

AKÜ FEMÜBİD 18 (2018) 017201 (1181-1189)

AKU J. Sci.Eng.18 (2018) 017201 (1181-1189)

Doi: 10.5578/fmbd.67588

Araştırma Makalesi / Research Article

Doygun Betonların Statik ve Dinamik Elastik Parametrelerinin Karşılaştırılması

Nevbahar Sabbağ¹, Osman Uyanık¹¹Süleyman Demirel Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Jeofizik Mühendisliği Bölümü, Isparta.

e-posta:osmanuyanik@sdu.edu.tr

Geliş Tarihi: 15.01.2018 ; Kabul Tarihi: 25.10.2018

Özet

Bu çalışmada suya doymuş betonların statik ve dinamik elastik parametrelerini karşılaştırmak amaçlanmıştır. Bu amaçla mukavemetleri farklı olan 9 beton tasarımı hazırlanarak çalışmalar yürütülmüştür. Her tasarım için 150mm ebatlarındaki küp numuneler donatısız ve içerisinde bir adet 10, 14 veya 20mm çapında donatı bulunduracak şekilde toplam 108 adet beton numunesi hazırlanarak su kürüne tabi tutulmuştur. Numunelerin belirli zamanlarda doymuş kuru yüzey durumundaki ağırlık ve hacimleri, Ultrasonik P ve S dalga seyahat zaman ölçümleri ve tek eksenli basınç dayanım deneyi yapılmıştır. P ve S dalga hızları ve elastisite teorisinden yararlanarak dinamik elastik modüller ve tek eksenli basınç dayanım değerine bağlı statik elastik modüller hesaplanmıştır. Ayrıca sismik hız oranı ve Poisson oranı da belirlenmiştir. Yapılan bu çalışma ile suya doymuş betonların dinamik ve statik elastik modüller arasında ilişki katsayısı (R) 0.90'ın üzerinde deneysel ilişkiler elde edilmiştir. Ayrıca suya doymuş betonlarda sismik hız oranına göre suya doymuşluk alt sınır değeri 1.8 olarak belirlenmiştir.

Anahtar kelimeler

Suya doymuş beton;
Donatı; Ultrasonik P ve
S dalga hızları; Elastik
modüller; Sismik hız
oranı; Poisson oranı

Comparison of Static and Dynamic Elastic Parameters of Saturated Concretes

Abstract

In this study, it is aimed to compare static and dynamic elastic parameters of water saturated concrete. For this purpose, 9 concrete designs with different strengths were prepared and studies were carried out. As for each design, cube samples of 150 mm size of unreinforced and one of each including 10, 14 or 20 mm diameter reinforcement, a total of 108 concrete samples were prepared and these were subjected to water curing. The weights and volumes of the samples in the case of saturated dry surface, Ultrasonik P and S wave travel time measurements and uniaxial compressive strength tests of samples were performed at certain times. Dynamic elastic modules were calculated by using P and S wave velocities and elasticity theory, and static elastic modules were calculated based on uniaxial compressive strength. Seismic velocity ratio and Poisson ratio were also obtained. In this study; empirical relationships were obtained above 0.90 of the correlation coefficient (R) between the dynamic and static elastic modulus of water-saturated concrete. In addition, in water saturated concrete, the water saturation lower limit value according to the seismic velocity ratio was determined as 1.8.

Keywords

Water saturated
concrete;
Reinforcement;
Ultrasonic P and S
wave velocity; Elastic
modules; Seismic
velocity ratio; Poisson
ratio.

© Afyon Kocatepe Üniversitesi

1. Giriş

Yapı tasarımında yer değiştirmelerin bilinebilmesi için betonun elastisite modülünün elde edilmesi gereklidir. Beton, üzerine gelen yüklerin türünden, büyüklüğünden ve süresinden etkilenir ve şekil değişikliği sunar (Mehta 1986; Topçu ve Uğurlu 2007). Basınç dayanımına etki eden hemen hemen

tüm faktörler (maksimum agrega boyutu, iri agrega cinsi çakıl, kırmataş su/çimento oranı, çimento/mineral katkı oranı, mineral katkının- uçucu kül, silika füme etkinlik katsayıları, kür süresi ve nem koşulları, numune şekil ve boyutu vb.) elastik modülü de aynı yönde etkilemektedir (Yılmaz vd. 2006). Beton her zaman doğrusal ve

elastik bir davranış göstermez. Bu yüzden Ersoy ve Özcebe (2001)'de betonun Elastisitemodülünü tanımlamanın kolay olmadığını belirtmiştir. Ancak Ultrasonik P ve S dalga hızlarının belirlenmesi sonucunda betonun elastisite modülü kolaylıkla belirlenebilir. Elastisite modülü büyüdükçe malzeme daha rijit davranırken, Elastisite modülü küçüldükçe daha esnek/elastik davranmaktadır (Uyanık vd. 2012a; Uyanık vd. 2012b)

Tahribatsız deneyler, malzeme üzerinde kalıcı bir hasara sebep olmadan malzemeyi teknolojik olarak incelerler. Bu deneyler ile betondan numune almadan yerinde değerlendirme yapılabilir, betonda oluşan zararın derecesi belirlenebilir, betonun fiziksel özellikleri, elastik özellikleri, dayanımı, beton içerisinde meydana gelebilecek kırık ve çatlaklar belirlenebilir (Tikalsky 2006). Dolaylı yöntem olmasına karşın yapılan birçok çalışmada sismik basınç dalga hızından (P) beton dayanımı belirlenebilmektedir (Bahadır 1984; Swamy 1984; Keiller 1985; Jenkins 1985; Akça 1991; Uyanık ve Tezcan 2012). Fakat P dalgası betondaki kırık ya da boşluğun su ya da hava doymunluğundan etkilenir (Uyanık vd. 2012c). Bu yüzden beton dayanımı ve betonun yapısal özelliklerine daha duyarlı olan P dalga hız verileri arasındaki dağılım geniş bir aralıkta değişmektedir. Bu dağılımı kontrol edecek üçüncü bir parametre olarak S dalga hızına ihtiyaç olduğu açıktır. S dalgaları betonu oluşturan agrega tipi, çimento özellikleri ve betonun dayanımı gibi birçok özelliğe bağlıdır (Uyanık 2012; Sabbağ ve Uyanık 2016; 2017). Ayrıca P ve S dalga hızlarının birlikte kullanılması ile betonun gözeneklerindeki nem durumu yorumlanabilir ve betonların dinamik elastik özellikleri de elastisite teorisinden belirlenebilir (Uyanık 2012; Uyanık ve Sabbağ, 2016b).

Yapılan bu çalışmada suya doymun donatılı ve donatısız betonlara ait statik ve dinamik elastik modüller tek eksenli basınç dayanımı ve Ultrasonik yöntem kullanılarak belirlenmiştir. Belirlenen bu statik ve dinamik elastik parametreler arasında doğrusal ve üstel deneysel ilişkiler elde edilmiştir. Böylece dinamik elastik modüller yardımıyla

tahribatsız bir şekilde statik elastik modüllere yaklaşım yapılabileceği ortaya konulmuştur.

2. Yöntemler

2.1. Tek Eksenli Basınç Dayanımı Deneyi

Yöntemin uygulanmasında, silindir ya da küp örnekler kullanılmaktadır. Numuneler TS EN 12390-2, (2010) standardına göre 28 günlük küre maruz bırakılır. 28. günün sonunda, tek eksenli basınç cihazı vasıtasıyla üniform basınç yükü altında kırılmaktadır.



Şekil 1. Tek eksenli basınç dayanım deneyi

Yükün farklı hızlarda uygulanması durumunda beton direnci etkilenecektir. Bu yüzden numune üzerine TS EN 12390-3, (2010)'de belirtilen devamlı ve sabit bir gerilme hızında yük uygulanır. Örnek yenildiği anda yenilme yükü (P) göstergeden okunur (Şekil 1). Elde edilen P yükü ve numunenin kesit alanı (A) kullanılarak basınç dayanımı aşağıdaki eşitlikle hesaplanmaktadır.

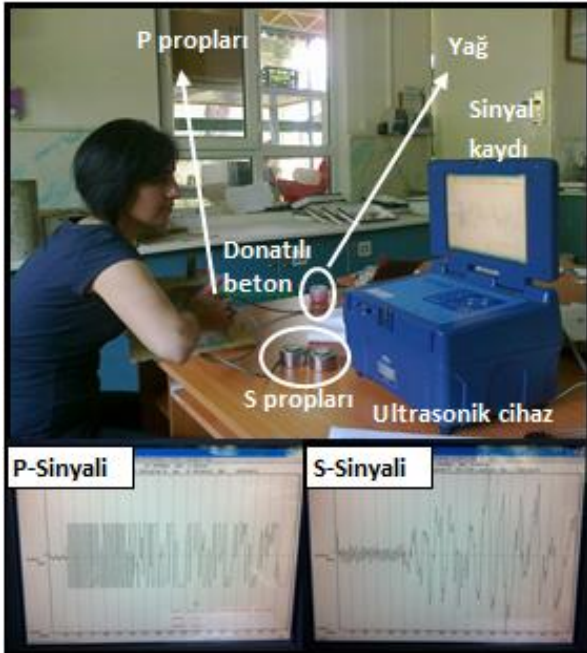
$$\sigma = \frac{P}{A} \quad (1)$$

2.2. Ultrasonik Sismik P ve S Dalga Deneyi

Ultrasonik P ve S dalga ölçümleri hem laboratuvar ortamında örnek üzerinde hem de sahada (asfalt, betonarme yapı, beton, köprü, vb.) uygulanmaktadır. Ultrasonik ölçümler sonucunda betondan elde edilen P ve S dalga hızlarından betonların dayanım özellikleri, kırık-çatlak durumu, porozite ya da boşluk durumu ve bozuşma durumu ortaya konulabilir. Bu yöntem yapıya ve örneğe herhangi bir zarar vermeden ölçüm yapılabilen ve hızlı sonuç elde edilen tahribatsız bir ölçüm yöntemidir. Ancak yapı içerisinde doğrudan betonarme elemanı üzerinde uygulanan

ölçümlerde donatı üzerinden ölçü alınabileceğinden donatı düşünülerek beton kalitesi yorumlanmalıdır. Ultrasonik P ve S dalga ölçüm sonuçlarının birlikte kullanılması sonucunda, betonun mukavemetinin, homojenliğinin, elastisite modülünün, döküm özelliklerinin ve çatlakların varlığı belirlenmektedir. Eğer çatlaklar tamamıyla su ile dolu ise çatlakların yerinin belirlenmesi sadece P hızı ile oldukça zorlaşmaktadır. Bu yüzden hem P hem de S hızları birlikte kullanılmalıdır.

P dalgası ölçümünde numune ile prob arasında teması artırmak için yağ sürülürken S dalgası ölçümünde sürülmez. 200 ve 100kHz frekanslarına sahip P ve S problemleri arasında sıkıştırılan numuneye P ya da S dalga darbisi (pulse) gönderilerek numunenin P ya da S dalga seyahat zamanları ölçülür (Şekil 2). Elde edilen P ve S sinyallerinden ilk varış zamanları ve problemler arası mesafe kullanılarak hızlar belirlenir.



Şekil 2. Ultrasonik cihazla ölçüm alınması ve sinyal kayıt örnekleri (Sabbağ, 2016; Uyanık ve Sabbağ, 2016a)

3. Betonun Elastik Özellikleri

3.1. Statik ve Dinamik Elastisite Modülleri (E_s , E_d)

Statik ve dinamik elastisite modülleri betonun elastik mukavemeti ve sağlamlığını yorumlamada kullanılmaktadır. Deprem kuvvetine

maruz kalan yapılarda çeşitli deformasyonlar oluşabilir. Bu deformasyonların oluşarak yapıya zarar vermesinin önüne geçebilmek için yapılardaki betonun elastik mukavemetinin bilinmesi gerekir (Uyanık vd. 2013). Bu yüzden yapı açısından betonun elastik direnci önemlidir. Elastisite modülü betonun dayanımına, yaşına, uygulanan deneydeki yükleme türüne, çimento ve agrega oranlarının özelliklerine bağlı olarak farklı değerler verebilir. Çok küçük şekil değiştirmelere denk gelen dinamik elastisite modülü genel olarak statik elastisite modülünden %20-40 arasında daha büyük elde edilir (Kumar, 1986). McCormac ve Nelson, (2005) de yapıların tasarımında yapılara gelen deprem yüklerinden dolayı dinamik modülün kullanılmasının uygun olduğunu belirtmişlerdir.

Statik elastisite modülü, betonarme yapıdan numune alınarak basınç testi esnasında elde edilen gerilme-deformasyon eğrisi vasıtasıyla zahmetli ve zaman alan işlemlerden sonra belirlenir. Bunun yanı sıra statik elastisite modülü dünya çapındaki birçok standarda göre tanımlanan eşitlikler yardımıyla da ampirik olarak hesaplanabilmektedir. TS 500 (2000) standartlarında basınç dayanımına (σ_b) bağlı statik elastisite modülü aşağıdaki eşitlikle verilmiştir.

$$E_s = 3.25\sigma_b^{0.5} + 14 \quad (2)$$

Betonun dinamik elastisite modülü (E_d) sismik ultrasonik yöntemle belirlenen P ve S dalga hızlarının birlikte kullanılması ile elastisite teorisinden hesaplanabilmektedir (Telford vd. 1993; Uyanık vd. 2013). Elastisite modülü betonun kırık, çatlak ve bozulmasına bağlı olarak farklı değerler alabilir. Dinamik elastisite modülü (E_d) sismik hızlara (V_p , P dalga hızı; V_s , S dalga hızı) ve kayma modülüne (G_d) bağlı olarak Eşitlik 3'de verildiği gibi hesaplanabilir.

$$E_d = 3G_d \left[\frac{\left(\frac{V_p}{V_s}\right)^2 - \frac{4}{3}}{\left(\frac{V_p}{V_s}\right)^2 - 1} \right] \quad (3)$$

3.2. Statik ve Dinamik Makaslama (Kayma) Modülleri (G_s , G_d)

Mekanik olarak numuneye yanal yönde uygulanan kuvvet sonucunda numunede kayma deformasyonu meydana gelir. Bu durumdaki kayma gerilmesinin kayma deformasyonuna oranı kayma modülü olarak tanımlanmaktadır. Statik kayma modülü TS 500 (2000) standardında aşağıdaki eşitlikle verilmiştir.

$$G_s = 0.4E_s \quad (4)$$

Dinamik makaslama modülü (G_d : kg/cm², MPa veya GPa) ise yoğunluk (δ : gr/cm³) ve S dalga hızı (V_s ; m/s) ile hesaplanır.

$$G_d = \frac{\delta V_s^2}{g} \quad (5)$$

Burada g (9.81 m/s²) yer çekim ivmesidir. Depremde oluşan S dalgası betona makaslama kuvveti uygular ve beton makaslama modülünün değerine bağlı direnç gösterir (Uyanık, 2014).

3.3. Statik ve Dinamik Bulk Modülleri (K_s , K_d)

Statik Bulk modülü hacimsel basınç altında bir kütlenin sıkışması olarak tanımlanabilir. Burada gerilme basınç, deformasyon ise hacimce değişim miktarıdır (TS 500, 2000). Yanı sıkışmaya karşı beton direnci olarak da bilinir. Dinamik Bulk modülü (K_d), dinamik kayma modülü, P ve S dalga hızlarına bağlı olarak aşağıdaki eşitlikten hesaplanmaktadır (Uyanık vd. 2013).

$$Kd = G_d \left[\left(\frac{V_p}{V_s} \right)^2 - \frac{4}{3} \right] \quad (6)$$

3.4. Statik ve Dinamik Poisson Oranları (μ)

Boyutları belirli bir malzemeye uygulanan gerilme sonucunda malzemenin boyunda ve eninde meydana gelen deformasyonların oranına "Poisson Oranı" denir. Poisson oranı dinamik olarak sismik hızlardan aşağıdaki eşitlikle hesaplanabilir.

$$\mu = \left[\frac{\left(\frac{V_p}{V_s} \right)^2 - 2}{2 \left(\frac{V_p}{V_s} \right)^2 - 2} \right] \quad (7)$$

Sismik hız oranı (V_p/V_s) ve Poisson oranı değerleri kullanılarak betonun suya ya da gaza doygunluk durumu yorumlanabilir. Poisson oranı 0 ile 0.5

arasında değerler alır. Betonun homojen kabulüne bağlı olarak Poisson oranı değeri ortalama 0.25 dir. Doğangün (2002)'de betonarme yapıların hesaplama tasarımında, TS 500, (2000) standardında bu değer 0.20 olarak verildiğini belirtmiştir.

4. Örnek Hazırlama ve Ölçüm Aşamaları

Betonun kalıptan çıkarılıp sertleşmesi için bulunduğu çevre koşullarına kür koşulları adı verilir. Kür koşulları, beton basınç dayanımı ve ultrasonik sismik hızlar üzerinde çok etkili olmaktadır. Bu çalışmada her bir tasarım için hazırlanan ve içerisinde bir adet 10, 14 veya 20 mm çapında donatı içeren donatılı ve donatısız 150mm ebatlarında küp numuneler su kürüne maruz bırakılmıştır (Şekil 3).



Şekil 3. Hazırlanan donatısız ve donatılı ($\emptyset 10$, $\emptyset 14$ veya $\emptyset 20$) küp numune örnekleri (Sabbağ, 2016)

Numuneler ölçümlerinin alınacağı günlere kadar 20 ± 2 °C deki kür havuzlarında bekletilmiştir. Kür havuzundan çıkarılarak ağırlık ve yoğunlukları belirlenen donatılı ve donatısız küp numunelerin 7., 28. ve 90. günlerde Ultrasonik P ve S dalga ölçümleri ve yine aynı günlerde 9 tasarımdaki her bir numune çeşidinden 3'er adedinin tek eksenli basınç deneyi ile kırma işlemleri gerçekleştirilerek ortalama dayanımları belirlenmiştir. Donatılı ve donatısız numunelerin tek eksenli basınç dayanım sonuçlarından yararlanarak Statik elastik modülleri; Ultrasonik P ve S dalga hızlarından yararlanılarak ise Dinamik elastik modülleri

hesaplanmıştır(Çizelge 1). Elde edilen parametreler birbirleriyle karşılaştırılarak aralarındaki ilişkiler ortaya konulmaya çalışılmıştır.

Çizelge 1. Çalışma kapsamında elde edilen parametreler

Parametreler	Min	Max	Ort
V_p (km/s)	3.410	5.172	4.491
V_s (km/s)	1.830	2.632	2.358
V_p/V_s	1.74	2.06	1.92
σ (MPa)	2.70	69.8	39.60
E_s (GPa)	19.34	41.15	33.20
E_d (GPa)	20.95	45.18	35.27
G_s (GPa)	7.74	16.46	13.28
G_d (GPa)	7.87	17.05	13.48
K_d (GPa)	17.83	41.61	31.30
μ	0.25	0.35	0.31

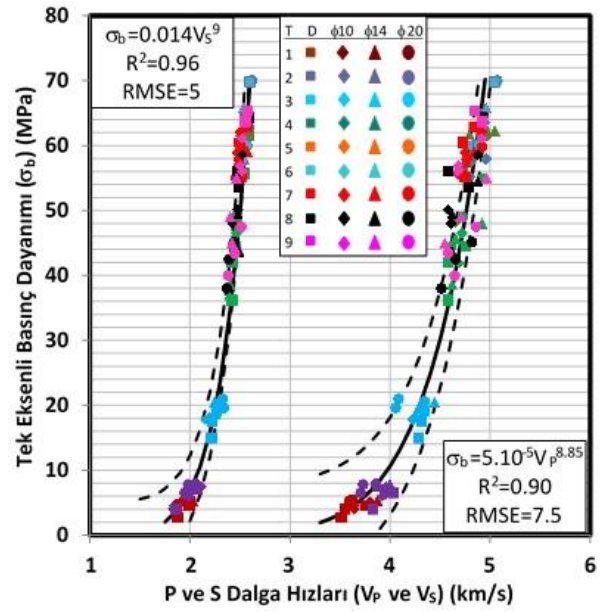
5. Bulgular

Suya doymun 9 farklı tasarıma ait tek eksenli basınç dayanımı ile Ultrasonik P ve S dalga hızları (Şekil 4) ve statik ve dinamik elastik modüller arasındaki ilişkiler (Şekil 5-10) gösterilmiştir. Bu şekillerde şekil içerisinde tasarım betonlar 1 den 9'a kadar sıralanmış, farklı renkler ve şekillerde sunulmuştur. Kare şekiller donatısız numuneleri; baklava, üçgen ve daire şekiller ise sırasıyla 10, 14 ve 20mm donatılı numuneleri göstermektedir. İlk üç tasarımın dayanımları 20MPa altında elde edilirken diğer tasarımlar 34-70MPa arasında bulunmuştur. Bu tasarımlar için P ve S dalga hızları sırasıyla 3.4-5.1km/s ve 1.8-2.7 km/s arasında değişmektedir. Şekil 4 de basınç dayanımı ile P ve S dalga hızları arasında pozitif yönde üstel bir ilişkiler olduğu görülmektedir. Basınç dayanımı ile P ve S dalga hızları arasındaki ilişki katsayısı (R) 0.90'ın üzerinde değerler elde edilmiş ve RMSE hata miktarları belirlenmiştir. İlişkiler ve RMSE hata miktarlarına bağlı olarak çizilen sınır çizgileri Şekil 4 de gösterilmiştir.

$$\sigma_b = 5.10^{-5}V_p^{8.85} \quad R^2=0.90, \text{ RMSE}=7.5 \quad (8)$$

$$\sigma_b = 0.014V_s^9 \quad R^2=0.96, \text{ RMSE}=5 \quad (9)$$

Şekil 4 incelendiğinde P dalga hızı değerleri S dalga hızına nazaran daha fazla saçılım sunmuştur. Bunun sebebi betonun gözeneklerindeki suyun etkisidir. Çünkü P dalgaları katı, sıvı ve gaz ortamlarda yayılabilirdiği için gözeneklerdeki sudan etkilenirken; S dalgaları sadece katılarda yayılır ve gözeneklerdeki sudan etkilenmezler. Gözeneklerdeki suyun belirlenebilmesi için hem P hem de S dalga ölçümlerine gereksinim vardır. Ayrıca her iki dalga hızının elde edilmesi sonucunda dinamik elastik parametrelerde elastisite teorisinden hesaplanarak daha fazla bilgi elde edilir.



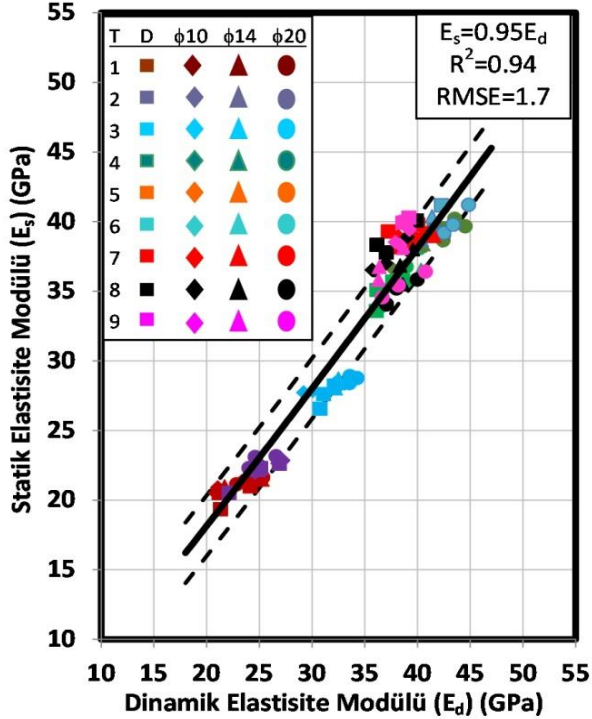
Şekil 4. Donatısız ve donatılı (Ø10, Ø14 veya Ø20) küp numunelerin tek eksenli basınç dayanımları ve Ultrasonik P ve S dalga hızları arasındaki ilişki.

Statik ve dinamik elastisite ve kayma modülleri arasındaki ilişkiler Şekil 5 ve Şekil 6'de verilmiştir. Bu ilişkilendirmelerde görüldüğü gibi statik modüllerin artışı ile dinamik modüller de suya doymun numuneler için doğrusal olarak artmaktadır. Bu ilişkilendirmeler de elde edilen ilişki katsayısı 0.90'ın üzerindedir. Elastik modüllerin ilişkilendirmesinden elde edilen RMSE hatası 1.7GPa iken, kayma modülleri için 0.14GPa'dır. 3-70MPa dayanıma sahip betonlarda statik elastisite modülü değerleri dinamik elastisite modülünden genel olarak %5 daha düşük olarak belirlenirken; statik kayma modülü değerleri

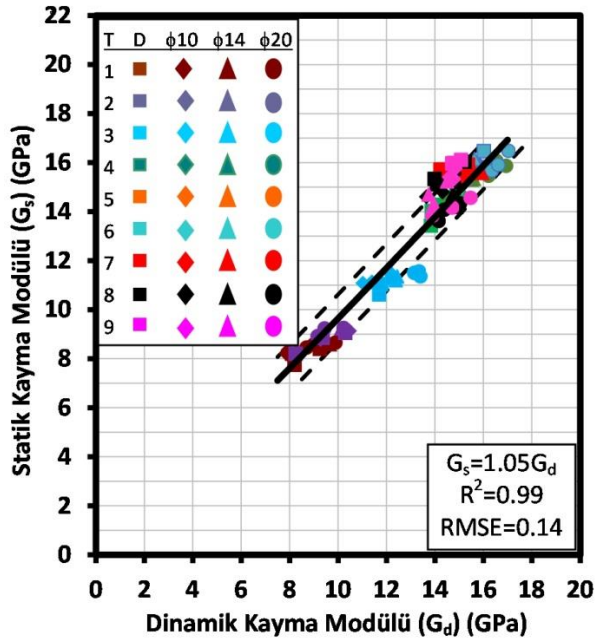
dinamik kayma modülünden genel olarak %5 daha büyük olarak elde edilmiştir.

$$E_s = 0.95E_d R^2=0.94, \text{ RMSE}=1.7 \quad (10)$$

$$G_s = 1.05G_d R^2=0.99, \text{ RMSE}=0.14 \quad (11)$$

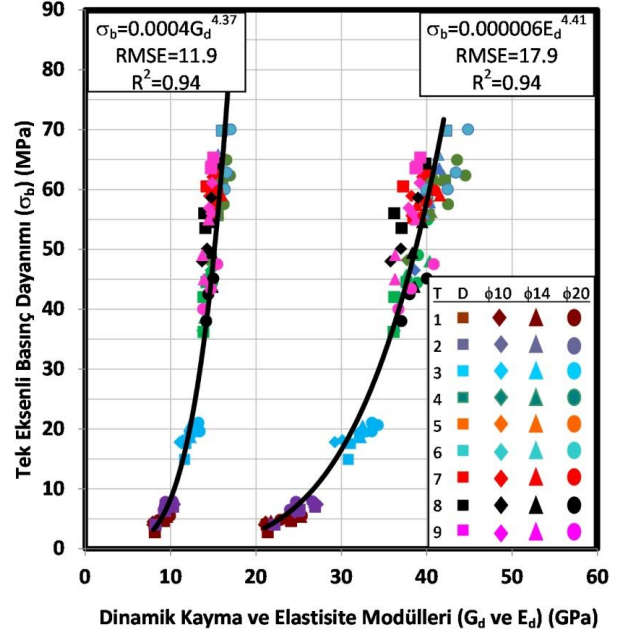


Şekil 5.Suya doygundonatısız ve donatılı (φ10, φ14 veya φ20) küp numunelerin statik ve dinamik elastisitemodülleri arasındaki ilişki.

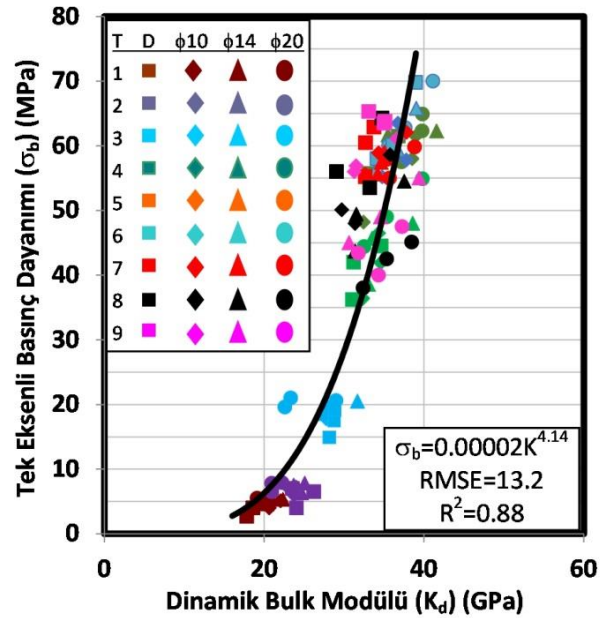


Şekil 6.Suya doygundonatısız ve donatılı (φ10, φ14 veya φ20) küp numunelerin statik ve dinamik kayma modülleri arasındaki ilişki.

Donatılı ya da donatısız beton numunelerinin basınç dayanımı ile dinamik elastik parametreler arasındaki ilişkiler Şekil 7 ile 8'te sunulmuştur. Bu şekillerirdelendiğinde ilişki katsayısı 0.90'ün üzerindedir ve ilişkilerin matematiksel bağıntıları Eşitlik 12, 13 ve 14 verilmiştir.



Şekil 7.Suya doygun numunelerin tek eksenlibasınç dayanımlarıile dinamik elastisiteve kayma modülleri arasındaki ilişki.



Şekil 8.Suya doygun numunelerin tek eksenli basınç dayanımı ile dinamik Bulkmodülü arasındaki ilişki.

$$\sigma_b = 0.0004G_d^{4.37} R^2=0.94, \text{ RMSE}=11.9 \quad (12)$$

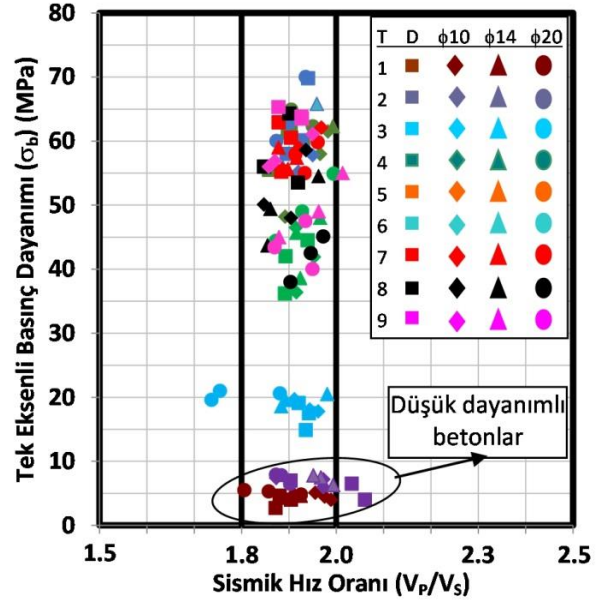
$$\sigma_b = 0.000006E_d^{4.41} R^2=0.94, \text{ RMSE}=17.9 \quad (13)$$

$$\sigma_b = 0.00002K_d^{4.14}R^2=0.88, RMSE=13.2 \quad (14)$$

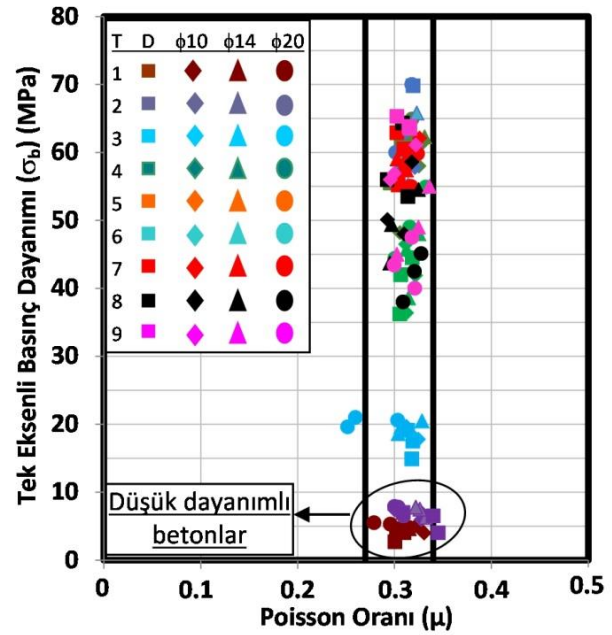
Bu eşitlikler kullanıldığında 30MPa altındaki betonların kayma, elastisite ve bulkmodüldeğerleri sırasıyla 13 GPa, 33 GPa ve 31 GPa'dan daha küçük elde edilmiştir. Ayrıca Şekil 7 ve 8 de dinamik elastik modüllerin veri dağılımından, kayma modülünün S dalga hızından, bulk modülünün daha çok P dalga hızından ve elastisite modülünün de her iki dalga hızından etkilendiği görülmektedir. Bilindiği üzere betonun dayanımı yanı sıra onun elastik parametreleri de deprem anındaki yapı davranışı açısından önemlidir. P dalgaları mevcut yapıları yukarı iter sonra aşağı çeker ve yapının kolonlarına fazla yük bindirir (Uyanık, 2014). Depremin gücüne karşı yapı elastisite mukavemeti ile direnir. Elastisitemodülünün yüksek olması betonun sağlam olduğunun göstergelerinden birisidir. Bununla birlikte kayma modülünün büyük değerlerine sahip bir beton, depremde meydana gelen S dalgası kuvvetine karşı direnirken, kayma modülünün küçük değerlerinde ise yapılardaki kolon-kiriş bağlantılarında kopmalar ve yapıda çökme oluşabilir (Uyanık, 2014). Bu açıdan betonun dinamik elastik parametrelerinin doğru olarak elde edilmesi yapı için son derece önemlidir.

Bir betonun gözeneklerinin doymunluğunu ultrasonik yöntemle yorumlayabilmek için sismik hız oranı ve Poisson oranına ihtiyaç vardır. Şekil 9'da numunelerin sismik hız oranları (V_p/V_s) ve tek eksenli basınç dayanımları arasındaki ilişki sunulmuştur. Buna göre verilerin çoğunluğunun V_p/V_s oranı 1.8-2.0 aralığında değişmektedir. Bu durum da genel olarak betonlardaki sismik hız oranının suya doymunluk sınır değeri 1.8 olarak düşünülebilir. Suya doymun numunelerin Poisson oranı ve tek eksenli basınç dayanımları arasındaki ilişki ise Şekil 10'de gösterilmektedir. Şekil 10 incelendiğinde Poisson oranının 0.27-0.34 aralığında değiştiği gözlenmiştir. Suya doymun betonları dikkate aldığımızda gözeneklerin suya doymunluk sınır değeri Poisson oranı için 0.27-0.30 arasında kabul edilebilir. Sonuç olarak suya doymun betonlar için Poisson oran değerinin 0.27'den büyük değerleri suya doymun olarak yorumlanabilir. Ayrıca betonun elastik parametre

hesaplamalarında Poisson oranı değerinin yaklaşık olarak sabit bir değer alınmasının hataya sebep olacağı Şekil 10'den de görülebilir.



Şekil 9. Suya doymundonatsız ve donatılı ($\phi 10$, $\phi 14$ veya $\phi 20$) küp numunelerin sismik hız oranları (V_p/V_s) ve tek eksenli basınç dayanımları arasındaki ilişki.



Şekil 10. Suya doymundonatsız ve donatılı ($\phi 10$, $\phi 14$ veya $\phi 20$) küp numunelerin Poisson oranı ve tek eksenli basınç dayanımları arasındaki ilişki.

TS 500, (2000) de Poisson oran değeri 0.20 olarak kabul edilmektedir. Ancak suya doymun betonlarda Poisson oranı değerleri 0.27-0.34 arasında değiştiği görülmektedir. Bu durumda Poisson oranı

değerinin sabit değer olarak kabul edilmesi büyük hatalara sebep olacaktır. Bu yüzden Poisson oranını belirlemek için ya numunelerin kırılma esnasında enine ve boyuna deformasyonlarının belirlenmesi ya da dinamik olarak sismik P ve S dalga hızlarının tespit edilmesiyle elde edilmesi gerekmektedir.

6. Sonuçlar

Suya doymuş 3-70MPa arasında dayanıma sahip betonların basınç dayanımları P ya da S dalga hızları kullanılarak deneysel ilişkilerden hesaplanabilir.

Statik ve dinamik elastik modüller arasında ilişki katsayısı 0.90'ın üzerinde olan pozitif yönde doğrusal ilişkiler, dinamik elastik modüller ile tek eksenli basınç dayanımı arasında da pozitif yönde üstel ilişkiler belirlenmiştir.

Suya doymuş betonlar için elde edilen deneysel ilişkiler kullanıldığında sağlam beton olarak bilinen 30MPa ve üzerindeki betonların dinamik kayma, elastisite ve bulk modül değerlerinin sırasıyla 13GPa, 33GPa ve 31GPa ve üzeri değerlerin elde edildiği görülmüştür.

3-70MPa arasındaki suya doymuş betonlarda sismik hız oranının ve Poisson oranının suya doymuşluk sınır değeri sırasıyla 1.8 ve 0.27 den büyük olması gerektiği sonucuna varılmıştır.

Teşekkür

Bu çalışma SDÜ/ÖYP05277-DR-14 no'lu proje ile desteklenmiştir. Bu çalışmanın son halini almasında katkıları olan hakemler ve editöre teşekkür ederiz.

7. Kaynaklar

- Akça A., 1991. Beton Mukavemetinin Belirlenmesinde Kullanılan Karotların Mukavemetine Etki Eden Faktörlerin İncelenmesi, K.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 114.
- Bahadır M., 1984. Beton Mukavemetinin Karotlar Yardımıyla Saptanması, K.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Trabzon.
- Doğangün A., 2002. Betonarme Yapıların Hesap ve Tasarımı, Birsen Yayınevi Ltd. Şti., İstanbul.

- Ersoy U., Özcebe, G., 2001. Betonarme: Temel İlkeler TS-500-2000 ve Türk Deprem Yönetmeliğine (1998) Göre Hesap, Genişletilmiş Yeni Baskı, Evrim Yayınevi.
- Jenkins R.S., 1985. NonDestructiveTesting: an Evaluation Tool, *Concrete International: Design and Construction*, **7(2)**: 22-26.
- Keiller A.P., 1985. AssessingTheStrength of The in SituConcrete, *Concrete International: Design and Construction*, **7(2)**: 15-21.
- Kumar, M., 1986. ConcreteStructurePropertiesandMaterials, EnglewoodCliffs, New Jersey.
- McCormac J.C., Nelson, J.K., 2005. Design of ReinforcedConcrete: 6th Edition, Wiley.
- Mehta P.K., 1986. Concrete, Prentice-HallInc., USA.
- Sabbağ N., 2016. Beton Kalitesinin Jeofizik Yöntemlerle Belirlenmesi, Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora tezi, Isparta, 172.
- Sabbağ N., Uyanık O., 2016. Time-DependentChange of SeismicVelocities on Low-StrengthConcrete. *The Online Journal of ScienceandTechnology (TOJSAT)*, **6(4)**, 49-57.
- Sabbağ N., Uyanık O., 2017. Prediction of reinforcedconcretestrengthbyultrasonicvelocities, *Journal of AppliedGeophysics***141**, 13-23.
- Swamy R.N., 1984. AliamahAssessment of in SituConcreteStrengthbyVariousNon-DestructiveTests, *NonDestructiveTesting International*, **17(3)**: 139-146.
- Telford W.M., Geldart, L.P., Scheriff, R.E., 1993. AppliedGeophysics, Cambridge UniversityPress, London, 225.
- Tikalisky P.J., 2006. Overview of Non-DestructiveTesting (NDT) Methods of Materials Evaluation, *NSF/RILEM Workshop*, 10-14 July 2006, Prague, CzechRepublic.
- Topçu İ.B., Uğurlu, A., 2007. ElasticityTheory of ConcreteandPrediction of Static E-ModulusforDam Concrete Using CompositeModels, *Digest 2007*, 1115-1127.
- TS 500, 2000. Betonarme Yapıların Hesap ve Tasarım Kuralları, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- TS EN 12390-2, 2010. Beton - Sertleşmiş Beton Deneyleri - Bölüm 2: Dayanım Deneylerinde

- Kullanılacak Dene Numunelerinin Hazırlanması ve Kürlenmesi, *Türk Standartları Enstitüsü*, Ankara.
- TS EN 12390-3, 2010. Beton- Sertleşmiş Beton Deneyleri- Bölüm 3: Dene Numunelerinin Basınç Dayanımının Tayini, *Türk Standardları Enstitüsü*, Ankara.
- Uyanık O., 2012. Sismik Hızlardan Beton Dayanımının Belirlenmesi, *Jeofizik Bülteni*, **23**, 25-30.
- Uyanık O., Tezcan S., 2012. Beton Dayanımının Ultrasonik Yöntemle Tayini, *Jeofizik Bülteni*, **23(70)**: 41-45.
- Uyanık O., Çatlıoğlu B., Uyanık NA., Öncü Z., Sabbağ N., 2012a. Kentsel Dönüşüm Projelerinde Betonarme Yapıların Beton Kalitesinin Sismik Ultrasonik Hızlardan Belirlenmesi, *1. Yerbilimleri Sempozyumu Süleyman Demirel Üniversitesi*, Isparta, Türkiye.
- Uyanık O., Çatlıoğlu B., Sabbağ N., Öncü Z., Uyanık NA., 2012b. Kayaçların Fiziksel Özellikleri ile Sismik Ultrasonik Hızlar Arasındaki İlişkilendirmeler, *1. Yerbilimleri Sempozyumu Süleyman Demirel Üniversitesi*, Isparta, Türkiye.
- Uyanık O., Sabbağ N., Çatlıoğlu B., Uyanık NA., Öncü Z., 2012c. Sismik Ultrasonik Hızlardan Kayaçların Kırıklılık Ve Fissür İndekslerinin Belirlenmesi, *1. Yerbilimleri Sempozyumu Süleyman Demirel Üniversitesi*, Isparta, Türkiye.
- Uyanık O., Şenli G., Çatlıoğlu B., 2013. Binaların Beton Kalitesinin Tahribatsız Jeofizik Yöntemlerle Belirlenmesi, *SDÜ Uluslararası Teknoloji Bilimler Dergisi*, **5(2)**: 156-165.
- Uyanık O., 2014. Klasik ve Jeofizik Yöntemlerle Yapı İncelemeleri (Yapı Jeofiziği), *TMMOB Jeofizik Mühendisleri Odası*, ISBN:978-605-01-0643-5, JFMO Eğitim Yayınları No: **19**. 80.
- Uyanık O., Sabbağ N., 2016a. Beton kalitesinin Jeofizik yöntemlerle belirlenmesi. Süleyman Demirel Üniversitesi Öğretim Üyesi Projeleri Koordinasyon Birimi Komisyonu (ÖYP), Doktora projesi/proje no: ÖYP05277-DR-14, Isparta, Türkiye.
- Uyanık O., Sabbağ N., 2016b. Comparison of Static and Dynamic Elastic Modules of Different Strength Concretes, *EGU General Assembly 2016, Geophysical Research Abstracts*, **18**, 7077-1.
- Yılmaz A.O., Arıoğlu N., Arıoğlu E., 2006. Normal ve Yüksek Dayanımlı Betonlarda Elastik Modül/Basınç Dayanımı Oranının Araştırılması, *Beton Prefabrikasyon Dergisi*, 77-78.