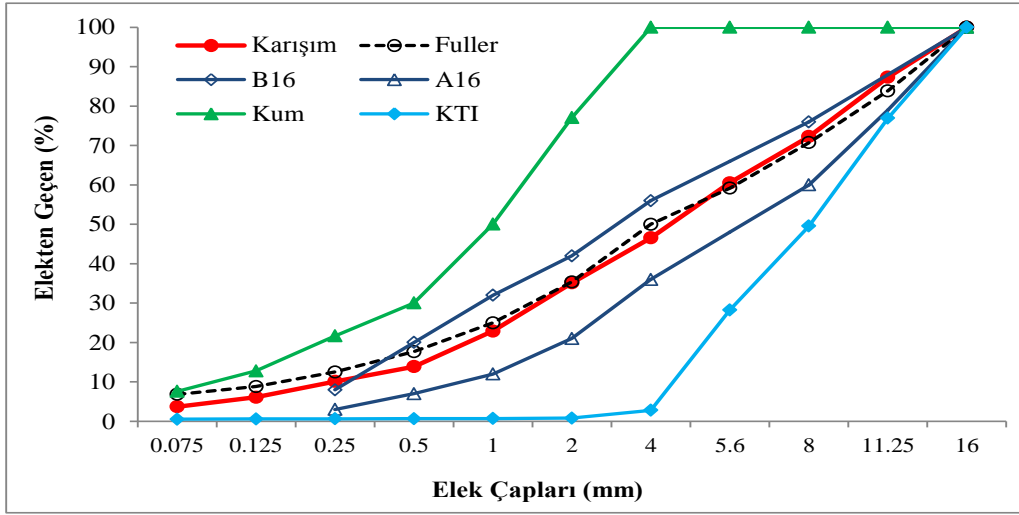
Bu çalışmada TS EN 206-1 (2002) [9] standarda önerilen ve sınırlamalar getirilen etki sınıfları bağlı olarak çimento dozajı (baskın etki göz önüne alınmamıştır), su/çimento oranı ve kür süresi gibi bazı etkenlerin betonun basınç dayanımı üzerindeki etkileri bulanık mantık kullanılarak belirlenmesi amaçlanmıştır.

Tablo 1. Çeşitli çevre etki sınıflarında kullanılacak betonlar için, beton karışımı ve özellikleri için önerilen değerler (TS EN 206-1 2002) [9]

	Korozyon veya zararlı etki tehlikesi yok	Karbonlaşma nedeniyle korozyon				Klorürün sebep olduğu korozyon						Donma/çözünme etkisi				ZARARLI KİMYASAL ORTAM ^c			
						Deniz suyu			Deniz suyu haricinde										
En büyük Su/çimento oranı	X0	XC1	XC2	XC3	XC4	XS1	XS2	XS3	XD1	XD2	XD3	XF1	XF2	XF3	XF4	XA1	XA2	XA3	
En Küçük Dayanım Sınıfı	-	0.65	0.60	0.55	0.50	0.50	0.45	0.45	0.55	0.55	0.45	0.55	0.55	0.50	0.45	0.55	0.50	0.45	
En Az Çimento İçeriği(kg/m ³)	C16 /20d	C20 /25	C25 /30	C30 /37	C30 /37	C30/37	C35 /45	C35 /45	C30 /37	C30 /37	C35 /45	C30 /37	C25 /30	C30 /37	C30 /37	C30 /37	C30 /37	C30 /37	C35 /45
En az hava içeriği(%)	-	260	280	280	300	300	320	340	300	300	320	300	300	320	340	300	320	360	
Diğer şartlar	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	Pr EN 126220:2000'e uygun donma/çözünme dayanıklılığına sahip agrega				-			

a Beton sınıfları 15/30 cm standart silindir ve 15 cm ayrıtlı küp örnek ile tanımlanmıştır.
b Hava sürüklenmemiş betonda, beton performansı, ilgili etki sınıfı için donma/çözünme etkisine dayanıklılığı kanıtlanmış betonla kıyas için uygun deney metoduna göre belirlenmelidir.
c XA2 ve XA3 etki sınıfında baskın etkinin SO₂'den kaynaklanması halinde sülfatlara dayanıklı çimento kullanılması zorunludur. Sülfatlara dayanıklılık bakımından çimentonun sınıflandırılması halinde orta ve yüksek dayanıklı olarak sınıflandırılan çimento XA2 etki sınıfında (uygulanabiliyorsa XA1 etki sınıfında) ve yüksek dayanıklı çimento ise XA3 etki sınıfında kullanılmalıdır.
d Standartta verilen bu değerler yanlış olduğu, doğrusunun C16/20 olması gerektiği düşünülmektedir.

Çalışmada kullanılan agregaların granülometrik değerleri ASTM C136 (2006)'ya [17] göre belirlenmiştir (Şekil 2). Agregaların bazı fiziksel özellikleri ise Tablo 2'de verilmiştir.



Şekil 2. Agregaların ve karışımın gradasyon eğrileri

Tablo 2. Agregaların tene yoğunlukları, su emme ve sıkışık- gevşek birim hacim kütleleri

Agrega Çeşidi	Tane yoğunluğu (Mg/m ³)		Ağırlıkça Su Emme Oranı (%)	Gevşek (gr/cm ³)	Sıkışık (gr/cm ³)
	Doygun Kuru Yüzey	Etüv Kuru			
Agrega (0-4)	2.70	2.67	1.20	1.607	1.844
Agrega (7-16)	2.67	2.65	0.40	1.373	1.545

Yapılan deneysel çalışmada beton numunelerin üretiminde CEM I PÇ 42.5 R Çimentosu kullanılmıştır. TS EN 196-1 [18], TS EN 196-3 [19] ve TS EN 197-1 [120]'e göre belirlenen çimentoya ait fiziksel ve kimyasal özellikler sırasıyla Tablo 3 ve 4'de verilmiştir.

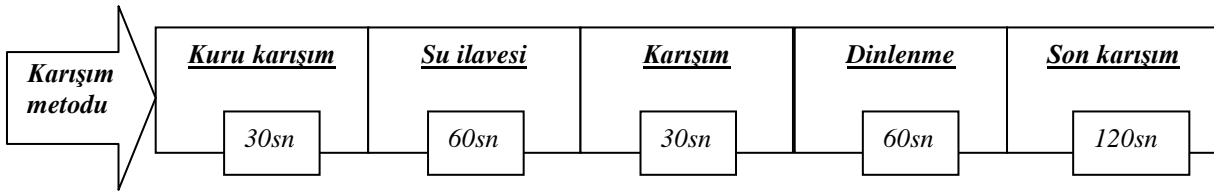
Tablo 3. Çimentonun fiziksel ve mekanik özellikleri

Basınç Mukavemeti (MPa)		Eğilme Mukavemeti (MPa)		Priz başlama (dk)	Priz sona erme (dk)	Le Chatelier (mm)	Özgül ağırlık (g/cm ³)	Blaine (cm ² /g)
2 Günlük	28 Günlük	2 Günlük	28 Günlük					
4.7	7.7	25.6	51.1	150	200	1	3.18	3260

Tablo 4. Çimentonun kimyasal özellikleri (% ağırlık)

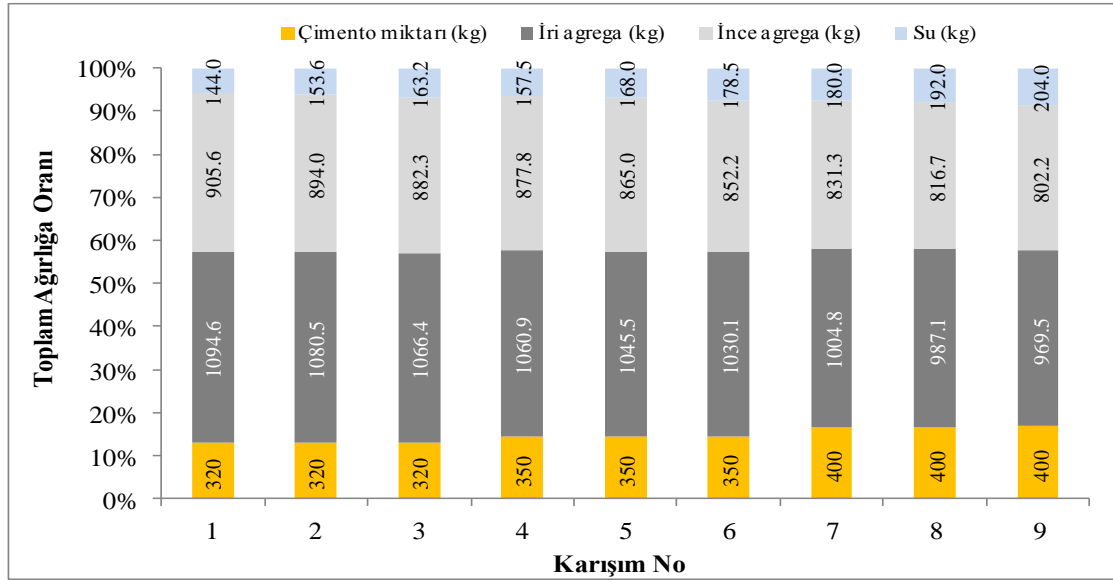
Toplam SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	SO ₃	Cl-	Kızdırma Kaybı	Serbest CaO
20.00	4.31	3.31	65.23	1.36	2.38	0.006	2.70	1.62
C ₃ S		C ₂ S		C ₃ A		C ₄ AF		
69.47		3.80		5.83		10.07		

Tablo 1'de verilen TS EN 206-1 (2002) [9] zararlı kimyasal ortamlarda kimyasal etkilere dayanıklılık için en az C30 sınıfı beton üretilmenin hedeflendiği bu çalışmada, üretilen betonlar için üç farklı çimento dozajı 320, 350 ve 400 kg/m³ kullanılmıştır. Her bir çimento dozajında üretilen betona sırasıyla 0.45, 0.48 ve 0.51 su/çimento oranı kullanılmıştır. Beton karışımlarının hazırlanmasında 50 lt etkili kullanım kapasiteli (toplam kapasite 60 lt) düşey eksenli cebri karıştırıcı mikser kullanılmıştır. Karılma işlemi Şekil 3'de gösterildiği gibi, 30 sn kuru (iri agrega, ince agrega, bağlayıcı madde), 90 sn ıslak karışım (ilk 1 dk'da su ilavesi), 60 sn dinlenme ve 120 sn son karışım olmak üzere toplam 300 sn'de (5 dk) yapılmıştır [21].



Şekil 3. Beton karılma işlem aşamaları

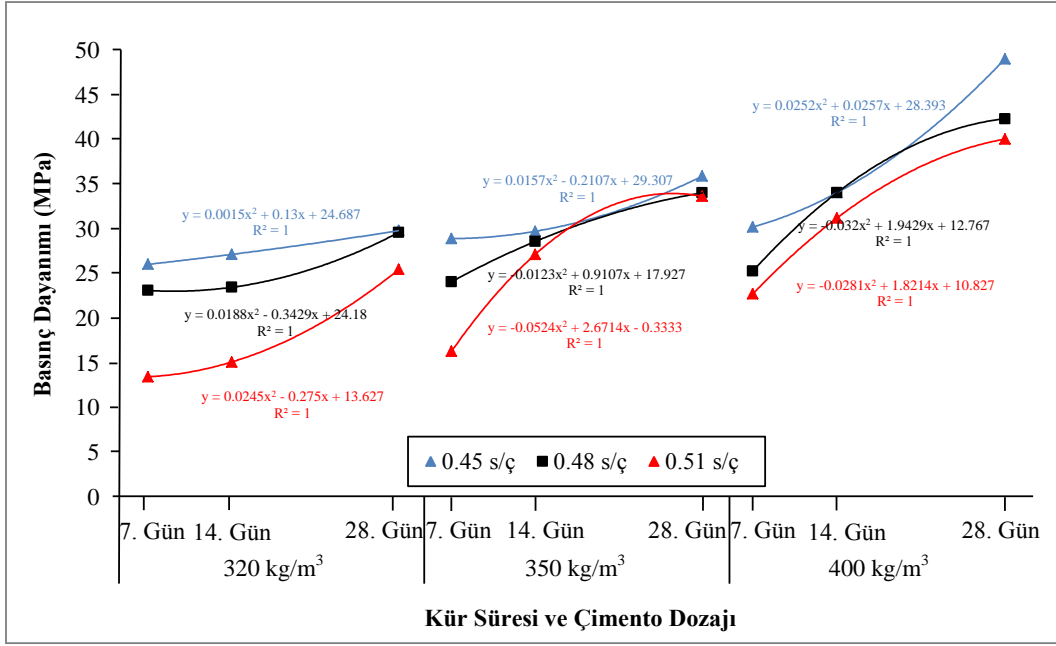
Taze betonun yoğunluk tayini TS EN 12350-6 [22]'ye göre hazırlanan her karışımdan BD için 150 mm küp kalıplara alınarak ASTM C511 [23]'e göre kür edilmiştir. BD, deneyi ASTM C39 [24]'e göre yapılmıştır. 1 m³ beton için karışım bileşenleri Şekil 4'de verilmiştir.

Şekil 4. 1m³ için beton karışım bileşenleri

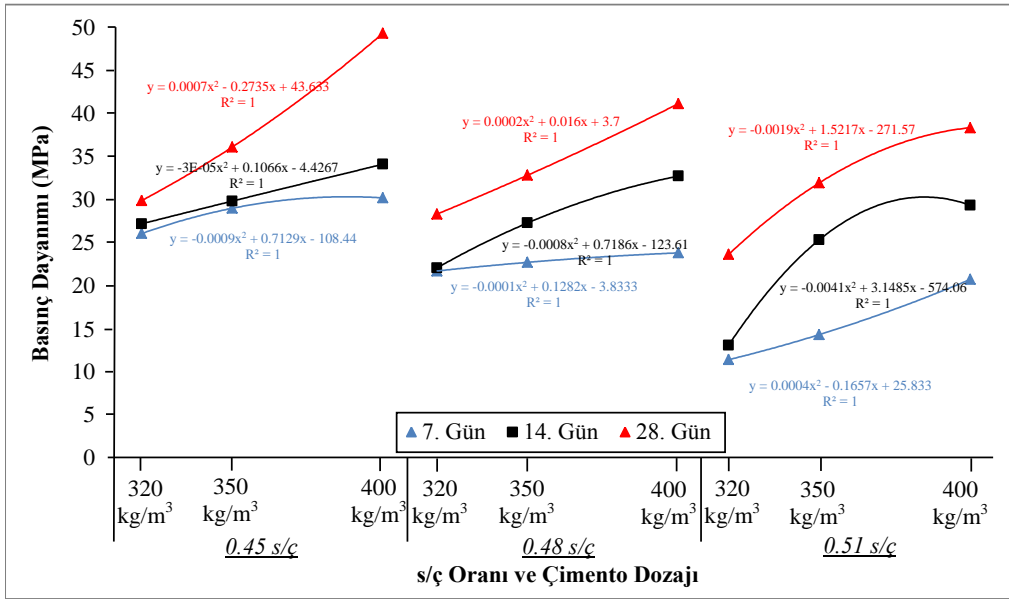
4. DENEY SONUÇLARININ DEĞERLENDİRİLMESİ VE MODEL KURULUMU

Şekil 5'de görüldüğü gibi bütün serilerde s/ç oranı arttıkça betonun basınç dayanımında azalma elde edilmiştir. s/ç oranına bağlı olarak (0.45 s/ç göre) 7-14 ve 28. günlerde sırasıyla; 0.48 s/ç oranlı numunelerde 320 dozda %12, %14 ve %1 azalma elde edilmişken 0.51 s/ç oranında %50, %44 ve %45 oranında basınç dayanımı değerlerinde azalma elde edilmiştir. Her iki karışımda da s/ç oranı %3 artmasına rağmen 0.51 s/ç oranındaki basınç değerlerindeki azalma 0.48 s/ç oranlı karışımlara göre üç kür süresi içinde yaklaşık olarak 3 kat daha fazla olmuştur. Bu sonuçlara göre s/ç oranındaki artış ile basınç dayanımı değerlerinde azalmanın lineer olmadığı söylenebilir.

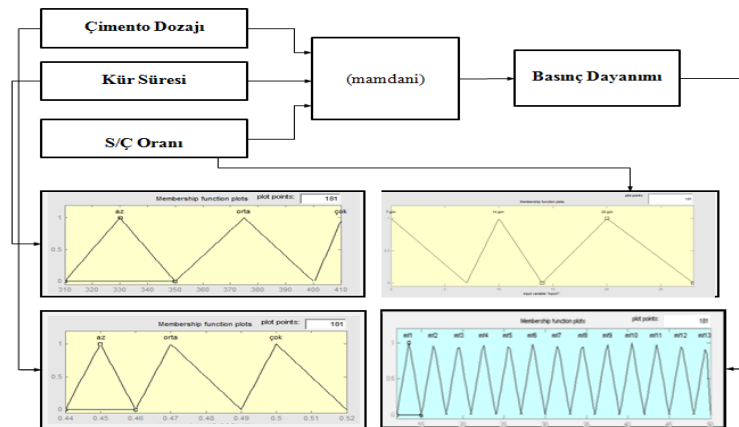
Şekil 6'da görüldüğü Çimento dozajı bağlı olarak (400 çimento dozajına göre) 7-14 ve 28. günlerde sırasıyla; 320 dozda %14, %20 ve %40 oranında azalma, 350 dozajda %8, %32 ve %30 oranında azalma, elde edilmiştir. Bütün serilerde Çimento dozajı azaldıkça betonun basınç dayanımında azalmalar meydana gelmiştir. Elde edilen deneysel sonuçlar kullanılarak BD tahmini için bulanık mantık (fuzzy) modeli kurulmuştur. Model kurulduğunda çimento dozajı s/ç oranı ve kür süresine bağlı olarak BD tahmin edilmiştir. Modelde dozaj miktar, s/ç oranı ve kür süresi girdi parametresi; basınç dayanımı çıktı parametresi olarak kullanılmıştır. Geliştirilen bulanık mantık modelinde girdi parametreleri olarak dozaj üç adet fonksiyona (az, orta, çok), kür süresi üç adet fonksiyona (az, orta, çok) ve s/ç oranı üç adet fonksiyona (az, orta, çok) ayrılmıştır. Çıktı parametresi basınç dayanımı girilmiştir ve 13 adet fonksiyona ayrılmıştır. Modelin genel yapısı, girdi ve çıktı parametrelerine ait üyelik fonksiyonları görülmektedir (Şekil 7).



Şekil 5. Kür süresi ile basınç dayanımı ilişkileri

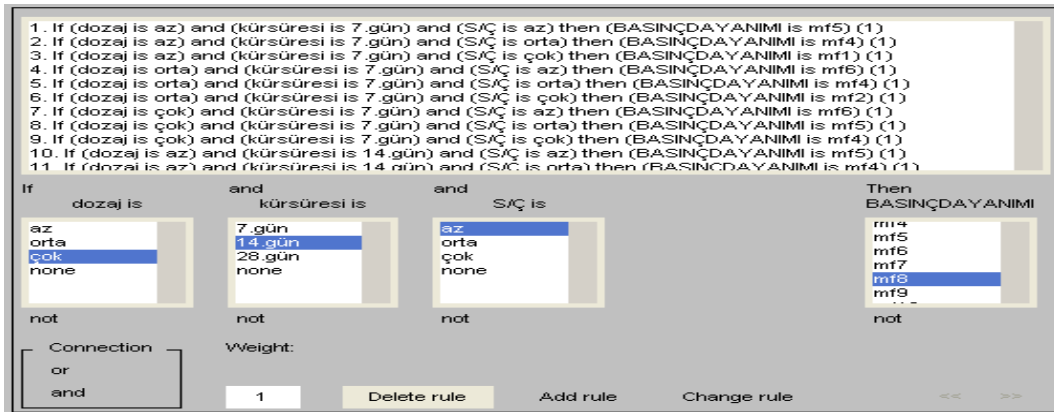


Şekil 6. Çimento dozajı ile basınç dayanımı ilişkileri



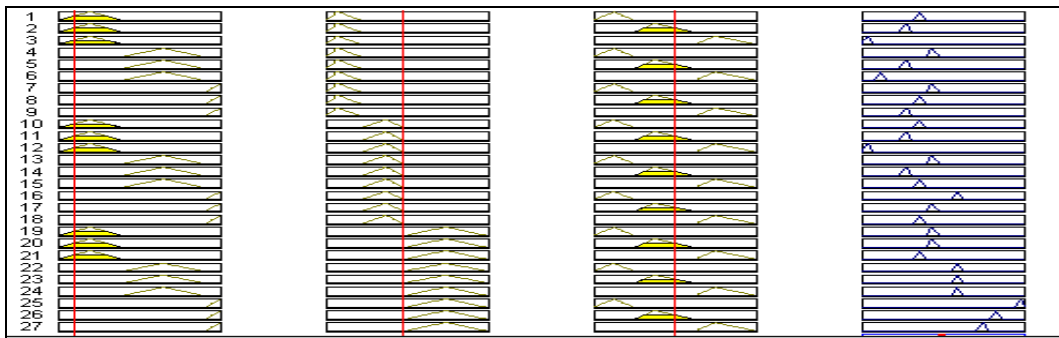
Şekil 7. Modelin genel yapısı ve çıktı- girdi parametreleri

Bulanık mantıkta, "If-Then" kuralları bulanık mantığı oluşturan şartların formüle edilebilmesi amacıyla kullanılmaktadır. Bu çalışmada, "If-Then" kurallı, "If çimento dozajı is çok and kür süresi is çok and su/çimneto az is Then Basınç dayanımı" şeklinde yazılmıştır. Bulanık mantık modelinde sistemin çalışmasını sağlayan kurallar bilgisayar ekranında olduğu haliyle gösterilmiştir (Şekil 8).



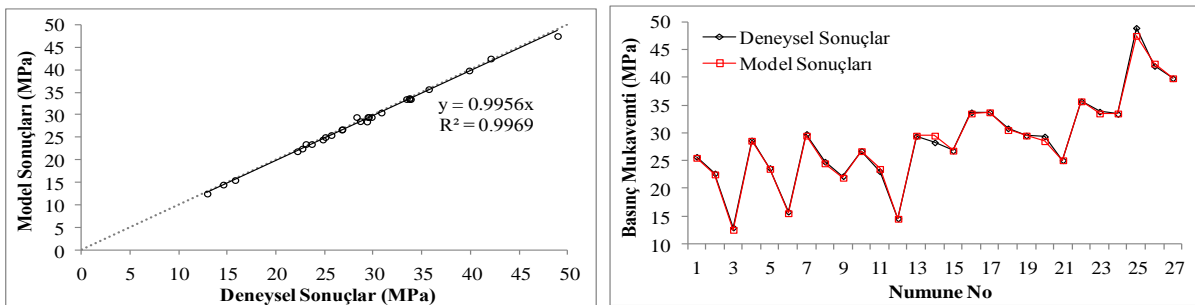
Şekil 8. Model sistemin çalışmasını sağlayan kurallar

Bu çalışmada, durulama işlemi için üyelik fonksiyonlarıyla oluşturulan alanların ağırlık merkezlerine göre işlem yapan ve en çok kullanılan yöntem olan "ağırlık merkezi yöntemi" kullanılmıştır. Hangi kuralın aktif olduğu ya da üyelik fonksiyonlarının basınç dayanımı sonuçlarını nasıl etkilediği elde edilmiş olup bu ara yüzeyin bilgisayar ekranında görülen kısmı gösterilmiştir (Şekil 9).



Şekil 9. Geliştirilen bulanık modele ait durulaştırma ekran ara yüzü

Bulanık mantık kullanılarak elde edilen model ile deneysel olarak elde edilen basınç değerleri arasındaki ilişki Şekil 10'da gösterilmiştir. Elde edilen ilişki katsayısı ($R^2 = 0.9969$) bu girdiler kullanılarak betonun basınç dayanımını değerleri sertleşme beklenmeksizin başarılı bir şekilde tahmin edilebileceğini göstermektedir.



Şekil 10. Deneyel sonuçlar ile model sonuçları arasındaki ilişki

Şekil 10'da görüldüğü gibi geliştirilen model ile basınç dayanımı deneyine tabi tutulan tüm numunelerin deneysel sonuçlar arasında benzer davranış ve nicelik değerleri elde edilmiştir. Yinede 14., 20. ve

25. beton örneklerine ait değerlerde az da olsa fark elde edilmiştir. Bu farkın model oluşturulmasında kuralların 3 numunenin ortalaması değerlerinden yazılmasından kaynaklandığı düşünülmektedir. Deneysel sonuçlar ile modelden elde edilen değerler arasındaki değerlerin bazı istatistiksel analiz sonuçları ve varyans (ANOVA) analiz sonuçları Tablo 5’de verilmiştir. Tablo 5’de verilen sonuçlara göre değerler arasındaki ilişki katsayısı %95 güven aralığı için oldukça düşük düzeyde (0.00288) ANOVA tablosunun anlamlılık sütunundaki değişkenler arasında ilişkinin $P < 0.01$ düzeyinde $F(1,26) = 119418.37821$; $P < 0.01$, istatistiksel olarak anlamlı (raslantısal olmayan) olduğunu göstermektedir. Yine t testi sonuçlarına göre [$t_{(27)} = 345.56964$; $p > 0.01$] göre seriler arasında anlamlı bir farklılık olmadığı görülmektedir.

Tablo 5. Model sonuçları ve deneysel sonuçlar arasındaki bazı istatistiksel ve ANOVA analiz sonuçları

		y= a.x ilişkisi için a değeri		Standart Hata		
Eğim		0.99560		0.00288		
%95 Alt Güven Aralığında		0.98967				
%95 Üst Güven Aralığında		1.00151				
Nokta Sayısı		27				
Serbestlik Derecesi (DF)		26				
Hataların Karelerinin Toplamı (SSE)		5.11				
Pearson Korelasyonu		0.99989				
Belirleyicilik Katsayısı (R^2)		0.99690				
Düzenlenmiş R^2		0.99977				
Ortalama Karekök Hatası (RMSE)		0.44333				
	Serbestlik Derecesi	Hataların Karelerinin Toplamı	Hataların Karelerinin Ortalaması	F Değeri	t Değeri	Prob>F
Model	1	23470.28664	23470.28664	119418.37821	345.56964	0
Hata	26	5.11	0.19654			
Toplam	27	23475.39663				

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışmada farklı çimento dozajlarındaki betonlarda, (350, 400 ve 450 kg/m³) s/ç oranına (0.42, 0.48 ve 0.51) ve kür süresine (7-14-28) bağlı olarak zararlı kimyasal ortamlara maruz kalacak betonlar için basınç dayanımı değişimi araştırılmıştır. Elde edilen sonuçlara göre; s/ç oranına bağlı olarak yapılan değerlendirmede, (0.45 s/ç göre) 7-14 ve 28. günlerde sırasıyla; 0.48 s/ç oranlı numunelerde 320 dozda %12, %14 ve %1 azalma elde edilmişken 0.51 s/ç oranında %50, %44 ve %45 oranında basınç mukavemeti değerlerinde azalma elde edilmiştir.

Çimento dozajı bağlı olarak yapılan değerlendirmede, (400 çimento dozajına göre) 7-14 ve 28. günlerde sırasıyla; 320 dozda %14, %20 ve %40 oranında azalma, 350 dozajda %8, %32 ve %30 oranında azalma elde edilmiştir.

Elde edilen bu sonuçlara göre TS EN 206-1 (2002) [9]’de belirtildiği gibi çimento dozajının da etkisi olmasına karşılık beton basınç dayanımı belirleyen en önemli unsur su/çimento oranı olduğu tespit edilmiştir. Ölçülen faktörlere göre basınç dayanımını etkilemede önem sırası (% etki ve değişimlere göre) s/ç > kür süresi > çimento dozajı şeklinde olmaktadır.

Çimento dozajı, s/ç oranı ve kür süresi girdi, BD değerlerinin çıktı olarak kullanılmasıyla bulanık mantık modeli geliştirilmiş olan bu çalışmada, geliştirilen modelden elde edilen BD değerleri ile deneyden elde edilen BD değerleri arasında yüksek ilişki katsayısı ($R^2=0,9969$) elde edilmiştir.

Yine girdi ve çıktılar arasında istatiksels analizler yapılarak modellerin geçerlilikleri incelenmiştir. Elde edilen sonuçlara göre yapılan analizlerde analizlerde rastlantısal olmayan (anlamalı) sonuçlar ($P < 0.01$) olduğu ve test serilerinin sonuçlarının %95 güvenilirlik seviyesi içinde kaldığı sonuçlarına ulaşılmıştır. Geliştirilen model gerçek deney sonuçlarını başarılı bir şekilde tahmin etmektedir. Bu sonuçlara göre betonun BD tahminde oluşturulan bulanık mantık modeli kullanılarak beton sertleşme sürecini tamamlamadan betonun basınç dayanımı sonuçlarının tahmin edilebileceği belirlenmiştir.

TEŐEKKÜR

Bu çalışmaya maddi destek sağlayan 2989-YL-11 No'lu Proje ile Süleyman Demirel Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Yönetim Birimi Başkanlığı'na teŐekkr ederiz.

6. KAYNAKLAR

1. Fattuhi, N.I., Hughes B.P., 1986, "Resistance to Acid attack of Concrete with Different Admixtures or Coatings" International Journal of Cement Composites and Lightweight Concrete, 8 (4), 223-230.
2. Neville, A., 2004, "The Confused World of Sulfate Attack on Concrete" Cement and Concrete Research, 34 (8), 1275-1296.
3. Chandra, S., Berntsson, L., 2002, "Durability of Lightweight Aggregate Concrete to Chemical Attack Lightweight Aggregate Concrete" Chapter 8, Lightweight Aggregate Concrete - Science, Technology, and Applications, William Andrew Publishing/Noyes, pages 471.
4. Liu, Z., Deng, D., De Schutter, G., Yu, Z., 2012, "Chemical Sulfate Attack Performance of Partially Exposed Cement and Cement + Fly Ash Paste", Construction and Building Materials, 28 (1), 230-237.
5. Liu, T., Zou, D., Teng, J., Yan G., 2012, "The Influence of Sulfate Attack on the Dynamic Properties of Concrete Column", Construction and Building Materials, 28 (1), 201-207.
6. Uygunoğlu T., Yücel K. T., 2006, "Yurtcu, ř. Betonun Zararlı Ortamlardaki Durumu: Yeraltı Suyu Etkisi" Yapı Teknolojileri Elektronik Dergisi, (1) 29 – 35.
7. Koyuncu, M.H., 2006. Deniz Suyu ve Sülfatlı Suların Beton Dayanımına Etkisi. Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yapı Malzemeleri Ana Bilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, 134s, Sakarya.
8. Postacıoğlu, B., 1987. Beton, Matbaa Teknisyenleri Basımevi İstanbul, 1987. 2, 333-337.
9. TS EN 206-1, 2002, "Beton, zellik, Performans, İmalat, Uygunluk" Türk Standartları Enstitüsü, Ankara
10. Doğangün, A., 2008, "Betonarme Yapıların Hesap ve Tasarımı",. DBYBHY-2007 ve TS500-2000'e Uygun, Birsen Yayın Evi, İstanbul.
11. Binici, H., Çağatay, H.İ., Kaplan, H., 2000, "Değişik Faktörlerin Beton Mukavemetine Etkisinin Deneysel Olarak İncelenmesi" Mühendislik Bilimleri Dergisi, 6, 2-3, 203-209.
12. Felekoğlu, B., Türker, S., 2004, "Yükleme Hızının Beton Basınç Dayanımına ve Elastisite Modülüne Etkisi" Fen ve Mühendislik Dergisi, 6, 1, 65-75.
13. Uygunoğlu, F., nal, O., 2005, "Seyitömer Uçucu Klnn Betonun Basınç Dayanımına Etkisi zerine Bulanık Mantık Yaklaşımı" Yapı Teknolojileri Elektronik Dergisi, 1, 13-25.

14. Demir, F., Tekelli, H., Korkmaz, A., 2007, “ The Effects of Elastic Modulus on The Relative Story Displacement Limitations”, Mühendislik ve Fen Bilimleri Dergisi, 2, 25.
15. 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, 15 - 17 Ekim, Eskişehir.
16. Subaşı, S., Beycioğlu, A., Emiroğlu, M., 2009, “Mineral Katkı İçeren Betonların Sertleşme Sürelerinin Belirlenmesinde Bulanık Mantık Yaklaşımı” 5. Uluslararası İleri Teknolojiler Sempozyumu (IATS’09), 13-15 Mayıs, Karabük.
17. ASTM C136, 2006, “Standard Test Method for Sieve Analysis of Fine and Coarse Aggregates, Annual Book of ASTM Standards, USA.
18. TS EN 196-1, 2002, “Çimento Deney Metotları- Bölüm 1: Dayanım”, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara
19. TS EN 196-3, 2002, “Çimento Deney Metotları- Bölüm 3: Priz Süresi ve Hacim Genleşme Tayini” Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
20. TS EN 197-1, 2002, “Çimento – Bölüm 1: Genel Çimentolar, Bileşim, Özellikleri ve Uygunluk Değerleri”, Türk Standartları Enstitüsü, 25 s, Ankara.
21. Özel, C., 2007, “Katkılı Betonların Reolojik Özelliklerinin Taze Beton Deney Yöntemlerine Göre Belirlenmesi”, S.D.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü İnşaat Mühendisliği A.B.D, Isparta.
22. TS EN 12350-6, 2002, “Beton- Taze Beton Deneyleri- Bölüm 6: Yoğunluk”, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara
23. ASTM C511, 2006, “Standard Specification for Mixing Rooms, Moist Cabinets, Moist Rooms, and Water Storage Tanks Used in the Testing of Hydraulic Cements and Concretes”, Annual Book of ASTM Standards, USA.
24. ASTM C39, 2009, “Standard Test Method for Compressive Strength of Cylindrical Concrete Specimens”, Annual Book of ASTM Standards, USA.