

BETON DAYANIMININ YERİNDE P DALGA HIZINDAN BELİRLENMESİ VE İZMİR ÖRNEĞİ

Sinancan ÖZİÇER, Osman UYANIK*

Geliş Tarihi/ Received: 12.08.2016, Kabul tarihi/Accepted: 13.01.2017

Özet

Ülkemizde tarihsel ve aletsel dönemde meydana gelen depremler, Türkiye'nin aktif ve riskli deprem kuşağında olduğunu göstermektedir. Yaşanan depremlerden sonra bina tasarımında dikkat edilmesi gereken en önemli etkenlerden biri zemin yapısı olduğu görülmüştür. Ancak deprem anında bir binanın yıkılmasına neden olan zeminin haricinde birçok neden vardır. Bunlar yapı kalitesi, zemin yapı etkileşimi, zeminin ve yapının statik-dinamik özellikleri, zemin ve yapının deprem anındaki dinamik davranışı olarak sıralanabilir.

Bilindiği üzere riskli yapı incelemelerinde yapıya ait bilgi edinilmesinin ilk şartlarından biri beton basınç dayanımının belirlenmesidir. Beton basınç dayanımı, hasarlı-hasarsız yöntemler ile belirlenir. Bu çalışmada İzmir'deki 10 ilçede toplam 128 binada yapılan hasarsız Jeofizik yöntemle beton basınç dayanımı ve hasarlı olarak da hem Schmidt test çekici hem de aynı yerlerden alınan numunelere tek eksenli basınç deneyi uygulanarak beton basınç dayanımları belirlenmiştir. Hasarlı ve hasarsız yöntemlerden elde edilen beton basınç dayanım değerleri karşılaştırılmıştır. Tüm bu çalışmalar sonucunda Jeofizik yöntemlerin yapı riski incelemelerindeki yeri, önemi ve çözüm önerileri irdelenmiş ve yerinde beton dayanımına yönelik deneysel ilişkiler sunulmuştur. Bu ilişkilerden basınç dayanımı, yerinde P dalga hızı kullanılarak hesaplandığında $\pm 2\text{MPa}$ 'lık bir hata ile tahmin edilebilmektedir. Bina beton dayanımı tespitinde yerinde P dalga hızının kullanımı hem zaman hem de alansal bilgi sağlayacaktır.

Anahtar Kelimeler: Beton, basınç dayanımı, ultrasonik P dalgası, tahribatsız yöntemler, Schmidt test çekici

DETERMINATION of CONCRETE STRENGTH from THE IN-SITU P WAVE VELOCITY and İZMİR SAMPLE

Abstract

Earthquakes took place during historical and instrumental period in our country, have showed that Turkey is in seismically active and earthquake hazardous risk zones. It is clear that the soil-effect is one of the most important factors that need to be investigated carefully during the building design after these earthquakes. But, there are many other reasons that cause to collapse of a building except soil-effect. These can be classified as structure quality, soil-structural interaction, static-dynamic properties of the soil and structural and dynamic behavior of the soil and structural during the earthquake.

As known, at risky structure analysis, one of the first conditions of obtaining information that belong structure, determines the concrete compressive strength. The concrete compressive strength can be determined by destructive-nondestructive methods. In this study, the concrete compressive strengths have been obtained with nondestructive geophysical methods and both in-situ Schmidt test hammer and in laboratory uniaxial compression test applied to samples taken from the same places as destructive methods that performed in a total of 128 buildings in 10 districts in Izmir. The concrete compressive strength values obtained from destructive and nondestructive methods have been compared. As a result of all these studies; the place, the importance, and solution proposals of the geophysical methods in the structure risk investigation has been discussed and,

*Süleyman Demirel Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Jeofizik Müh. Bölümü, Isparta
E-posta: osmanuyanik@sdu.edu.tr

empirical relationships towards in-situ concrete strength have been presented. Concrete compressive strength from in-situ P wave velocity in these relationships can be estimated with a $\pm 2\text{MPa}$ error. Using of P-wave velocity in determining of concrete strength of building will provide both time and spatial information.

Key Words: Concrete, compressive strength, ultrasonic P-wave, nondestructive methods, Schmidt test hammer

1. Giriş

Depreme dayanıklı betonarme yapı, hiç hasar almayacak yapı anlamına gelmemektedir. Tam tersine binaya giren deprem enerjisini atmak için küçük hasarlar olması istenir ki, deprem enerjisi sönmülsün. Bu nedenle depreme dayanıklı yapı, deprem büyüklüğüne ve zeminin dinamik özelliklerine bağlı hasar oranı artan ama can kaybı oluşturmayan yapı anlamına gelmektedir.

Bir yapının depreme dayanıklı olup olmadığının tespitinde göz önüne alınan kriterlerden birisi de betonun basınç dayanımıdır. Mevcut binaların deprem açısından güvenilirliğinin belirlenmesi, klasik yöntemler kullanıldığında pahalı olmasının yanında zaman alıcı bir süreçtir. Özellikle denetlenmesi gereken mevcut yapıların sayılarının çok fazla olması, klasik yöntem olarak adlandırılan karot alımı yoluyla beton basınç dayanımının bulunması işlemi cazip olmaktan çıkarmaktadır. Bunun yerine, yaklaşık da olsa beton basınç dayanımını kısa sürede ve daha az maliyetle bulacak yöntemlere ihtiyaç duyulmaktadır. Beton dayanım değeri jeofizik yöntemlerle yerinde yapıya hasar vermeksizin daha hızlı belirlenebilmektedir [1]. Yapıya zarar vermediği için jeofizik yöntemler başka bilim dallarının problemlerinin çözümünde etkin olarak kullanılmaktadır. Örneğin arkeolojide arkeolojik yapıların konumunu, şeklini ve türünü belirlemede kullanılmaktadır [2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9]. Ayrıca kültürel miras yapıların dayanım ve diğer başka özelliklerini belirleyebilmek için yapılara zarar vermeden jeofizik yöntemler uygulanmaktadır [10, 11]. Günümüzde mevcut yapıların beton dayanımı, betonarmedeki donatı ve etriyelerin sayısı ve diğer özellikleri, yapı periyodu, yapı temel türü ve kalınlığı gibi özellikleri tahribatsız olarak belirlenebilmektedir [12]. Tahribatsız beton basınç dayanımı testinde ülkemizde ve diğer ülkelerde en çok kullanılan ultrasonik yöntem ile sismik P dalga hızıdır.

Beton basınç dayanımı, yapı tasarımında ciddi bir öneme sahip olması ve tüm statik hesapların ona göre yapılması, betonun diğer özellikleri ile paralellik göstermesi, beton sınıflarının oluşturulmasında vb. nedenlerden dolayı en çok kullanılan dayanım özelliğidir [13, 14, 15, 16]. Bu dayanım özelliğinin hasarsız tespit yöntemleri olan ultrasonik ve Schmidt test çekici yöntemleri ile de belirlenebileceği önerilmektedir [17, 18, 19, 14, 20, 24]. Ultrasonik yöntem ile beton basınç dayanımını elde etme çalışmaları yurt dışında 1950'li yılların başından beri yapılmaktadır. Bu yöntem ve diğer jeofizik yöntemler sırf mevcut binalar da değil köprü inşaatlarında, baraj gövdelerinde ve hatta restorasyon amaçlı çalışmalarda da uygulanmıştır [25, 26, 27]. Ultrasonik P dalga hızı ile basınç dayanımı haricinde betonun içindeki kırık ve çatlaklar da bulunmaktadır [26, 28]. Ayrıca birçok araştırmacı tarafından beton dayanımı ve ultrasonik P dalga hızı arasında deneysel ilişkiler elde edilmiştir [1, 24, 29, 30, 31].

Bu çalışmada 128 binada yapılan yerinde ölçümler ile [24] kaynağında önerilen ve birçok ilişkilerle kıyaslanan eşitlik (3) kullanılarak P dalga hızından basınç dayanımları ve bu çalışmadan bulunan eşitlik (4) ve (5) kullanılarak basınç dayanımları elde edilmiştir. Ayrıca 128 binada yerinde ya da laboratuarda elde edilen P dalgasından hesaplanan basınç

dayanımları, Schmidt test çekicinden hesaplanan basınç dayanımı ve karot makinesi ile alınan numuneye uygulanan tek eksenli basınç deneyi ile elde edilen basınç dayanımları arasındaki ilişkiler kıyaslanmıştır. Ek olarak bu çalışma ile riskli yapı tespiti çalışmalarında beton basınç dayanım değerini elde etmede hasarsız tespit yöntemlerin önemi vurgulanmıştır. Bu yöntemlerden ultrasonik yöntem ile hesaplanan basınç değerlerinin, tek eksenli basınç deneyinden bulunan basınç değerlerine daha yakın olduğu belirlenmiştir. Bu çalışma ultrasonik P dalgasının yerinde elde edilmesi ve bu hıza bağlı beton basınç dayanımına yaklaşım yapılması açısından önemlidir.

2. Materyal ve Metot

2.1. Schmidt Test Çekici

Schmidt test çekici yöntemi, betonun yüzey sertliği ölçme yöntemi olarak da bilinir. Bu yöntem, test çekici olarak adlandırılan bir aygıt (Şekil 2.1) yardımıyla sertleşmiş betonun yüzey sertliğinin ölçülmesi esasına dayanır. Bu testin çalışma ilkesi, elastik bir ağırlığın itilmesi ve yüzeyin sertliğine bağlı olarak bu kütlenin çarparak geri dönmesine dayanmaktadır.



Şekil 2.1. Schmidt test çekici cihazı

Schmidt test çekici ile ölçüm yapabilmek için belirli boyutlarda numune kullanılması zorunluluğu bulunmamaktadır. Schmidt test çekicinin uygulanmasıyla betonda çatlama veya kırılma oluşmadığından belki meydana gelebilecek mikro fissürlerden dolayı hafif hasarlı deney yöntemi de söylenebilir. Schmidt test çekici işlemi başlamadan önce uygulanacak yüzeyin pürüzsüz, düz ve nemsiz olması gerekmektedir. Bundan dolayı öncelikli olarak zımpara taşı gibi aletler ile Şekil 2.2 deki gibi yüzeyin temizlenmesi doğru olacaktır. Eğer çalışılacak alan üzerinde sıva var ise kaldırılıp direk beton üzerinde Schmidt test çekici (Şekil 2.3) uygulanmalıdır. Ancak unutulmamalıdır ki Schmidt test çekicinden elde edilen veriler basınç dayanımını doğrudan vermez. Destekleyici ve yakın değerler vermektedir. Doğru değerler vermesi için kalibrasyon işlemi yapılmalıdır. Betona çarptıktan sonraki elde edilen skala değeri ile bir takım katsayılar çarpılarak beton basınç dayanımı değeri elde edilmeye çalışılmaktadır.



Şekil 2.2. Yüzeyi pürüzsüz hale getirme işlemi



Şekil 2.3. Yerinde yapılan Schmidt test çekici uygulaması

2.2. Karot Makinesi ile Numune Alımı

Mevcut bir betonun basınç dayanımının tespiti, en gerçekçi olarak, betondan karot numunesi alınıp bu numunenin tek eksenli basınç deneyine tabi tutulmasıyla yapılabilmektedir. Ancak karot numunesi alımı mevcut yapıyı tahrip etmesinden dolayı mümkün olduğunca az sayıda uygulanması ve mutlaka ehil kişiler tarafından yapılması gereken bir yöntemdir [21].

Sertleşmiş betondan kesilerek çıkartılan silindirik şekilli numunelere “karot” denilmektedir. Karot, beton elemanlarına ve yapıya önemli hasar vermeden ve yapıyı riske atmadan mühendislik kaidelerine uygun bir şekilde alınmalıdır (Şekil 2.4). Yapının ve yapı elemanlarının taşıma gücünü etkilemeyecek yerden seçilmelidir. Karot alım işleminde taşıyıcı elemanın gücü belirlemek amaçlanıyorsa en büyük kesit ortalaması ve en düşük dayanım beklenen yerler tercih edilmelidir. Fakat karot beton elemanlarının en çok zorlanan bölgesinden alınmamalıdır [22].



Şekil 2.4. Karot makinesi ile numune alımı

2.3. Tek Eksenli Basınç Deneyi

Betona gelen yükler sonucunda betonda meydana gelen şekil değişikliklerine ve kırılmaya karşı betonun gösterdiği dirence beton dayanımı denilmektedir [20, 23]. Betonun kırılma anındaki okunan en büyük yük değerinin numunenin kesit alanına bölünmesi ile hesaplanır (Eşitlik 1). Yöntem silindir veya küp şeklinde hazırlanan numunelerin üzerinden düşey eksen boyunca basınç uygulanması ile gerçekleştirilmektedir (Şekil 2.5).



Şekil 2.5. Küp ve silindirik numunelerin tek eksenli basınç deneyine tabi tutulması

Deney yapılırken öncelikle yükleme yüksekliği ayarlanabilir bir üst tabla ile oynar ve hareketli alt tabla arasına deney örneği yerleştirilir. Oynar başlık alt tablanın altındaki pistonun silindirine bir pompa yardımıyla yağ basılır. Yağın basıncı alt tablayı yukarı yönde iterek örneğin kırılmasına yol açar. Bu arada haznedeki basınç kuvveti bir dinamometre ile ölçülür. Örneğe uygulanan gerilmenin düzgün dağılmasının sağlanması için, örnek yüzeylerinin pürüzlü olmaması gerekir.

$$f_c = \frac{F}{A} \quad (1)$$

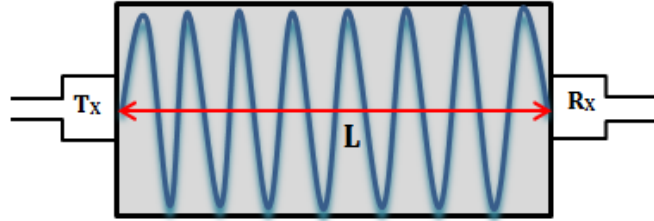
f_c : Basınç dayanımı, MPa, (N/mm²)

F: Kırılma anında ulaşılan en büyük yük

A: Numunenin, üzerine basınç yükünün uygulandığı en kesit alanı, (mm²)

2.4. Ultrasonik Yöntem

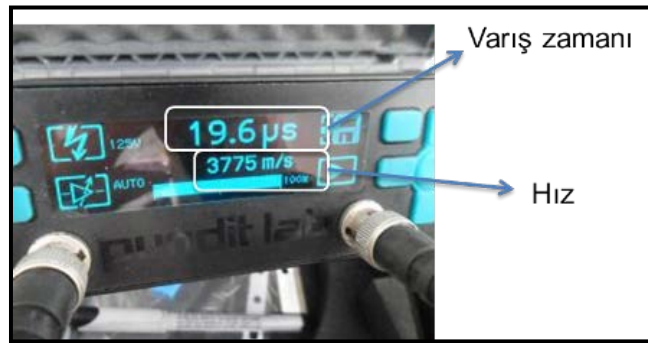
Bir binanın risk analizi hakkında yorum yapabilmek için birçok parametreye ihtiyaç vardır. Bunlar zemin değerleri, statik değerler, mimari değerler, malzeme bilgisi gibi faktörler olarak sıralanabilir. Bilindiği üzere betonun özelliklerinin arasında en önemli yeri dayanım (mukavemet) özelliği almaktadır. Bu dayanım tahribatlı yöntem olan karot alımı ve laboratuvarında basınç yöntemleri ile belirleneceği gibi Jeofizik yöntemlerden biri olan ultrasonik yöntem ile yerinde yapıya hasar vermeden de belirlenebilmektedir. Dayanım belirlemede sismik hızlardan P dalga hızı kullanılmaktadır. Bunun yanında S dalgasının ölçülmesi sonucunda da betonun elastik modülleri, mekanik ve fiziksel özellikleri daha iyi yorumlanabilir. Ultrasonik cihazda bir verici (Tx) ve bir alıcı (Rx) prob vardır (Şekil 2.5). Kullanılan P dalga problarının frekansı 50kHz'dir. Bu dalganın frekansları 20–250kHz arasında uygulanmaktadır. Numunenin bir tarafından dalga gönderilirken diğer taraftan dalga geliş zamanı kaydedilir ve Tx ile Rx arasındaki uzaklığın (L) zamana (t) oranından hız (V) belirlenir (Eşitlik 2).



Şekil 2.5. Numune üzerinde sismik hız ölçümünün şematik gösterimi

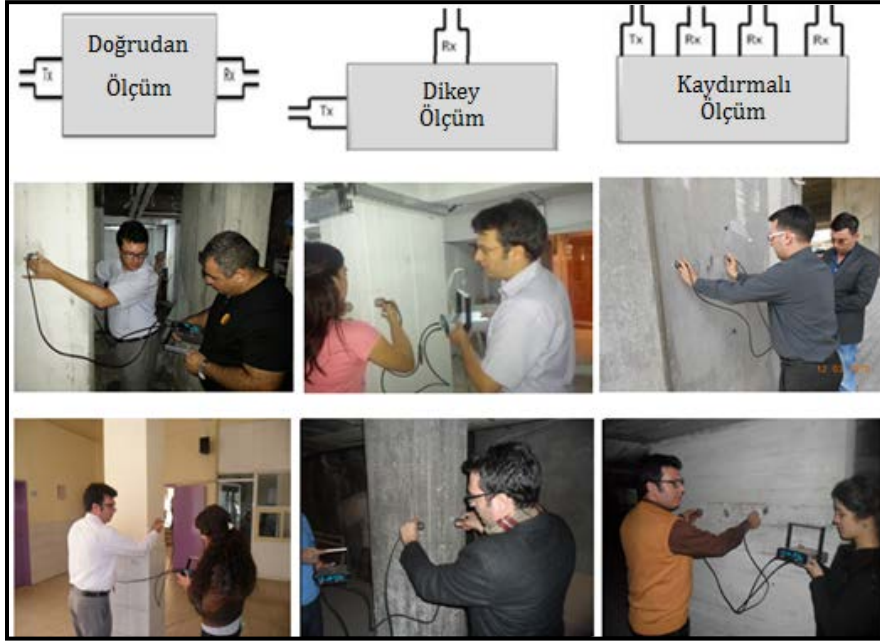
$$V = \frac{L}{t} \quad (2)$$

Bu yöntem ile numune üzerinde ve yerinde bina, köprü, yol malzemeleri gibi her türlü yapıda ölçümler yapılabilir. Ultrasonik dalgaların beton içerisindeki seyahat sürelerinin ölçülmesi ile betonun homojen dağılıp dağılmadığı, beton içerisinde çatlak ya da boşluk olup olmadığı ve mekanik özelliklerini belirlemenin yanı sıra beton içerisindeki kırık, boşluk ve bozuşma durumu da tespit edilebilir[1]. Ultrasonik test cihazı mevcut yapılarda betonların dayanımlarının tayin edilmesinde kullanılabilir. Cihazın çalışma prensibinin numunede herhangi bir tahribata sebebiyet vermemesi nedeni ile bu cihaz, hasara duyarlı binalarda, tarihi yapılarda ve mevcut yapılarda geniş ölçüde kullanılmaktadır [12].



Şekil 2.6. Sismik hızın cihaz üzerinde gösterimi

Ultrasonik ölçüm uygulanırken alıcı ve vericinin konumlarına göre farklı ölçüm teknikleri bulunmaktadır. Cihazı alıcı ve verici uçları karşılıklı yüzeylere yerleştirilerek ölçüm yapılabildiği gibi, komşu yüzeylere ve aynı yüzeyde kaydırma şeklinde yerleştirilerek de yapılabilir (Şekil 2.7.). Burada en kolay sonuç, karşılıklı olarak paralel okunan değerlerle elde edilir. Ancak yüzeylerin düzgün olmaması ya da köşe elemanlar gibi karşılıklı yüzeylerin görülememesi durumunda komşu yüzeylere uygulama veya aynı yüzeye uygulama da gerçekleştirilebilir.



Şekil 2.7. Yerinde ultrasonik ölçüm tekniklerinin gösterimi

Ölçüm yolu uzaklığı, beton ölçüm noktaları arasındaki uzaklık olarak alınır. Doğrudan ölçüm tekniğinde en kısa olan dik mesafedir ve % 1 hassasiyette ölçülerek kaydedilir. Dikey ölçüm tekniğinde ise Pisagor bağlantısı ile mesafe elde edilir. Bu teknikler ile kolon ve kirişler üzerinde ölçüm yapılabildiği gibi alınan numuneler üzerinde de ölçümler yapılabilir (Şekil 2.8). Fakat yöntemin doğrudan kolon ve kirişler üzerinde uygulanması daha doğrudur. Karotlar üzerinde basınç deneyi yapılmadan önce ultrasonik yöntem ile P ve S dalga hızları belirlenir ve sonra tek eksenli basınç değeri elde edilirse hızlar ile basınç değerleri karşılaştırılmış olur [12].



Şekil 2.8. Numuneler üzerinden ultrasonik yöntemin uygulanması

3. Bulgular

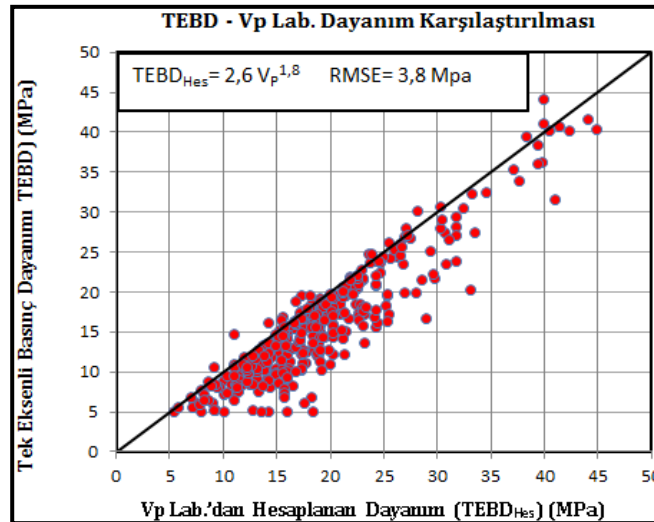
Bu çalışmada İzmir ilinin, Bornova, Bayraklı, Balçova, Buca, Çiğli, Gaziemir, Karşıyaka, Karabağlar, Konak ve Narlıdere ilçelerinde yapı inceleme araştırmaları yapılarak bina deprem risk analizleri için gerekli parametreler belirlenmeye çalışılmıştır. Bu ilçelerden Bornova'da 71, Bayraklı'da 6, Balçova'da 7, Buca'da 4, Çiğli'de 3, Gaziemir'de 1, Karşıyaka'da 17, Karabağlar'da 6, Konak'da 11 ve Narlıdere'de 2 olmak üzere toplam 128 binada bina deprem risk analizleri yorumlanmıştır. İncelenen binaların 7'si resmi bina, 121'i özel binadır. Bu binalardan, tahribatlı bir yöntem olan, sayısının artırılması durumunda yapıya zarar veren ve alınan yerlerin özel tamir harçları ile doldurularak yapı heterojenliğini artıran karot alımı yapılmıştır. Karot alımı yapılmadan önce yerinde ultrasonik P dalga ve Schmidt test çekiç ölçümleri yapılmıştır. Ayrıca alınan karotlar üzerinde laboratuarda ultrasonik P dalga ölçümünden sonra tek eksenli basınç deneyi yapılarak beton dayanımı belirlenmiştir. Ultrasonik yöntemden hesaplanan P dalga hız değerleri ve eşitlik 3 [24] kullanılarak yerinde beton basınç dayanımı belirlenmiştir.

$$f_c = 2.6V_p^{1.8} \quad (3)$$

f_c : P dalga hızından beton basınç dayanımı (MPa)

V_p : P dalga hızı (m/s)

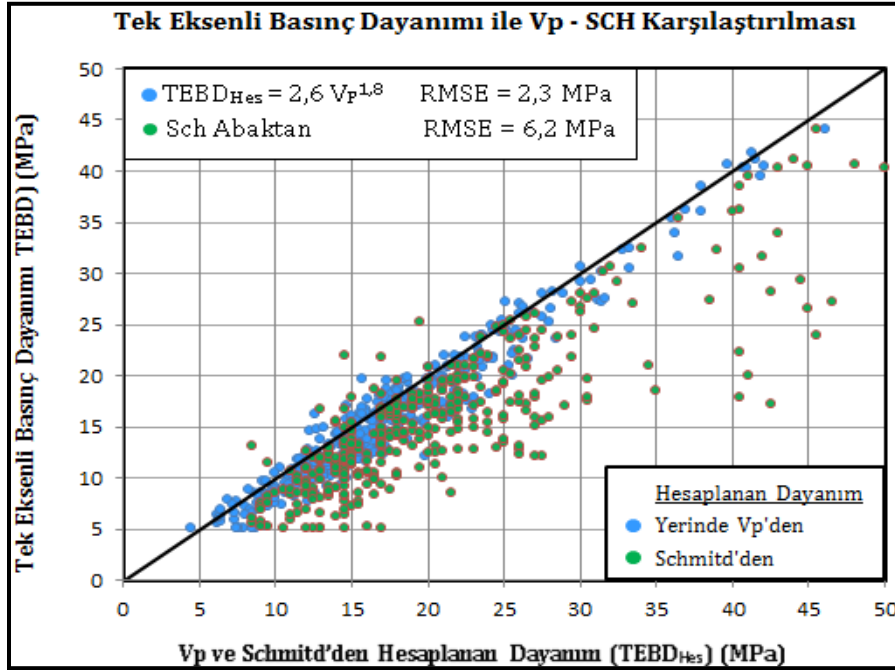
Eşitlik 3 kullanılarak yerinde ve laboratuarda elde edilen P dalga hızından hesaplanan basınç dayanım değerleri, yerinde Schmidt test çekicinden hesaplanan dayanım değerleri ve tek eksenli basınç dayanımı değerleri arasındaki karşılaştırmalar Şekil 3.1, 3.2'de sunulmuştur. Laboratuarda, karotlar üzerinde ölçülen P dalga varış zamanları kullanılarak hız hesabı ve eşitlik (3) kullanılarak dayanım hesabı yapılmıştır. Bu hesaplanan dayanım ile tek eksenli basınç dayanım değerleri Şekil 3.1'de karşılaştırılmıştır. Şekil incelendiğinde V_p değerinden hesaplanan dayanım değerleri tek eksenli basınç dayanım değerinden daha büyük çıktığı verilerin çoğunlukla doğrunun altında çıkmasından anlaşılmaktadır.



Şekil 3.1. Ölçülen ve Hesaplanan (Laboratuar V_p) TEBD Karşılaştırılması

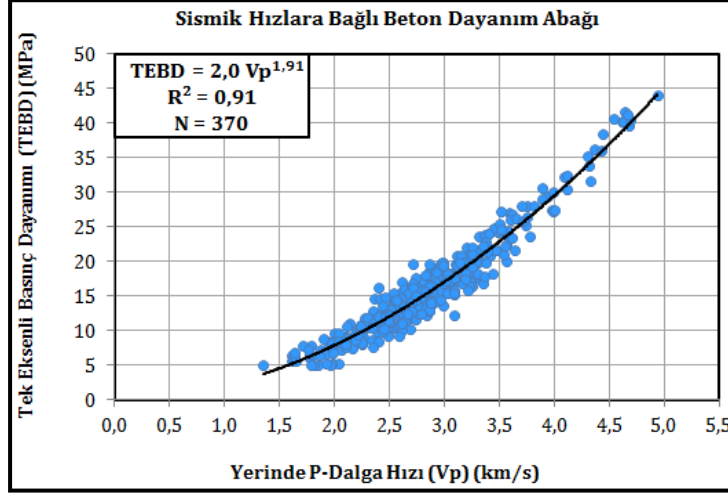
Şekil 3.2'de ise yerinde elde edilen P dalga hızı ve Eşitlik (3) ilişkisi kullanılarak hesaplanan dayanım, Schmidt test çekicinden hesaplanan dayanım ve tek eksenli basınç dayanım değerleri karşılaştırılmıştır. V_p 'den elde edilen dayanımlar ile tek eksenliden elde edilen

dayanımlara göre hata payı yaklaşık 2,3MPa düzeylerindeki, Schmidt test çekicinden ve tek eksenli basınç deneyinden elde edilen dayanımların hata payı yaklaşık 6,2MPa olarak elde edilmiştir. Bu iki hata payına bakıldığında riskli yapı tespiti araştırmalarında en önemli parametrelerden biri olan beton basınç dayanım değerini bulurken V_p 'den elde edilen dayanım değerlerinin Schmidt test çekicinden elde edilen dayanım değerlerine göre daha doğruya yakın değerler elde edildiği görülmüştür. Şekil 3.2 incelendiğinde P dalga hızından elde edilen dayanım değerlerinin doğru civarında az bir saçılım gösterirken Schmidt test çekicinden elde edilen dayanım değerlerinin çok saçıldığı görülmektedir. Bu saçılım çoğunlukla doğrunun altında çıkması ile de dayanım değerinin olduğundan daha fazla bulunmasını sağlayacağı ve bunun da beton dayanımı tespiti açısından riskli olacağı açıktır. Örneğin Şekil 3.2 de tek eksenli basınç dayanım değeri 5, 17 ve 40MPa olan değerlerine karşılık yerinde yapılan Schmidt test çekici değerinden hesaplanan dayanım değerleri sırasıyla 7-17MPa, 13-43MPa ve 43-50MPa arasında değiştiği görülmektedir. Saçılma düşük ve yüksek dayanım değerlerinde daha az iken orta dayanım değerlerinde yüksek olduğu görülmektedir. Bu durum deneye karşı güvenilirliği düşündürmektedir.



Şekil 3.2. Ölçülen ve Hesaplanan (Yerinde V_p ve Schmidt test çekicinden) TEBD Karşılaştırılması

Şimdiye kadar ultrasonik cihazından elde edilen V_p değerlerinin dayanıma dönüştürülen bu sonuçlar eşitlik (3) kullanılarak elde edilen sonuçlardı. Bu çalışmada elde edilen veriler kullanılarak da P dalga hızından dayanım ilişkileri elde edilmiştir. Bu ilişkiler yerinde Şekil 3.3 ve laboratuarda Şekil 3.4'de sunulmuştur.



Şekil 3.3. Yerinde P dalga hızı ve TEBD arasındaki ilişki

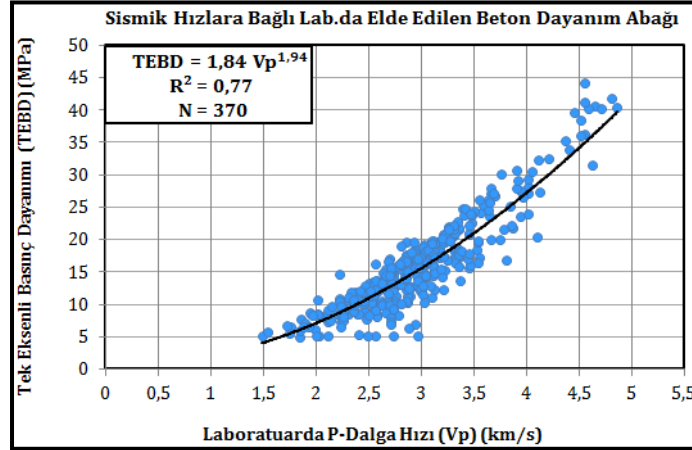
Yerinde P dalga hızı ve tek eksenli basınç dayanım değerlerinden elde edilen dayanım ilişkisi;

$$f_c = 2V_p^{1,91} \quad (4)$$

ve laboratuarda P dalga hızı ve tek eksenli basınç dayanım değerlerinden elde edilen dayanım ilişkisi;

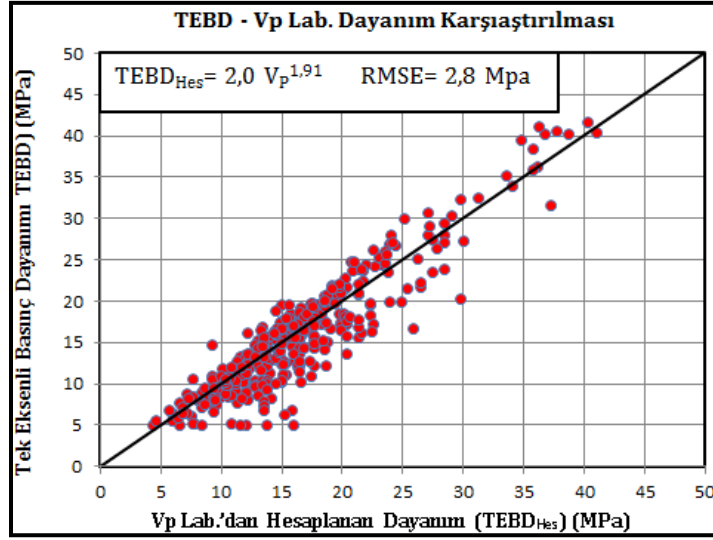
$$f_c = 1,84V_p^{1,94} \quad (5)$$

eşitlikleri ile verilmiştir.

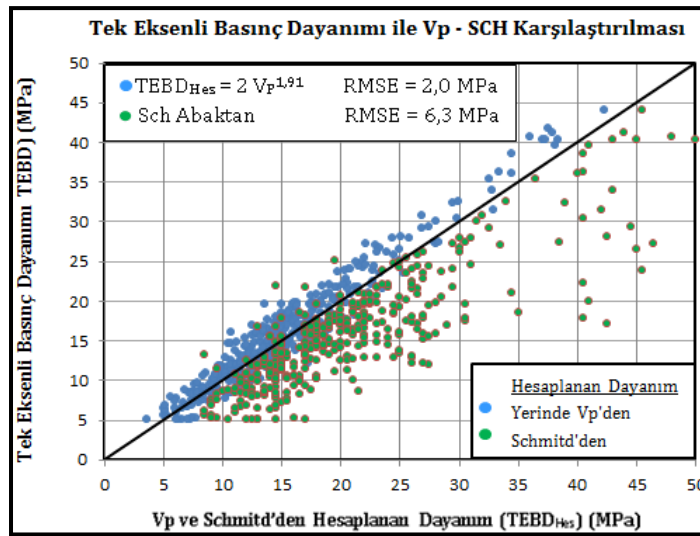


Şekil 3.4. Laboratuarda P dalga hızı ve TEBD arasındaki ilişki

Eşitlik (4) ve (5) kullanılarak dayanım hesapları yapılmış ve tek eksenli basınç dayanım değerleri ile Şekil 3.5 ve 3.6 karşılaştırılmıştır. Şekil 3.5 incelendiğinde laboratuarda P dalga hızından elde edilen dayanım değerleri arasındaki hata miktarı 2.8MPa civarında iken Şekil 3.6'da yerinde P dalga hızlarından elde edilen dayanım hata miktarı 2MPa civarındadır.



Şekil 3.5. Ölçülen ve Hesaplanan (Eşitlik 4 den) TEBD karşılaştırılması



Şekil 3.6. Ölçülen ve Hesaplanan (Eşitlik 4 ve Schmidt test çekici değerinden) TEBD karşılaştırılması

Şekil 3.6'da Schmidt test çekicinden elde edilen dayanım değerindeki hata payının 6,3MPa civarında elde edildiği görülmüştür. Aynı zamanda Şekil 3.6 da Schmidt test çekicinden ve yerinde Vp hızlarından elde edilen dayanım değerleri ile tek eksenli basınç dayanım değerleri karşılaştırılmıştır. Şekilden de görüleceği üzere yerinde P dalga hızından elde edilen hata oranı Schmidt test çekicinden elde edilene göre daha azdır. Buda yerinde ultrasonik deneyin Schmidt test çekicinden elde edilen değerlerin kıyaslanması durumunda daha iyi sonuçlar verdiğini göstermektedir.

Tüm yapılarda kullanılan P dalga hızının dayanıma çevrildiği ilişki 3'de hata payı 2,3MPa değeri bulunmuşken bu çalışmada bulunan ilişki 4'deki hata payının 2.0MPa değeri elde edilmiştir. Bu da bu çalışmada bulunan bağıntı ile elde edilen dayanım değerlerinin Eşitlik (3)

kullanılarak elde edilen dayanım değerleri ile birbirine yakın hata değeri vermesi açısından birbirlerini desteklemektedir. Ancak Schmidt test çekicinden elde edilen dayanım değerindeki hata payının ortalama 6,3MPa civarında olması, riskli binalarda sağlam yorumu yaptırarak ciddi sorunlar çıkmasına neden olacaktır. Ayrıca yerinde elde edilen P dalga hızı ile beton kalitesi hakkında bilgi verilebilir. Bunun için [25] ve [24] sınıflamalarından Tablo 1 [1] tarafından oluşturulmuştur.

Tablo 1. Sismik hızlara bağlı olarak beton kalite sınıflaması [1].

	Beton Kalitesi	Çok İyi	İyi	Orta	Zayıf	Çok Zayıf
Whitehurst (1951)	V _P (m/s)	>4500	3650-4500	3050-3650	2000-3050	<2000
Uyanık vd. (2011)	V _P (m/s)	>4565	3515-4565	2930 3515	2110-2930	<2110

Bu çalışmada araştırılan 128 binanın yerinde P dalga hızları 1355-4941m/s arasında değişmekte olup bu hızlar ve Tablo 1 dikkate alındığında İzmir de çalışılan binaların 3 adedinin beton kalitesi çok iyi, 13 iyi, 34 orta, 66 zayıf ve 12 çok zayıf olduğu belirlenmiş ve Tablo 2’de sunulmuştur. Bu durumun İzmir’in ilçelerindeki dağılımı da Tablo 2’de ayrıntılı olarak verilmiştir. Buna göre Bornova da çalışılan 72 adet binanın %60’nun beton dayanımı zayıf sınıfındadır. Karşıyaka da ise çalışılan binaların %65 zayıf sınıfındadır. Tablo 2 de sunulan diğer ilçelere ait değerlere bakıldığında çalışılan binaların ortalama %50 üzerinde zayıf dayanımlı beton sınıfı sunmaktadır. Bu durum İzmir ili olarak genelleştirilirse durumun bina beton dayanımı açısından vahim olduğu anlaşılmaktadır.

Tablo 2. İzmir’de çalışılan binaların beton dayanım sınıflaması

İZMİR'İN İLÇELERİNE GÖRE BETON DAYANIM SINIFLAMASI						
İLÇELER	DAYANIM GRUBU					TOPLAM
	ÇOK İYİ	İYİ	ORTA	ZAYIF	ÇOK ZAYIF	
Bornova	3	5	21	36	7	72
Bayraklı	--	--	1	3	2	6
Balçova	--	1	1	5	--	7
Buca	--	--	1	2	1	4
Çiğli	--	--	2	1	--	3
Gazimir	--	--	--	1	--	1
Konak	--	4	3	5	--	12
Karşıyaka	--	2	4	9	2	17
Karabağlar	--	1	1	2	--	4
Narlıdere	--	--	--	2	--	2
TOPLAM	3	13	34	66	12	128

4. Sonuçlar ve Öneriler

Bu çalışma İzmir ilinin 10 ayrı ilçesinde (Bornova, Bayraklı, Balçova, Buca, Çiğli, Gaziemir, Karşıyaka, Karabağlar, Konak, Narlıdere) yürütülmüştür. Yapı incelemeleri kapsamında yapıların yerinde beton dayanımını belirlemek amacı ile Ultrasonik P-dalga ölçümü, Schmidt test çekici ve karot alımı ile tek eksenli basınç dayanım çalışmaları yapılmıştır.

Yerinde ve laboratuardaki P-dalga hızları ve Tek eksenli basınç dayanım değerleri arasında üssel ilişkiler elde edilmiştir. Bu ilişkilerden tahmin edilen beton dayanım değeri en az hata ile yerinde P-dalga ölçümlerinden elde edilmiştir. Bu durum doğru hız tespiti sonucunda beton dayanım değerine ulaşmayı ve beton dayanımı ile ilgili noktasal değil alansal bilgi elde ederek çalışılan alanın dayanım haritası çıkarmak mümkün kılar.

Schmidt test çekicinden elde edilen dayanım değeri ile tek eksenli basınç dayanım değerleri karşılaştırıldığında büyük bir saçılım ve yüksek hata elde edilmiştir. Schmidt test çekicinden hesaplanan dayanım değerleri tek eksenli basınç dayanım değerlerinden daha büyük bir değer vermesiyle de riskli sonuçlar üretmektedir.

Çalışılan mevcut binaların beton dayanımı açısından %60'ı zayıf, %26'ı orta ve %14'ü iyi olarak belirlenmiştir.

Yapılan tüm çalışmalar sonucunda ultrasonik P dalga hızından elde edilen beton dayanım değerlerinin Schmidt test çekicine göre daha doğru ve tek eksenli basınç dayanım değerlerine daha yakın elde edildiği görülmüştür. Böylece Schmidt test çekicinden elde edilen dayanım değerlerindeki hata payının daha fazla olması nedeni ile P dalga hızından elde edilen beton dayanım değerlerinin daha kullanışlı olduğu belirgindir. Bu şekilde bina deprem risk analizi yapıldığında binaya hasar veren, homojenliğini bozan ve zaman kaybına neden olan karot makinesi ile sürekli numune almaktansa numune sayısını azaltacak, en doğru destekleyici basınç değerini veren ultrasonik yöntemin önemi vurgulanmakta ve mevcut yapılarda beton dayanımı tespiti için kullanılması önerilmektedir.

Bir sorunu çözmek için artık birden fazla meslek disiplininin parametrelerine ihtiyaç duyulmaktadır. Özellikle binaların statik projelerinde yapı tasarımını belirleyen önemli parametre olan beton basınç dayanımı tespitinde direk hasarlı çalışmalar haricinde tüm jeofizik yöntemler gibi hasarsız olan ultrasonik yönteminin de önemi görülmüştür. Yapıya zarar vermeden elde edilen basınç dayanımı jeofizik yöntem ile belirlendiği düşünüldüğünde yeraltı sorunlarına çözüm üreten jeofizik mühendisliğinin yerüstü yapıların incelenmesinde de ne kadar faydalı olduğu aşikardır. Yapı incelemelerinde ve riskli yapı tespitinde jeofizik mühendisliği olmazsa olmaz bir çözüm ortağı olduğu düşünülmektedir.

Teşekkür

Bu çalışma esnasında katkılarını ve desteğini esirgemeyen Bornova Belediyesi Başkanlığına, düşünceleri ve eleştirileriyle makaleye katkı koyan Prof. Dr. M. Ali Kaya hocamıza teşekkür ederiz. Bu çalışma Sinancan Öziçer'in SDÜ Fen Bilimleri Enstitüsü yüksek lisans tezinin bir kısmını oluşturmaktadır.

Kaynaklar

- [1] Uyanık O., 2012. Sismik Hızlardan Beton Dayanımının Belirlenmesi. Jeofizik Bülteni, 23(70), 25-30.
- [2] Ciminale M. ve Ricchetti E., 1999. Non-destructive exploration in the archaeological park of Metaponto (Southern Italy). J. Archaeol. Prospect. 6, 75-84.
- [3] Candansayar M.E., Ulugergerli E.U., Batmunkh D., Tosun S. ve Gündoğdu B., 2001. Doğru akım öz direnç verilerinin 2-B ters çözümü ve iki yönlü gradyen dönüşümü ile arkeolojik yapıların aranması: Moğolistan'daki Türk anıtları etrafında yapılan jeofizik çalışmalar. Jeofizik, 15, 105-123.
- [4] Drahor M.G., Berge M.A., Kurtulmus T.Ö., Hartmann M. ve Speidel M.A., 2008. Magnetic and electrical resistivity tomography investigations in a Roman legionary camp site (Legio IV Scythica) in Zeugma, Southeastern Anatolia, Turkey. Archaeological Prospection, 15(3), 159-186.
- [5] Kadioğlu S. ve Kadioğlu Y.K., 2010. Picturing internal fractures of historical statues using ground penetrating radar method, Advances in Geosciences, 24, 23-34.
- [6] Drahor M.G., 2011. A review of integrated geophysical investigations from archaeological and cultural sites under encroaching urbanisation in İzmir, Turkey, Physics and Chemistry of the Earth, 36 (16), 1294-1309
- [7] Papadopoulos N.G., Sarris A., Salvi M.C., Dederix S., Soupios P. ve Dikmen U., 2012. Rediscovering the small theatre and amphitheatre of ancient Ierapytna (SE Crete) by integrated geophysical methods. Journal of Archaeological Science 39,1960-1973.
- [8] Ekinci Y.L., Kaya M.A., Başaran C., Kasapoğlu H., Demirci A. ve Durgut C., 2012. Geophysical Imaging Survey in the South Necropolis at the Ancient City of Parion (Kemer-Biga), Northwestern Anatolia, Turkey: Preliminary Results. Mediterranean Archaeology and Archaeometry, 12(2), 145-157.
- [9] Ekinci Y.L., Balkaya Ç., Şeren A., Kaya M.A. ve Lightfoot C., 2014. Geomagnetic and Geoelectrical Prospection for Buried Archaeological Remains on the Upper City of Amorium, a Byzantine City in Midwestern Anatolia, Turkey. Journal of Geophysics and Engineering, 11,s.17.
- [10] Soldovieri F., Dumoulin J., Masini N. ve Utsi E., 2011. Noninvasive Sensing Techniques and Geophysical Methods for Cultural Heritage and Civil Infrastructures Monitoring. International Journal of Geophysics doi:10.1155/2011/487679
- [11] Moropoulou A., Labropoulos K.C., Delegou E.T., Karoglou M. ve Bakolas A., 2013. Non-destructive techniques as a tool for the protection of built cultural heritage. Construction and Building Materials, 48,1222–1239.

- [12] Uyanık O., 2014. Klasik ve Jeofizik Yöntemlerle Yapı İncelemeleri (Yapı Jeofiziği). TMMOB Jeofizik Mühendisleri Odası, JFMO Eğitim Yayınları No:19. ISBN:978-605-01-0643-5. s:80.
- [13] Akman M.S., 1990. Yapı Malzemeleri, İTÜ İnşaat Fakültesi Yayını, Sayı. 1408, 162 s., İstanbul,
- [14] Arıoğlu E. ve Arıoğlu N., 1998. Üst ve Alt Yapılarda Beton Karot Deneyleleri ve Değerlendirilmesi, Evrim Yayınevi, 512, İstanbul,
- [15] Ekmekyapar T. ve Örüng İ., 2001. İnşaat Malzeme Bilgisi. Atatürk Üniv. Ziraat Fakültesi Yayınları, 234 s, Erzurum.
- [16] Arıoğlu E. ve Arıoğlu N., 2005. Üst ve Alt Yapılarda Beton Karot Deneyleleri ve Değerlendirmesi (2. baskı). Evrim Yayınevi, 625, İstanbul.
- [17] Akman M.S. ve Sevim İ., 1981. Birleşik Yıkıntısız Yöntem İle Beton Dayanımının Belirlenmesinde Etkenler Tübitak VII Ulusal Bilim Kongresi, 1981, İzmir, 42-44
- [18] Akman M.S. ve Güner A., 1984. The Applicability of Sonreb Method on Damaged Concrete. Material sand Structures, 99, 195-200.
- [19] Yüksel İ., 1995. Bileşik Yıkıntısız Beton Deneyleleri ile Beton Mukavemetinin Belirlenmesi ve Betonarme Bir Yapıda Uygulanması. Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi, 92, İstanbul.
- [20] Erdoğan T.Y., 2003. Beton, METU Yayınları, 741 s, Ankara.
- [21] İlhan İ., 2003. Beton Karot Numunesi Alımı, Türkiye Mühendislik Haberleri Dergisi, 423, 66-67.
- [22] Akçay B., 2000. İstanbul Binalarında Karot Yardımıyla Beton Nitelik Denetimi. Kocaeli Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 84, Kocaeli.
- [23] Bayülke N., 2001. Depreme Dayanıklı Betonarme ve Yığma Yapı Tasarımı, İzmir, TMMOB İnşaat Mühendisleri Odası İzmir Şubesi Yayın No:27., İzmir
- [24] Uyanık O., Kaptan K., Gülay F.G. ve Tezcan S., 2011. Beton Dayanımının Tahribatsız Ultrasonik Yöntemle Tayini, Yapı Dünyası 184, 55-58.
- [25] Whitehurst E.A., 1951. Soniscope Test Concrete Structures, ACI Journal Proceedings, 47, 443-444.
- [26] Parker W.E., 1953. Puls Velocity Testing of Concrete, Proceedings, American Society for Testing Materials, 53,1033-1042.

- [27] Kaya M.A. ve Öz Özer G., 2013. Geophysical Applications for the Purpose of Supporting Restoration Projects, 20. The International Geophysical Congress & Exhibition of Turkey, 25-27 November.
- [28] Leslie J.R. ve Cheesman W.J., 1949. An Ultrasonic method of Studying Deterioration and Cracking in Concrete Structures, ACI J. Proc., 46(1), 17
- [29] Qasrawi Hisham Y., 2000. Concrete Strength by Combined Nondestructive Methods, Simply and Reliably Predicted. Cement and Concrete Research, 3, 739-746.
- [30] Khan Shibli RM., 2001. Effectiveness of Nondestructive Test Technique to Assess the quality of Concrete. Universiti Putra Malaysia, Serdang, Selangor.
- [31] Aydın F., 2005. Beton Kalitesinin Tahribatlı-Tahribatsız Testlerle Belirlenmesi ve Karşılaştırılması. Sakarya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 96, Sakarya.