



ISSN:1306-3111
e-Journal of New World Sciences Academy
2009, Volume: 4, Number: 4, Article Number: 1A0046

ENGINEERING SCIENCES

Received: February 2009
Accepted: September 2009
Series : 1A
ISSN : 1308-7231
© 2009 www.newwsa.com

Hakan Sarıkaya¹, Nazmi Şengün²
Celalettin Başyiğit², Raşit Altındağ²
Adnan Menderes University¹
Suleyman Demirel University²
hakan.sarikaya@adu.edu.tr
Aydin-Turkey

ZEOLİT KATKILI BETONLARIN ELASTİSİTE MODÜLÜNÜN TAHMİN EDİLMESİ

ÖZET

Zeolit, doğal ya da yapay olmak üzere atomik düzeyde mikro gözenekli kristal yapılı, yüksek su emme özelliğine, geniş yüzeye sahip alümina silikat içeren bir mineraldir. Gözenekli malzeme olmasından dolayı hafif beton agregası olarak kullanılmaktadır. Bu çalışmada Manisa-Gördes bölgesinden temin edilen zeolit agregası ile Atabey (Isparta) normal agregası farklı oranlarda karıştırılarak katkısız veya katkılı olarak beton örnekleri elde edilmiştir. Üretilen bu betonlar üzerinde birim hacim ağırlık, slump, su emme, ultrases hızı, Schmidt yüzey serlik, basınç dayanımı ve Elastisite deneyleri yapılmıştır. Elde edilen deney verileri istatistiksel değerlendirme yapılarak zeolit katkılı betonların Elastisite modül değerlerini tahmin etmek için ampirik eşitlikler verilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Beton, Agregası, Zeolit, Zeolit Katkılı Beton, Elastisite Modülü

PREDICTING THE ELASTICITY MODULUS OF CONCRETE ADDED ZEOLITE

ABSTRACT

Zeolite is a mineral which contains aluminum silicates and has a wide surface. Also it has natural or artificial micro porosity crystal structure and highly water absorption property. So zeolite is used as light weight concrete aggregate. In this study, zeolite aggregate from Manisa-Gördes region and Atabey-Isparta aggregate were mixed by different proportion and normal or added concrete samples are prepared. On these samples bulk density, slump, water absorption, seismic velocity, Schmidt surface hardness, uniaxial compressive strength and elasticity modulus tests were done. Tests results were statistically analyzed and empirical equations were given for estimating elasticity modulus values of zeolite added concretes.

Keywords: Concrete, Aggregate, Zeolite, Zeolite Added Concrete, Elasticity Modulus



1. GİRİŞ (INTRODUCTION)

Beton; çimento, agrega, su ve gerektiğinde katkı maddelerinin belirli oranlarda homojen olarak karıştırılması ile elde edilen, başlangıçta plastik kıvamda olup zamanla çimentonun hidratasyonu sebebiyle katılaşıp, istenilen şekli alarak sertleşen kompozit bir yapay malzemesidir [1].

Gelişen teknoloji ile kullanılabilecek özel beton tipleri geliştirilmiştir. Uzun yıllar hafif agregalı beton, duvar ve blok eleman üretiminde kullanılan bir malzeme olarak görülmüştür. 1950'lerden sonra hafif agregalı betonun taşıyıcı olarak kullanılması gündeme gelmiştir. Yapay hafif agregaların üretimine başlanması ile yüksek dayanımlı hafif agregalı betonlar üretilmeye başlanmıştır. Hafif betonlar öncelikle ekonomik olmaları nedeniyle kullanılırlar. Çok katlı yapıların artması sonucu, yapı yüklerinde azalma sağlama gereği de ortaya çıkmaktadır. Hafif agregalı beton kullanarak, çelik gereksinimi azalmakta, temellerde ve diğer taşıyıcı yapı kısımlarında tasarruf sağlanmakta, depreme karşı daha güvenilir yapı elde edilmektedir. Betonun ağırlık olarak hafif olması yani ağırlığının azalması sonucu taşıma kolaylığı ve inşaat yerinde montaj kolaylığı sağlamaktadır [2 ve 3].

Zeolit doğal ya da yapay olmak üzere atomik düzeyde gözenekli yapıya sahip sulu alümina silikat bileşiklerine verilen isimdir. İlk olarak İsveç'li mineralog Fredrick Cronstedt tarafından 1756 yılında bulunmuştur. Bu kristaller ısıtıldıklarında yapılarında bulunan suyun köpürmesinden dolayı Yunanca kaynayan taş anlamına gelen Zeolit adını almıştır. Zeolit, geniş anlamındaki tanımıyla alkali ve toprak alkali katyonları ihtiva eden sulu alümina silikat olarak tanımlanır. Doğal zeolitler yaygın kullanım alanlarının varlığı ve büyük pazar potansiyeline rağmen, birçok pazar alanında daha yeni yeni kabul görmeye başlamıştır. Zeolitler endüstriyel alanlarda kullanılabildiği 1940'lı yıllarda ortaya konulmasına rağmen tali mineral olarak volkanik kayaların boşluk ve çatlaklarında bulunduğu bilinmesi kullanımlarını sınırlamıştır. Ancak 1950'li yıllardan sonra denizel ve gölsel tüflerin de zeolit içerdiklerinin saptanmasıyla zeolitlerin kullanım alanları hızla genişlemiştir. Zeolitler inşaat sektöründe başlıca şu şekillerde kullanılırlar [4, 5, 6, 7 ve 8].

Beton genel olarak elastik bir malzeme değildir. Elastiklik, üzerindeki yük, kaldırılan malzemenin başlangıç biçimine dönebilme özelliğidir. Betonun gerilme deformasyon ilişkisi, genellikle bir eğri şeklindedir. Elastisite modülünün zamana bağlı değeri, zamana ve kalıcı yüke bağlıdır. Elastisite modülün zamanla ilk değerinin yarısına ve daha azına yaklaşması mümkündür. Elastisite modülü, gerilme deformasyon (σ - ϵ) eğrisini etkileyen bütün faktörlerden etkilenir. Elastisite modülü, betonun basınç dayanımının bir fonksiyonu olmaktadır. Betonun elastisite modülü ile dayanımı arasında bir ilişki vardır. Dayanımı yüksek betonların elastisite modülü de yüksektir [9].

2. ÇALIŞMANIN ÖNEMİ (RESEARCH SIGNIFICANCE)

Zeolit, gözenekli malzeme olmasından dolayı hafif beton agregası olarak kullanılmaktadır. Zeolit inşaat sektöründe ilk kullanım alanı çimento ya katkı maddesi katılarak başlamıştır. Birçok araştırmacı bu konu üzerine çalışmıştır.

Bu çalışmada Manisa-Gördes bölgesinden temin edilen zeolit agregası ile Atabey normal agregası farklı oranlarda karıştırılarak katkısız ve katkılı olarak beton örnekleri elde edilmiştir. Üretilen bu betonlar üzerinde birim hacim ağırlık, su emme, ultrases hızı, Schmidt yüzey sertlik, basınç dayanımı ve Elastisite deneyleri yapılmıştır. Elde edilen deney verileri istatistiksel değerlendirme



yapılarak zeolit katkılı betonların Elastisite modül değerlerini tahmin etmek için ampirik eşitlikler verilmiştir.

3. DENEYSSEL YÖNTEM (EXPERIMENTAL METHOD)

Çalışmada, Manisa ilinin Gördes ilçesinde bulunan doğal zeolit agregası ile Isparta ili Atabey ilçesinde bulunan doğal agregaya yataklarından elde edilen Atabey agregası kullanılmıştır. Belirli oranlarda ve belli granülometriye sahip zeolit, agregaya yerine konularak farklı mukavemetlere sahip betonlar elde edilmeye çalışılmıştır. Beton yapımında bağlayıcı olarak portland çimentosu ve şebeke suyu kullanılmıştır. Çalışmalarda TSE'nin önerdiği deney standartlarına göre agregalar ve betonlar üzerine deneyler yapılmıştır. Bu çalışmada, su/çimento oranı 0,50 olarak sabit tutularak beton serileri dökülmüştür.

Çimento olarak Portland çimentosu kullanılmıştır. Kullanılan çimento ve zeolitin kimyasal ve fiziksel özellikleri Tablo 1 ve 2' de verilmiştir.

Tablo 1. Çimento ve zeolitin kimyasal özellikleri
(Table 1. Chemical properties of cement and zeolite)

Kimyasal Bileşim	CEM I 42.5 N	Zeolit
MgO	1,91	1,15
Al ₂ O ₃	6,20	11,84
SiO ₂	20,60	67,11
CaO	61,40	2,18
Fe ₂ O ₃	3,01	1,47
K ₂ O	1,03	3,44
Na ₂ O	0,19	0,38
Kızdırma Kaybı	1,35	12,5

Tablo 2. CEM I 42,5 N Çimentosunun fiziksel özellikleri
(Table 2. Physical properties of cement CEM I 42.5 N)

Özgül Ağırlık (gr/cm ³)	3,10
İncelik (cm ² /gr)	2914
7 günlük basınç dayanımı (N/mm ²)	37,7
28 günlük basınç dayanımı (N/mm ²)	49,8
7 günlük eğilme-çekme dayanımı (N/mm ²)	5,9
28 günlük eğilme-çekme dayanımı (N/mm ²)	7,5

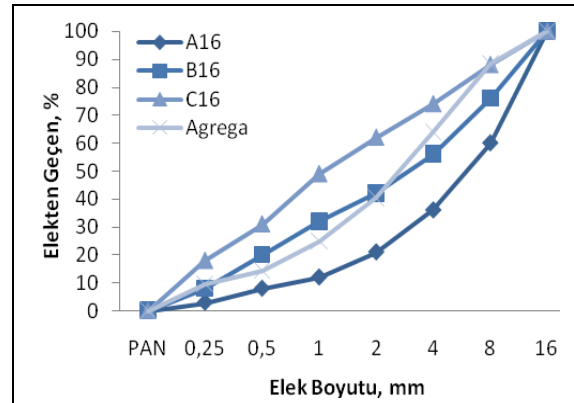
Tablo 3'de verilen elek analizi sonuçlarına göre, bu agregalardan normal beton yapılamayacağı açıktır. Çünkü doğal haldeki atabey ve zeolit agregasının granülometrik eğrisine (Şekil 1)'e göre kalın malzeme oranı çok fazla olduğundan bu agregalar üzerinde iyileştirmeler yapılmıştır. Bu iyileştirme işlemi 16 mm elekten başlayarak her elek için ayrı ayrı eleme işlemi yapılmış ve mevcut agregalar sınıflandırılmıştır. Bu şekilde, Atabey ve zeolit agregasının granülometri eğrisi istenen şekilde ayarlanabilmektedir. Bu ayarlama sonucunda, agregaya karışımlarının beton üretimi için uygun olduğu gözlenmiştir. Betonda agregaya karışımı granülometrisinin A₁₆-B₁₆ eğrileri arasında olduğu zaman [1];

- En yüksek doluluk oranı,
- En az su miktarı ile kalıba iyi yerleşebilecek kıvam,
- Taze betonda ayrışmayı (segregasyon) önlemek ve yapışkanlığı (kohezyonu),
- Taze betonun iyi ve kolay yerleşmesi ve Taze betonda terlemenin azalması sağlanmış olur.

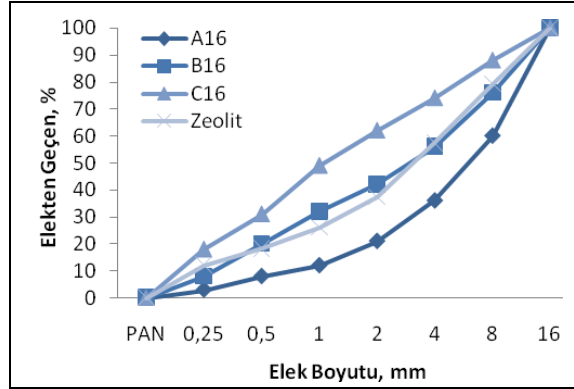


Tablo 3. Normal ve Zeolit agregasının elek analizi
(Table 3. Sieve analysis of normal and Zeolite aggregates)

	Elekten Geçen Malzeme Miktarı (%)	
	Normal Agrega	Zeolit Agregası
16	100	100
8	88,3	79,2
4	63,9	57,3
2	40,4	37,4
1	24,8	26,1
0,5	14,3	18,3
0,25	9,5	12,2
PAN	0	0



(a)

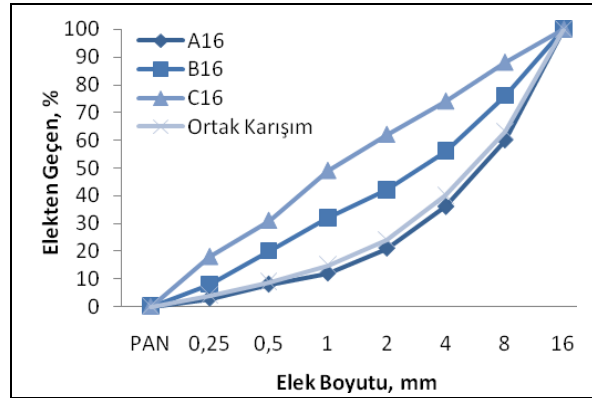


(b)

Şekil 1. (a)Normal ve (b)Zeolit agregasının granülometri
eğrisi ($d_{max}=16mm$)

(Figure 1. Granulometer curve of (a) Normal and (b) Zeolite
aggregates ($d_{max}=16mm$))

İyileştirilmiş ve beton yapımında kullanılacak olan Atabey ve zeolit agregalarının ortak granülometri eğrisi Şekil 2'de verilmiştir.



Şekil 2. İyileştirilme yapılmış ve beton yapımında kullanılan Atabey ve Zeolit agregaların ortak granülometri eğrisi
(Figure 2. Common granulometer curve of Atabey and Zeolite aggregates improved and used in concrete)

Çalışma kapsamında önce TS 802'ye göre 350 dozlu normal agregalar kullanılarak beton üretimi yapılmıştır. Karışım hesapları, üretilecek betonun kuru plastik kıvamda ve maksimum dane çapı 16 mm olacak şekilde birim hacim ağırlık yöntemine göre yapılmıştır. Agregalar karışım oranları %40'ı ince (0-4 mm) ve %60'ı kalın (4-16 mm) olacak şekilde alınmıştır. Bu çalışmada hesaplanan agregalar miktarının tamamı normal agregalar olmak üzere N35 (350 dozlu beton) serisi kontrol betonları üretilmiştir. Agregalar hacminin %10'u, %30'u, %50'si kadar aynı hacimde zeolit kullanılarak NZ10, NZ30 ve NZ50 serisi betonlar üretilmiştir. Aynı serilerden Sika FFN süper akışkanlaştırıcı katkı maddesi kullanılarak katkılı betonlar (NK35, NZK10, NZK30 ve NZK50) üretilmiştir (Tablo 4-5). Çeşitli deneylerde kullanılmak üzere bir kenarı 100 mm olan küp kalıplara ve çapı 150 mm boyu 300 mm olan silindirik kalıplara beton serileri dökülmüştür. Toplamda küp numunelerinden 20 adet, silindirik numunelerden ise 5 adet numune dökülmüştür. Deneyler bu numuneler üzerinde yapılmıştır. Yüksek oranda su azaltıcı ve erken yüksek dayanım sağlayan bu katkı maddesi, ASTM C 494 Tip-F'ye uygundur. Beton karışım agregası A₁₆-B₁₆ bölgesi içinde kalacak şekilde alınmıştır.

Tablo 4. Üretilen betonların karışım yüzdeleri.
(Table 4. Percentage of mixture of produced concrete)

Kodu	Beton Sınıfı	Agrega (%)	Zeolit (%)
N35	350 Dozlu	100	-
NZ10	350 Dozlu	90	10
NZ30	350 Dozlu	70	30
NZ50	350 Dozlu	50	50
NK35	350 Dozlu	100	-
NZK10	350 Dozlu	90	10
NZK30	350 Dozlu	70	30
NZK50	350 Dozlu	50	50



Tablo 5. Karışıma giren beton bileşenleri (kg/m³)
(Table 5. Concrete components into the mix)

Beton	Su	Çimento	Katkı	Normal Agregası		Zeolit Agregası	
				İnce	Kaba	İnce	Kaba
N35	175	350	0	704	1128	0	0
NZ10				633	1015	57	82
NZ30				493	790	176	250
NZ50				352	564	296	418
NK35	175	350	3,5	704	1128	0	0
NZK10				633	1015	57	82
NZK30				493	790	176	250
NZK50				352	564	296	418

3.1. Birim Hacim Ağırlık Deneyi (Unit Volume Weight Test)

Uygun koşullarda üretilmiş normal betonun birim hacim ağırlığı 2,2-2,4 kg/m³ dir. Sertleşmiş betonun birim ağırlığı karışım suyunun bir kısmının buharlaşması nedeniyle, taze betonuna kıyasla biraz daha azdır. Betonun birim hacim ağırlığını bulmak için betonun hacmini ve ağırlığını bulmak yeterlidir. Beton numuneler hazırlandıktan sonra her farklı beton numunesinin birim hacim ağırlığı bulunmuş ve Tablo 6'da verilmiştir (TSEN-1097).

Tablo 6. Beton serilerinin fiziksel ve mekanik özellikleri.
(Table 6. Physical and mechanical properties of concrete series)

Beton Serileri	Kuru Birim Hacim Ağırlık (kg/m ³)	Slump Deneyi (mm)	Su Emme (%)	Ultrases Hızı (km/sn)	Schmidt Çekici	Basınç Dayanımı (MPa)	Elastisite Modülü (GPa)
N35	2,498	42	1,6	2,05	32	44,1±3,9	6,34±1,8
NZ10	2,445	33	2,13	2,19	26	41,2±2,9	4,69±0,8
NZ30	2,154	26	4,04	2,49	21,8	27,2±1,5	2,64±0,4
NZ50	2,008	20	5,08	2,92	17,6	19,1±1,0	1,67±0,2
NK35	2,499	65	1,04	2,11	42,1	48,0±0,7	7,11±0,4
NZK10	2,405	55	1,33	2,23	33	45,4±0,9	5,95±0,5
NZK30	2,187	40	2,24	2,54	27,5	30,3±0,9	3,18±0,3
NZK50	2,005	33	3,34	3,05	23,5	27,1±1,0	2,80±0,1

3.2. Slump Deneyi (Slump Test)

Betonun kıvamını belirlemek üzere Slump Deneyi yapılmıştır. Abrams konisi olarak da isimlendirilen bu deneyde, ölçüleri belirli tepesi kesik koni şeklindeki metal bir kalıp içine üç eşit tabaka halinde ve her tabakası 25 kez özel bir çubukla şişlenerek standart olarak doldurulan betonun, ilk yüksekliği ile kap kaldırıldıktan sonraki yüksekliği arasındaki farkın ölçülmesi esas alınmıştır. Elde edilen değerlerin aritmetik ortalaması Tablo 6'da verilmiştir (TSEN-12350-2).

3.3. Su Emme Deneyi (Water Absorption Test)

Betonun su emme yüzdelerini belirlemek amacıyla her bir beton için su emme deneyi yapılmıştır. Kalıptan çıkarılan numuneler kür havuzlarına konmuş, kür havuzunda 24 saat kalan numune çıkarılıp tartıldıktan sonra etüvlere konup 105°C'de 24 saat süreyle bekletilmiştir. Etüvden çıkan numune tartılmış ve numunelerin su emme değerleri bulunmuştur. Bu değerlerin aritmetik ortalaması Tablo 6'da verilmiştir (TSEN-1097).

3.4. Schmidt Yüzey Sertlik Testi (Schmidt Surface Hardness Test)

Schmidt darbe çekici ile betonun yüzey sertliğini belirlenebilmektedir. Bu değer yardımıyla basınç dayanım değeri yaklaşık olarak tahmin edilmektedir. Deneyleerde N-tipi Schmidt çekici kullanılmış ve deney öncesi kalibrasyonu yapılmıştır. Schmidt sertlik deneyleri 28 günlük kürde ve çapı 150 mm ve boyu 300 mm olan silindir numuneler üzerinde yapılmıştır. Deney her bir beton serisi için beş farklı numune üzerinde ve her numune için 5 farklı noktadan uygulanmıştır. Elde edilen değerlerin aritmetik ortalamaları Tablo 6'da verilmiştir (TSEN-12504).

3.5. Ultrases Hızı (Ultrasound Velocity)

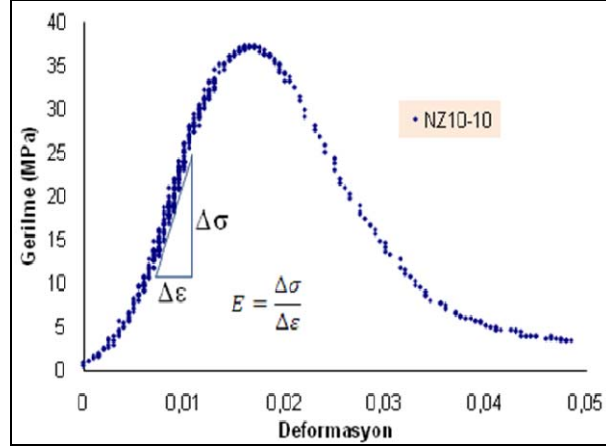
Ultrases hızı betonun elastiklik ve çatlaklılığının bir ölçüsüdür. Beton numunelerin ultrases hızı deneyleri P-dalga hızı olarak yapılmıştır. P-dalga hızı (V_p) ölçümleri 150 mm çaplı 300 mm boyunda silindir şeklinde numuneler üzerinde gerçekleştirilmiştir. Ölçümlerde ses dalgasının kat ettiği yol ölçülerek P-dalgası geçiş zamanına bölünerek hesaplanmıştır. Hesaplanan değerlerin aritmetik ortalamaları Tablo 6'da verilmiştir (TSEN -12504).

3.6. Basınç Dayanımı (Uniaxial Compressive Strength)

Bu deney için ELE-ADR2000 model 200 ton kapasiteli pres kullanılmıştır (Şekil 3). Basınç deneylerinde yükleme hızı saniyede 0.35 MPa olarak sabit tutulmuştur. Bu amaçla hazırlanan 100x100x100 mm boyutlu küp beton numuneleri 28 günlük kür süresinden sonra kırılmıştır. Deneyden elde edilen dayanım değerlerinin aritmetik ortalaması Tablo 6'da verilmiştir (TS EN 12390).



Şekil 3. Elastisite modülünü belirlemek için kullanılan pres
(Figure 3. The pres used to determine elasticity modulus)



Şekil 4. Gerilme-Deformasyon eğrisi
(Figure 4. The stress-strain curve)

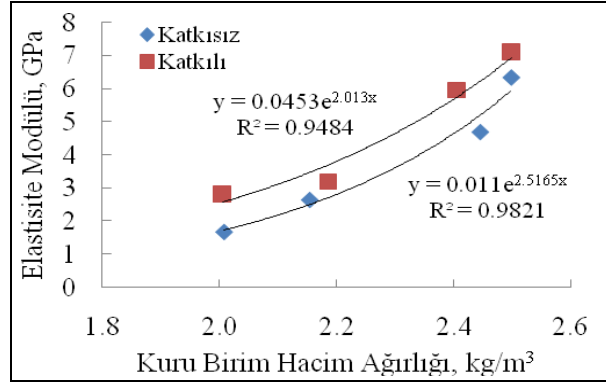
3.7. Elastisite Modülü (Elasticity Modulus)

Basınç dayanım deneyi yapılırken düşey yer değiştirmeyi belirlemek amacı bir adet LVDT (Linear Variable Differential Transducer) kullanılmıştır (Şekil 3). Presten ve LVDT'den gelen voltaj değerleri veri işlemci (ADU) ile toplanmış ve veriler grafiğe dökülmüştür. Elde edilen gerilme-deformasyon grafiğinden (Şekil 4) beton serilerinin her numunesi için basınç dayanımının %50 seviyesinden tanjant elastisite modül (E) değerleri belirlenmiştir. Bu değerlerin aritmetik ortalaması Tablo 6'da verilmiştir (TS EN 1352).

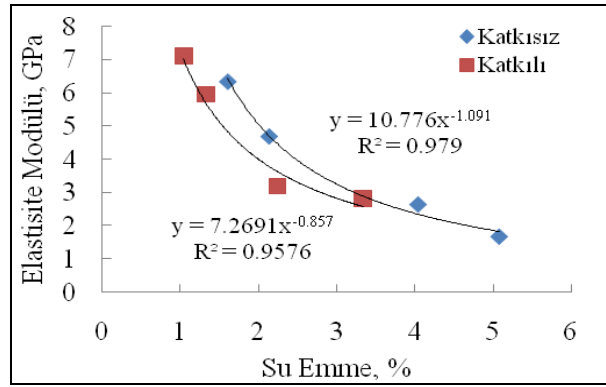
4. İSTATİSTİKSEL DEĞERLENDİRME (STATISTICAL EVALUATION)

Zeolit katkılı veya katkısız betonların elastisite modüllerini tahmin etmek amacıyla deneysel verilerin grafikleri çizilmiş ve en yüksek korelasyon katsayısını veren eğilim çizgileri eklenmiştir (Şekil 4, 5, 6, 7, 8, 9 ve 10).

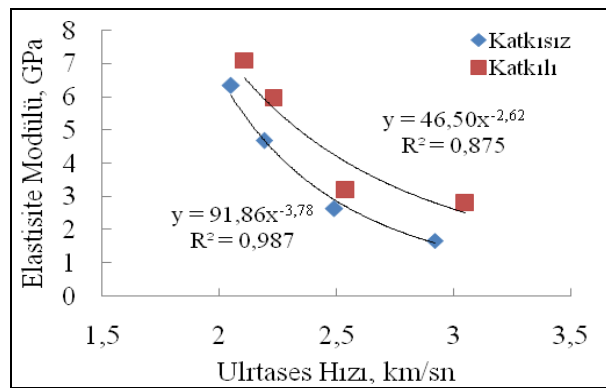
Grafikleri incelediğimizde, kuru birim hacim ağırlığının artmasıyla elastisite modülü değerinin de üstel olarak arttığı belirlenmiştir (Şekil 5). Aynı grafikte katkılı betonların elastisite modül değerlerinin daha yüksek olduğu görülmüştür. (Şekil 6 ve Şekil 7)'de betonların su emme ve ultrases hızı değerleri arttıkça elastisite modül değeri azalmaktadır. (Şekil 8)'de betonların Schmidt çekici değeri ile elastisite modül değerleri arasında doğrusal artan bir ilişki belirlenmiştir. Hazırlanan betonların basınç dayanımı değerleri ile elastisite modül değerleri arasında üstel artan bir ilişki bulunmuştur (Şekil 9). (Şekil 10)'da zeolit miktarının artmasıyla betonun elastisite modül değerinin azaldığı görülmüştür. Süper akışkanlaştırıcı katkılı betonların elastisite modül değerleri katkısız betonlara nazaran her zeolit karışım miktarında daha yüksek olduğu belirlenmiştir.



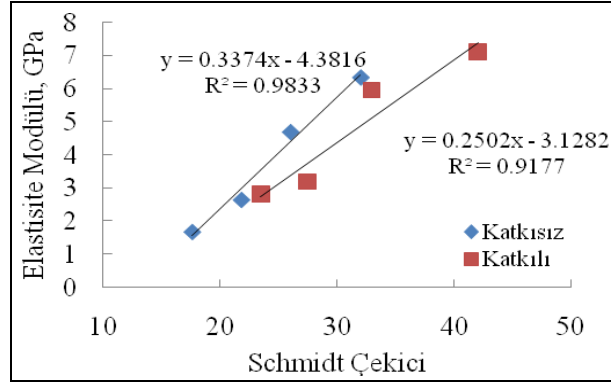
Şekil 5. Betonun elastisite modülü ile kuru birim hacim ağırlığı arasındaki ilişkiler
(Figure 5. The relationship between elasticity modulus and dry unit volume weight of concrete)



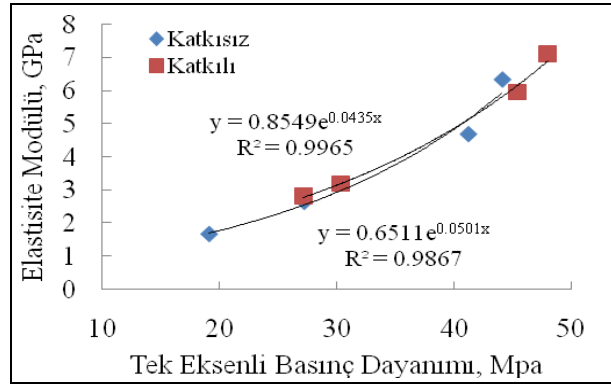
Şekil 6. Betonun elastisite modülü ile su emme arasındaki ilişkiler
(Figure 6. The relationship between elasticity modulus and water absorption)



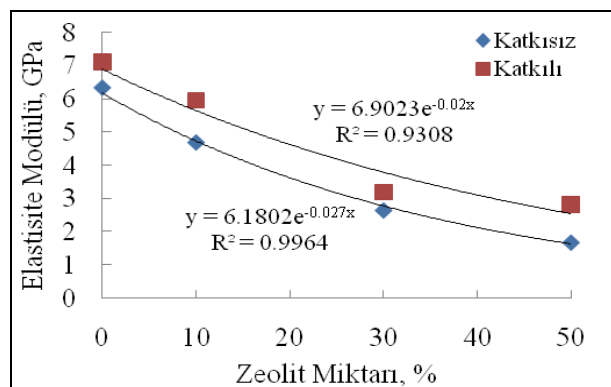
Şekil 7. Betonun elastisite modülü ile ultrases hızı arasındaki ilişkiler
(Figure 7. The relationship between elasticity modulus and ultrasound velocity)



Şekil 8. Betonun elastisite modülü ile Schmidt çekici arasındaki ilişkiler
(Figure 8. The relationship between elasticity modulus and Schmidt rebound values)



Şekil 9. Betonun elastisite modülü ile basınç dayanımı arasındaki ilişkiler
(Figure 9. The relationship between elasticity modulus and uniaxial compressive strength)



Şekil 10. Elastisite modülü ile zeolit miktarı arasındaki ilişkiler
(Figure 10. The relationship between elasticity modulus and amount of zeolite)



Zeolit katkılı betonların elastisite modülünü tahmin edebilmek için farklı karışım oranlarında beton örnekleri hazırlanmış ve bu örnekler üzerinde çeşitli fiziko-mekanik testler yapılmıştır. Aynı beton karışım gruplarının elastisite modül değerleri belirlenmiş ve fiziko-mekanik testlerin sonuçları ile karşılıklı grafikleri çizilmiştir. Grafiklerde en yüksek ilişkiyi veren eğilim çizgileri eklenmiş ve bu eğilim çizgilerin eşitlikleri özet olarak Tablo 7’te verilmiştir.

Tablo 7. Zeolit katkılı betonların elastisite modülünün belirlenmesinde kullanılabilecek ampirik eşitlikler
(Table 7. The empirical equations can be used to predict the elastisity modulus of Zeolite added concrete)

Bağımlı Değişken	Bağımsız Değişken	Sembol	Katkı Durumu	Ampirik Eşitlik	r
Elastisite Modülü (E), GPa	Kuru Birim Hacim Ağırlığı, kg/m ³	KBHA	Katkısız	$E=0.011e^{2.5165KBHA}$	0.991
			Katkılı	$E=0.0453e^{2.013KBHA}$	0.974
	Su Emme, %	SE	Katkısız	$E=10.776SE^{-1.091}$	0.989
			Katkılı	$E=7.2691SE^{-0.857}$	0.979
	P-Dalga Hızı, km/sn	VP	Katkısız	$E=91.864VP^{-3.789}$	0.994
			Katkılı	$E=46.503VP^{-2.621}$	0.936
	Schmidt Sertliği	SH	Katkısız	$E=0.3374SH^{4.3816}$	0.992
			Katkılı	$E=0.2502SH^{-3.1282}$	0.958
	Basınç Dayanımı, MPa	BD	Katkısız	$E=0.6511e^{0.05BD}$	0.993
			Katkılı	$E=0.8549e^{0.0043BD}$	0.998
	Zeolit Miktarı, %	ZM	Katkısız	$E=6.18e^{-0.027ZM}$	0.998
			Katkılı	$E=6.9e^{-0.02ZM}$	0.965

4. SONUÇLAR (CONCLUSIONS)

Bu çalışma kapsamında zeolit katkılı betonların elastisite modül değerlerini pratik olarak önceden tahmin edebilmek için öncelikle Manisa ilinin Gördes ilçesinden doğal zeolit agregası ile elde edilen betonun, fiziksel ve mekanik özellikleri tespit edilmiştir. Daha sonra elastisite modül değerleri belirlenmiş ve deneysel verilere bağlı olarak eşitlikler sunulmuştur. Önerilen eşitliklerde en düşük korelasyon katsayı değeri $r=0.936$ ile katkılı betonların ultrases hız değerleri ile elastisite modül değerleri arasında elde edilmiştir. Bu en düşük değer bile kabul edilebilir sınır değerlerin oldukça üstündedir. Bu sonuçlar ışığında zeolit katkılı betonların elastisite modül değerlerinin fiziksel ve mekanik özellikler kullanılarak tahmin edilebileceği görülmüştür.

KAYNAKLAR (REFERENCES)

- Baradan, B., (2004). Yapı Malzemesi II Dokuz Eylül Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Yayınları, No:207, ss:222, İzmir.
- Neville, A., (1993). Properties of Concrete, ISBN 0-582-23070-5, 3rd edition, London.
- Postacıoğlu, B., (1987). Beton Cilt II, Teknik Kitaplar Yayınevi, Matbaa Teknisyenler Basımevi, İstanbul.
- Okucu, A., (2004). Zeolitik Tüflerin Çimento Katkı Maddesi Olarak Değerlendirilmesi, Beton Kongresi.



5. Breck, D.W., (1974). Zeolite Molecular Sieve; Structure, Chemistry and Use. John Wiley and Sons, New York, pp:771.
6. Demirel, H., Aksank, B. ve Öztürk. H., (1971). Zeolitin Çimento Üretiminde Kullanım Olanakarı, Türkiye Maden Bil. ve Teknik II, Ankara.
7. Mol, F., (2001). Değişik Oranlarda Pomza-Zeolit Karışımlarının Kimi Fiziksel ve Kimyasal Özellikleri, FenBilimler Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi.
8. Sarıkaya, H., (2006). Zeolit Katkılı Betonların Fiziksel ve Mekanik özelliklerinin Araştırılması, SDÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Isparta.
9. Şimşek, O., (2004). Beton ve Beton Teknolojisi, Seçkin Yayıncılık, ss:247, Ankara.
10. TS 802 Beton Karışım Hesapları, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara, 1985.