



The Effect of Reinforcement on Seismic Velocities in Low Strength Reinforced Concrete

Nevbahar Ekin¹, Nurten Ayten Uyanik² and Osman Uyanik¹

¹ Suleyman Demirel University, Faculty of Engineering West Campus, 32260 Cunur-Isparta, Türkiye

² Isparta University of Applied Sciences Vocational School of Technical Sciences Department of Occupational Health and Safety 32260 Cunur, Isparta, Türkiye

ORCID: 0000-0003-4959-8077, 0000-0002-8912-0361, 0000-0002-7089-4340

Keywords

Concrete, Reinforcement, Strength, Seismic velocities, Statistical relationships

Highlights

- * Effect of reinforcement diameter on seismic velocity
- * Effect of reinforcement diameter on concrete strength
- * Comparisons of reinforced and unreinforced concrete

Aim

It is aimed to reveal the effects of reinforcement diameter on seismic P and S wave velocities and concrete strength

Location

This study was applied on reinforced concrete produced in the laboratory in Türkiye.

Methods

Ultrasonic method
Uniaxial compressive strength test

Results

In low-strength concretes, as the reinforcement diameter increases, seismic P and S wave velocities decrease while concrete strength values increase

Supporting Institutions

The author(s) declared that this study has used no support data from other institutions

Financial Disclosure

The author(s) declared that this study has received no financial support

Peer-review

Externally peer-reviewed

Conflict of Interest

The authors have no conflicts of interest to declare

Manuscript

Research Article

Received: 23.03.2023

Revised: 02.05.2023

Accepted: 17.05.2023

Printed: 30.06.2023

DOI

10.46464/tdad.1269738

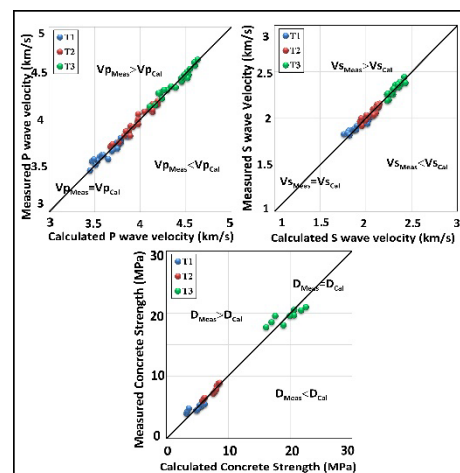


Content of this journal is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International Non-Commercial License

Corresponding Author

Nevbahar Ekin

Email: nevbaharsabbag@sdu.edu.tr



Figure

Comparison of measured and calculated P and S wave velocities and compressive strengths of low strength concretes (Design 1:T1, Design 2:T2; and Design 3:T3)

How to cite:

Ekin N., Uyanik N.A., Uyanik O., 2023. The Effect of Reinforcement on Seismic Velocities in Low Strength Reinforced Concrete, Turk Deprem Arastirma Dergisi 5(1), 33-47, <https://doi.org/10.46464/tdad.1269738>



Düşük Dayanımlı Donatılı Betonlarda Donatının Sismik Hızlara Etkisi

Nevbahar Ekin¹, Nurten Ayten Uyanık² ve Osman Uyanık¹

¹ Süleyman Demirel Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi Batı Yerleşkesi, 32260 Çünür- Isparta, Türkiye

² Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi Turizm Fakültesi, Teknik Bilimler Meslek Yüksekokulu, İş Sağlığı ve Güvenliği Bölümü, 32260 Çünür-Isparta, Türkiye

ORCID: 0000-0003-4959-8077, 0000-0002-8912-0361, 0000-0002-7089-4340

ÖZET

Depremlerden sonra meydana gelen yıkım ve ileri derece hasarların nedenlerini incelemek için yapılan saha çalışmalarında, binalardaki yıkımın asıl kaynaklarından birinin betonarme elemanlara yanlış çap ve sayıda yerleştirilen düz (nervüzsüz) donatılar olduğu ortaya çıkmıştır. Donatılardaki bu durum beton dayanımını olumsuz yönde etkileyerek çok sayıda yapının yıkılmasına veya ağır hasar almasına sebep olmuştur. Bu amaçla farklı mukavemet özellikleri gösteren düşük dayanımlı donatılı ve donatısız numunelerde, donatının sismik ultrasonik hızlarda neden olduğu değişim irdelenmiştir. Bu kapsamda, sismik ultrasonik boyuna-P ve enine-S dalga ölçüleri alınarak sonuçlar birbirleri ile karşılaştırılmıştır. Daha sonra tek eksenli basınç deneyinin uygulanmasıyla dayanım değerleri belirlenerek sismik ultrasonik hızlardan elde edilen sonuçlarla karşılaştırılmıştır. Buna göre, düşük dayanımlı betonlarda donatı çapı arttıkça beton dayanımında artış, ancak beton ile donatı arasındaki temas yüzeyinin azalmasına bağlı olarak sismik ultrasonik P ve S dalga hızlarında azalma gözlenmiştir.

Anahtar kelimeler

Beton, Donatı çapı, Dayanım, Sismik hızlar, İstatistiksel ilişkiler

Öne Çıkanlar

- * Donatı çapının sismik hız etkisi
- * Donatı çapının beton dayanımına etkisi
- * Donatılı ve donatısız beton karşılaştırmaları

Makale

Araştırma Makalesi

Geliş: 23.03.2023

Düzeltilme: 02.05.2023

Kabul: 17.05.2023

Basım: 30.06.2023

DOI

10.46464/tdad.1269738

Sorumlu yazar

Nevbahar Ekin

Eposta:

nevbaharsabbag@sdu.edu.tr

The Effect of Reinforcement on Seismic Velocities in Low Strength Reinforced Concrete

Nevbahar Ekin¹, Nurten Ayten Uyanık² and Osman Uyanık¹

¹ Suleyman Demirel University, Faculty of Engineering West Campus, 32260 Cunur-Isparta, Türkiye

² Isparta University of Applied Sciences Vocational School of Technical Sciences Department of Occupational Health and Safety 32260 Cunur, Isparta, Türkiye

ORCID: 0000-0003-4959-8077, 0000-0002-8912-0361, 0000-0002-7089-4340

ABSTRACT

In field studies conducted to examine the causes of destruction and advanced damage after earthquakes, it has been revealed that one of the main sources of destruction in buildings in all other major earthquakes is the plain (unribbed) reinforcements placed in the reinforced concrete elements in the wrong diameter and number. This situation in the reinforcements affected the concrete strength negatively and caused many structures to collapse or to receive heavy damage. For this purpose, the change caused by the reinforcement in the seismic ultrasonic velocities of the low strength reinforced and unreinforced specimens with different strength properties was examined. In this context, seismic ultrasonic longitudinal-P and transverse-S wave measurements were taken and the results were compared with each other. Then, strength values were determined by applying uniaxial compression test and compared with the results obtained from the seismic ultrasonic velocities. Accordingly, in low-strength concretes, as the reinforcement diameter increases, the concrete strength increases, but the seismic ultrasonic P and S wave velocities decrease due to the decrease in the contact surface between the concrete and the reinforcement.

Keywords

Concrete, Reinforcement, Strength, Seismic velocities, Statistical relationships

Highlights

- * Effect of reinforcement diameter on seismic velocity
- * Effect of reinforcement diameter on concrete strength
- * Comparisons of reinforced and unreinforced concrete

Manuscript

Research Article

Received: 23.03.2023

Revised: 02.05.2023

Accepted: 17.05.2023

Printed: 30.06.2023

DOI

10.46464/tdad.1269738

Corresponding Author

Nevbahar Ekin

Email:

nevbaharsabbag@sdu.edu.tr

1. GİRİŞ

Mühendislik yapılarının birçoğu betonarme yapılar şeklinde inşa edilmektedir. Bu yapıların kalite kontrolünün denetlenmesi, yapının uzun ömürlü olması açısından oldukça önem arz etmektedir. Tarihi eser niteliğindeki yapılar ve mevcut yapıların ayakta kalması bu denetimler yoluyla uzun süreli olmaktadır. Mevcut yapılarda, görsel inceleme ile tespit edilemeyen ciddi iç bozulmalar yaşanmakta, bu da yapıların hasar görmesine ve insan yaşamının kaybına neden olmaktadır. Bu nedenle, mevcut ve yeni betonarme yapılardaki iç hasar veya herhangi bir kusurun değerlendirilmesi gerekmektedir. Böylece, kusurlar belirlenmeli ve bakım veya güçlendirme çalışmaları gibi ön etki azaltma önlemleri alınmalıdır (Parihar ve diğ. 2022). Bu anlamda betonun basınç dayanımının belirlenmesi başta gelen kriterler arasında yer almaktadır. Hâlihazırda uygulama esnasında yapılardan belirli sayıda karot numunesi alınmakta ve bunlar tek eksenli basınç dayanımı testi ile kırılarak betonun basınç dayanımı belirlenmektedir. Bu test yapılırken karot içerisinde donatı olmamasına dikkat edilmelidir. Bu durum uygulamada alınan karotlar nedeniyle yapının zarar görmesi, dayanımının zayıflaması, her zaman donatısız karot elde etmenin zor olması gibi bazı sıkıntıları da beraberinde getirmektedir. Buna karşın tahribatsız test teknikleri beton kalitesi, bütünlüğü ve mekanik özelliklerinin belirlenmesi açısından yapıya herhangi bir zarar vermemesi nedeniyle tercih edilmektedir (Reufi ve diğ. 2016). Günümüz teknolojisi ile zemin üzerinde ölçü alınmasını sağlayan jeofizik yöntem cihazlarının portatif versiyonları beton üzerinde ölçü alınmasına olanak sağlayacak şekilde tasarlanmıştır. Bunlardan betonun mekanik özelliklerini belirlemek için en çok tercih edilen Sismik Ultrasonik cihaz ile ölçü alınmaktadır (Uyanık 1991, Sabbağ 2016, Sabbağ ve Uyanık 2016; 2017; 2018, Kencanawati ve diğ. 2018, Parihar ve diğ. 2022). Bu cihaz ile P ve S dalgaları kullanılarak elde edilen sismik hızlar yardımıyla laboratuvarında numune üzerinde ya da yerinde ölçümlerle mevcut yapı üzerinde alınan ölçümler vasıtasıyla beton basınç dayanımları tahmin edilebilmektedir (Malhotra ve Carino 2004, Shah ve Ribakov 2011, Öziçer ve Uyanık 2017, Sabbağ ve Uyanık 2017). Bu yöntem, uygulanmasının kolay olması, ekonomik ve hızlı olmasının yanı sıra yapıya herhangi bir zarar vermeden donatılı beton üzerinde tekrarlı ölçümler alınmasına olanak sağlaması açısından da çok fazla tercih edilmektedir (Lencis ve diğ. 2011, Lotfi ve diğ. 2013, Benaicha ve diğ. 2015, Sabbağ ve Uyanık 2017, Karabulut 2019, Xu ve Wei 2019, Ekin 2021a; 2021b, Ekin ve Uyanık 2021a; 2021b, Parihar ve diğ. 2022). Dolayısıyla donatı demirinin beton dayanımını artırma veya azaltma gibi etkileri de sismik ultrasonik hızlar yardımı ile ortaya konulabilmektedir.

Bu çalışmada, düşük dayanımlı olarak tasarlanan betonlar üzerinde alınan sismik hızların donatı çapına bağlı değişimini ortaya koymak amacıyla donatılı ve donatısız küp numuneler hazırlanmıştır. Numuneler üzerinde sismik ultrasonik hız ölçümleri yapıldıktan sonra tek eksenli basınç testi ile dayanımları belirlenmiştir. Böylece betonda donatı varlığı ve donatı olması durumunda (betonarme) donatı çapındaki farklılığın sismik hızlara ve basınç dayanımına etkileri ortaya konulmaya çalışılmıştır.

2. MATERYAL VE YÖNTEM

2.1) Hazırlanan Beton Tasarımlar

Çalışma kapsamında düşük dayanımlı (20 MPa'dan düşük) olarak tasarlanan 3 beton tasarımına ait 15x15x15 cm boyutunda donatılı ve donatısız küp numuneler hazırlanmıştır. Agregası olarak kristalize kireçtaşı kullanılarak hazırlanan numuneler %25 iri çakıl, %23 orta çakıl, %52 kum olacak şekilde hazırlanmıştır. Çimento olarak CEM II/B-LL Portland kompozite çimento kullanılan çalışmada kimyasal katkı maddeleri olarak hava sürükleyici beton katkısı aermix ve süper akışkanlaştırıcı beton katkısı fluicon kullanılmıştır. İçilebilir nitelikteki şebeke suyu kullanılarak hazırlanan betonlarda Slump (çökme) deneyi değeri 12 cm olarak belirlenmiştir. Betonarme elemanlarda genel itibarıyla TS 708 (2010) standartlarına göre 6-32 mm çap aralığındaki donatı demirleri kullanılarak yapının iskeleti oluşturulmaktadır. Yapılarda yaygın olarak nervürlü donatılar kullanılmaktadır. Bu kapsamda yapılan çalışmada, donatılı

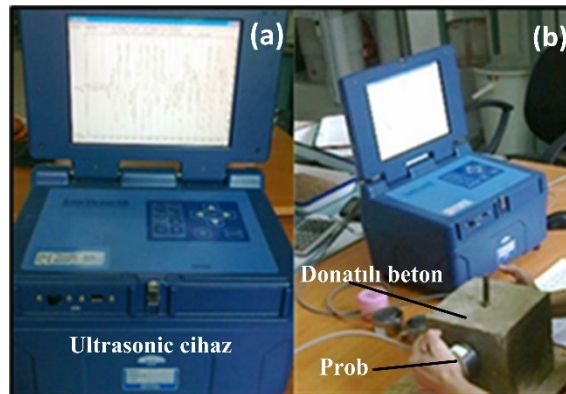
numuneler TS 708 (2010) standardına uygun olarak 10, 14 ve 20 mm çaplarındaki S420 nervürlü inşaat çeliği kullanılarak hazırlanmıştır. Bu numuneler $20\pm 2^{\circ}\text{C}$ bir ortamda su kürüne maruz bırakılmıştır (Şekil 1).



Şekil 1: Farklı donatı çaplı su kürüne maruz bırakılmış betonlar
Figure 1: Concretes exposed to water cure with different reinforcement diameters

2.2) Sismik Ultrasonik Yöntem

Elastik dalga yayılım teorisine dayanan ultrasonik yöntemde sismik P (boyuna, basınç) ve S (enine, makaslama) dalgaları yayıldıkları ortamın elastik özelliklerine göre değişebilmektedir (Uyanık 1991, Bungey ve diğ. 2006, Benaicha ve diğ. 2015, Sabbağ 2016). Ultrasonik cihaz (Şekil 2a) ile P ve S dalga ölçümleri hem numune üzerinde hem de yerinde yapılabilmektedir. Şekil 2b'den de görüleceği üzere numunenin bir tarafından gönderilen dalganın diğer tarafa ulaşmaya kadarki geçen süre (T) kaydedilmektedir (Uyanık 1991, Sabbağ ve Uyanık 2017; 2018, Kencanawati ve diğ. 2018, Xu ve Jin 2018, Karabulut 2019, Uyanık ve diğ. 2019, Ekin ve Uyanık 2021a, Sagar ve Dutta 2021, Parihar ve diğ. 2022). Daha sonra alıcı ve verici problar arasındaki uzaklığın (X) zamana oranından ($V=X/T$) P ve S dalga hızları hesaplanabilmektedir. Tahribatsız bir yöntem olan sismik ultrasonik ölçümler yardımıyla basit ve hızlı bir şekilde betonların dayanım ve elastik özelliklerinin yanı sıra beton içerisindeki kırık, çatlak, boşluk, bozuşma ve bunun gibi durumlar belirlenebilmektedir (Uyanık 1991; 1999; 2012, Uyanık ve diğ. 2012a; 2012b; 2012c, Uyanık ve Tezcan 2012, Sabbağ ve Uyanık 2017; 2018, Ekin ve Uyanık 2021a, Parihar ve diğ. 2022).



Şekil 2: a) Ultrasonik cihaz, b) Ultrasonik cihaz ile donatılı beton üzerinde ölçü alımı (Sabbağ 2016)
Figure 2: a) Ultrasonic device, b) Taking measurements on concrete reinforced with an ultrasonic device (Sabbağ 2016)

İçerisinde boşluk bulunan betonda sismik dalgaların beton içinden geçişi yavaş olurken, boşluksuz olması durumunda geçiş daha hızlı olmaktadır. Bu nedenle de, sismik hızların yüksek olması beton kalitesinin yüksek, düşük olması ise kalitenin düşük olduğunu göstermektedir (Uyanık 2012). Beton numune üzerindeki ölçümlerde ultrasonik enerjinin hava boşluğu tarafından gecikmeye uğramaması için numune ile problar arasında çok iyi bir iletimin sağlanması gerekmektedir. Bu nedenle katı, sıvı ve gaz ortamlarda yayılabilen P dalgası ölçümlerinde iletimin tam olarak sağlanabilmesi için gres yağı vb. iletimi artırıcı maddeler kullanılırken, sadece katılarda yayılabilen S dalgası ölçümlerinde bu gibi maddeler kullanılmamalıdır (Uyanık 1991, Sabbağ 2016).

2.3) Tek Eksenli Beton Dayanım Testi

Tek eksenli basınç direnci beton numunelerinin kırılmaya karşı gösterdikleri direnç olarak tanımlanmaktadır. Hazırlanmış olan bu numuneler hidrolik baskı çelik plakaları arasına yerleştirilir (Şekil 3). Basınca maruz bırakılan numunenin kırıldığı andaki tatbik edilen yük (P), numunenin yüzey alanı (A) ise, tek eksenli basınç dayanımı (σ) Eşitlik 1 kullanılarak hesaplanmaktadır (Uyanık 1991, Uyanık ve diğ. 2013, Sabbağ 2016, Sabbağ ve Uyanık 2017).

$$\sigma = P/A \quad (1)$$



Şekil 3: Tek eksenli basınç dayanımı test cihazı ile beton dayanımının belirlenmesi
Figure 3: Determination of concrete strength with a uniaxial compressive strength test device

Yapılan çalışmada donatılı betonların dayanımı belirlenirken donatı yan yüzeye gelecek şekilde kırma işlemleri gerçekleştirilmiştir. Buna göre yapılan çalışmada, düşük dayanımlı olarak tasarlanan birinci beton tasarımında beton dayanımı 4.5 MPa, ikinci beton tasarımı ortalama 7 MPa ve üçüncü beton tasarımı ise 19 MPa civarında elde edilmiştir.

2.4) Depremler Sonrası Oluşan Yıkımda Donatıların Etkisi

Depremlerin sık yaşandığı ülkemizde yönetmeliklere uygun şekilde ve sayıda donatı ve etriye kullanımına özen gösterilmemesi betonarme yapılarda yıkıcı etkilere yol açabilmektedir. Bunu bazı örneklerini yakın zamanda gerçekleşen depremlerde de görmek mümkündür. 24 Ocak 2020 tarihinde Elâzığ Sivrice de meydana gelen $M_w = 6.8$ büyüklüğündeki depremin ardından yapılan hasar tespit çalışmalarında 8.396 bina ağır hasarlı, 1.492 bina orta hasarlı ve 17.021 bina az hasarlı olarak tespit edilmiştir. Binalardaki beton sınıflarının C6-C12 arasında değişmekte olduğunu, hasar gören binaların neredeyse tamamında donatıların nervürlü düz çelik olduğu, çaplarının ve miktarlarının yetersiz olduğu görülmüştür (THBB 2020). Ayrıca, boyuna donatıları saran etriyelerin miktarının ve aralıklarının yetersiz olduğu, etriye sıklaştırmalarının yapılmadığı, uçlarının doğru kıvrılmadığı görülmüştür. Yine 30 Ekim 2020 de Sisam adasında meydana gelen, AFAD verilerine göre $M_w = 6.6$ ve Kandilli verilerine göre

$M_w=6.9$ büyüklüğündeki depremde dışmerkeze 75 km uzaklıktaki İzmir-Bayraklı ilçesinde toptan göçen binalarda düşük kaliteli beton kullanıldığı anlaşılmıştır (İMO 2020). Bunun yanı sıra betonarme elemanlarda çoğunlukla düz yüzeyle donatı kullanımı, donatı çaplarının ve donatı sayılarının yetersiz oluşu, sargılama donatısının (etriyelerin) uygun şekilde kullanılmamış olduğu ilk göze çarpan unsurlar olmuştur. Yine bazı yapılarda kolon-kiriş birleşimlerinde enine donatıların bulunmamasına bağlı olarak gelişen hasarlar belirlenmiştir. Ayrıca, ağır hasar alan ve donatısı açığa çıkan kolon ve perdelerde sargılamanın etkinliğinin artırılması amacıyla kullanılması gereken çirozların bu yapılarda kullanılmadığı görülmüştür (Şekil 4).



Şekil 4: Deprem sonrası yıkılan binalardaki donatıların durumu
Figure 4: Condition of reinforcements in buildings destroyed after the earthquake

6 Şubat 2023 Pazartesi günü, saat 04.17'de, Kahramanmaraş-Pazarcık merkezli $M_w=7.7$ büyüklüğünde ve ardından saat 13.24'te Kahramanmaraş'ın Ekinözü ilçesi merkezli $M_w=7.6$ büyüklüğünde meydana gelen iki deprem yaygın bina göçmelerine ve ağır bina hasarlarına yol açmıştır. Göçen binaların enkazlarından kolon kiriş birleşimlerinde gerekli donatı detaylarının uygulanmadığı, etriye aralıklarının seyrek ve etriye kancalarının doksan derece olduğu, ayrıca kolon demirlerinin üst kat filizlerini oluşturan boylarının gerektiğinden daha kısa olduğu belirlenmiştir. Hatalı malzeme seçimi, hatalı işçilik ve uygulamalarının yanı sıra yetersiz sayıda düz donatı kullanımı can ve mal kaybını arttırmıştır (İMO 2023). Yukarıda bahsedilen deprem sonrası hasar tespit çalışmalarından da görüldüğü üzere donatı varlığı, miktarı, çeşidi ve çapı gibi unsurlar binaların iskeletinin dayanıksız yapılmasına yol açarak ağır hasarlar ve yıkımlar oluşmasına sebep olmuştur.

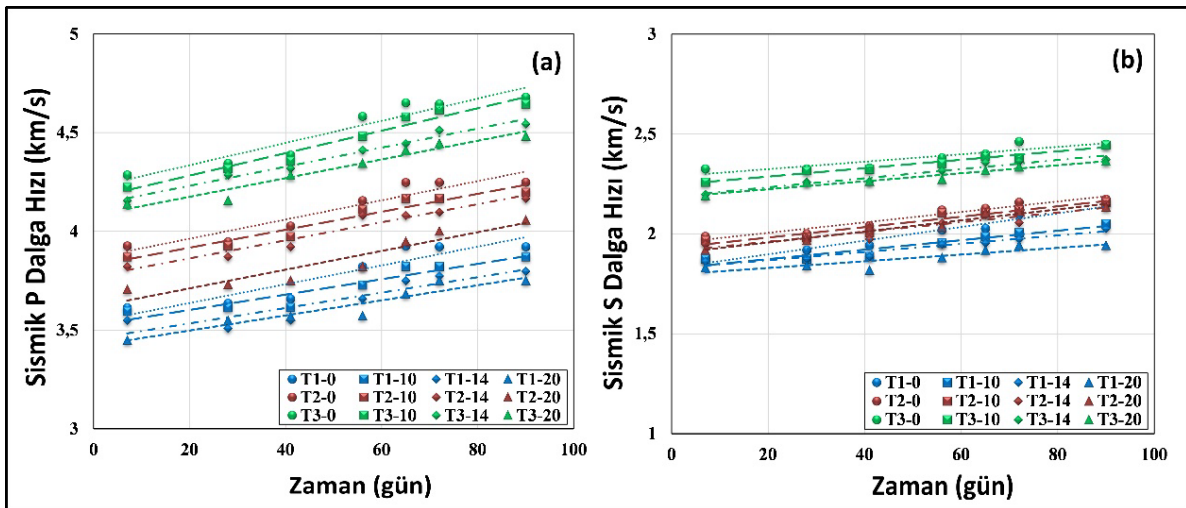
2.5) Donatının Sismik Hızlara Etkisi

İnşaat uygulamalarında betonun çekme mukavemetini ve sünekliğini artırmak, daha yüksek performans özellikleri gösteren yapılar yapmak amacıyla beton malzemenin içerisine donatı demirleri yerleştirilmektedir. Betonarme içerisinden ultrasonik dalga geçerken dalganın bir kısmı betondan bir kısmı ise donatıdan geçecektir. Donatı demiri betondan çok daha yoğun olduğu için donatılı betonun hızı donatısız betondan daha yüksek bulunmaktadır (Fodil ve diğ. 2019). Çeliğin ultrasonik darbe hızı yaklaşık olarak 5.90 km/s'dir. Bununla birlikte, yetersiz yol genişliği nedeniyle donatı çapı ile hız azalır ve daha düşük frekans kullanıldığında hız daha da fazla düşmektedir (Bungey 1980). Bungey (1980) içerisinde 12 mm'den geniş çapta donatı bulunduran donatılı betonda darbe hızının çap arttıkça arttığını ancak bu durumun aynı zamanda donatıyı çevreleyen betonun kalitesine de bağlı olduğunu belirtmiştir. Çünkü sağlam

donatılı betondaki ultrasonik dalganın geçiş süresi, zayıf betondakinden daha kısadır. Bu, beton ve donatı arasındaki bağın doğasından kaynaklanmaktadır (Bungey 1980, Fodil ve diğ. 2019). TBDY (2018)'e göre (Deprem Etkisi Altında Binaların Tasarımı İçin Esaslar 7.4.1.1 – 7.4.2.2 – 11.2.5 – 15C.2) (TBDY 2018) ve TS 500 (2000)'in 7.3. maddesinde kirişlerde kullanılacak boyuna donatıların çapının 12 mm'den az olmaması istenmektedir. TS 500 (2000)'in 7.4.1. maddesinde ise kolonların, boyuna donatı çubuğu çapının en az 14 mm olması gerektiği belirtilmektedir. Dolayısıyla inşaatı yapılacak yapılarda kullanılacak donatının çapındaki farklılık beton dayanımına da etki edecektir. Genellikle fazla miktarda donatı bulunduran betonlarda hızın yüksek bulunacağı varsayılmasına (Malhotra ve Carino 2004, Bungey ve diğ. 2006, Pucinotti ve diğ. 2007, Fodil ve diğ. 2019) rağmen bazı durumlarda donatı, betonun hızını azaltmaktadır (Lencis ve diğ. 2011). Ancak, bu durum her zaman için geçerli değildir. Fodil ve diğ. (2019) yaptıkları çalışmada yüksek dayanımlı (>50 MPa) betonlar üzerinde yaptıkları çalışmada donatı çapının sismik hızı artırdığını belirtirken, Bungey (1984) beton numuneleri üzerinde yaptığı çalışmada donatının beton dayanımına etkisini hesapladığı düzeltme katsayılarına bağlı olarak ortaya koymuştur. Bu çalışmasında, hızı 4 km/s'den büyük olan donatısız betonların 20 mm'den daha küçük çapta donatı bulundurması durumunda donatının etkisinin olmadığını ve donatı üzerinden elde edilen hızlarda düzeltme faktörünün yalnızca sonuçların azalmasını öngördüğünü belirtmiştir (Bungey 1984). Malhotra ve Carino (2004) uygun kalitede beton kullanılması durumunda donatının beton hızını %3-20 aralığında artıracaklarını belirtirken, Sabbağ ve Uyanık (2017) ise farklı dayanımlardaki betonlar üzerinde yaptıkları çalışmada düşük dayanımlı betonlarda çap arttıkça hızın düştüğünü, yüksek dayanımlı betonlarda ise tam tersi durum gözlenerek çap artışı ile sismik hızın arttığını ortaya koymuşlardır.

3. BULGULAR

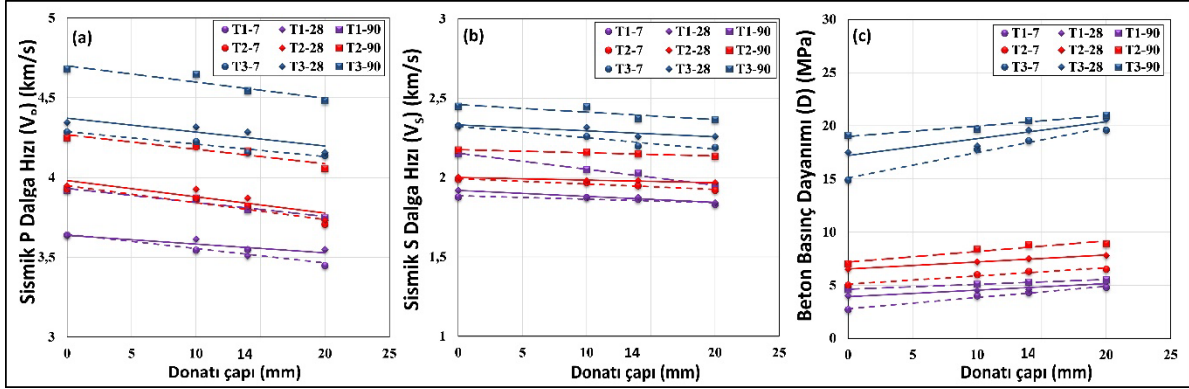
Düşük dayanımlı betonlarda donatı çapının sismik hızı etkisini ortaya koymak amacıyla donatılı ve donatısız beton numuneleri üzerinde yapılan ölçümler sonucunda dayanımları 20 MPa'dan düşük olan üç ayrı tasarım için donatı çapına bağlı olarak sismik P ve S dalga hızlarının zamanla değişimi Şekil 5'te sunulmuştur. Buna göre birinci, ikinci ve üçüncü tasarımdaki P dalga hızları sırasıyla 3400-3950 m/s, 3700-4050 m/s ve 4100-4700 m/s aralığında değişmektedir. Yine birinci, ikinci ve üçüncü tasarımdaki S dalga hızları sırasıyla 1830-2150 m/s, 1900-2200 m/s ve 2150-2450 m/s aralığında değişmektedir.



Şekil 5: Donatı dayanımlı betonlarda donatı çapına bağlı; a) Sismik P ve b) S dalga hızlarının zamanla değişimi

Figure 5: Variation of a) seismic P and b) S wave velocities over time depending on the reinforcement diameter in reinforced concrete

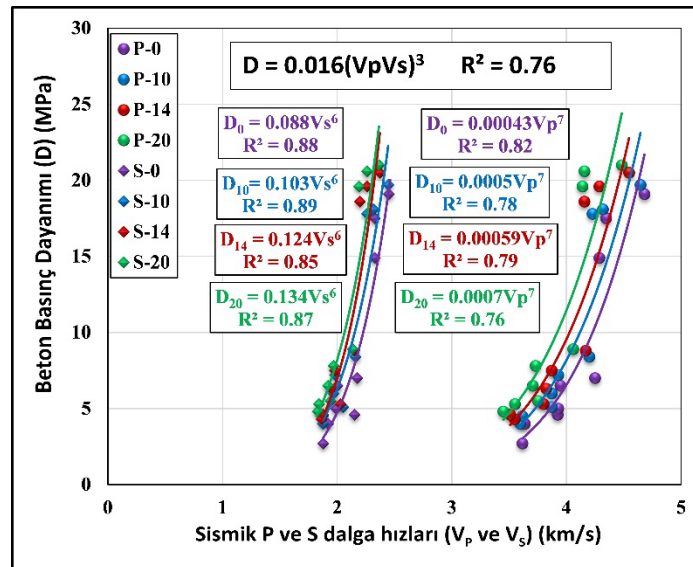
Şekil 5 incelendiğinde, düşük dayanımlı üç beton tasarımında (<20 MPa) zamanla Sismik P ve S dalga hızlarının arttığı belirlenmiştir. Ancak donatı çapına bağlı karşılaştırma yapıldığında çap arttıkça sismik hızlarda azalma gözlenmiştir. Bu durum Şekil 6'da daha net ortaya konulabilmektedir. yedinci, yirmisekizinci ve doksanıncı günlerdeki hız değerleri karşılaştırıldığında çap arttıkça P ve S dalga hızlarının azaldığı görülmektedir.



Şekil 6: Düşük dayanımlı betonlarda farklı donatı çaplarının (10, 14 ve 20 mm) kullanımına bağlı a) Sismik P ve b) S dalga hızları ile c) beton dayanımının değişimi

Figure 6: Variation of a) seismic P and b) S wave velocities and c) concrete strength due to the use of different reinforcement diameters (10, 14 and 20 mm) in low strength concrete

Donatı çapına bağlı olarak Sismik P ve S dalga hızları ile beton dayanımı arasındaki çok parametrelili ilişkiler Şekil 7'de sunulmuştur. Buna göre, sismik P ve S dalga hızları artarken beton dayanımları da üstel olarak artış göstermektedir. Ancak bu artış donatısız ve 10, 14 veya 20 mm çapında donatı bulunduran betonlarda farklılık göstermektedir. Donatı çapı arttıkça sismik P ve S dalga hızları azalırken beton dayanımında artış gözlenmiştir.



Şekil 7: Düşük dayanımlı betonlarda donatı çapına bağlı Sismik P ve S dalga hızları ile beton dayanımı arasındaki ilişkiler (D_0 : donatısız; D_{10} : 10 mm donatılı; D_{14} : 14 mm donatılı ve D_{20} : 20 mm donatılı küp numuneler)

Figure 7: Relationships between seismic P and S wave velocities depending on the reinforcement diameter and concrete strength in low strength concretes (D_0 : unreinforced; D_{10} : 10 mm reinforced; D_{14} : 14 mm reinforced and D_{20} : 20 mm reinforced cube samples)

Bu kapsamda donatı çapına bağlı olarak P ve S hızları ile beton dayanımı arasında farklı bağıntılar elde edilmiştir (Eşitlik 2-9).

$$D_0 = 0.00043V_P^7 \quad R^2 = 0.82 \quad (2)$$

$$D_{10} = 0.0005V_P^7 \quad R^2 = 0.78 \quad (3)$$

$$D_{14} = 0.00059V_P^7 \quad R^2 = 0.79 \quad (4)$$

$$D_{20} = 0.0007V_P^7 \quad R^2 = 0.76 \quad (5)$$

$$D_0 = 0.088V_S^6 \quad R^2 = 0.88 \quad (6)$$

$$D_{10} = 0.103V_S^6 \quad R^2 = 0.89 \quad (7)$$

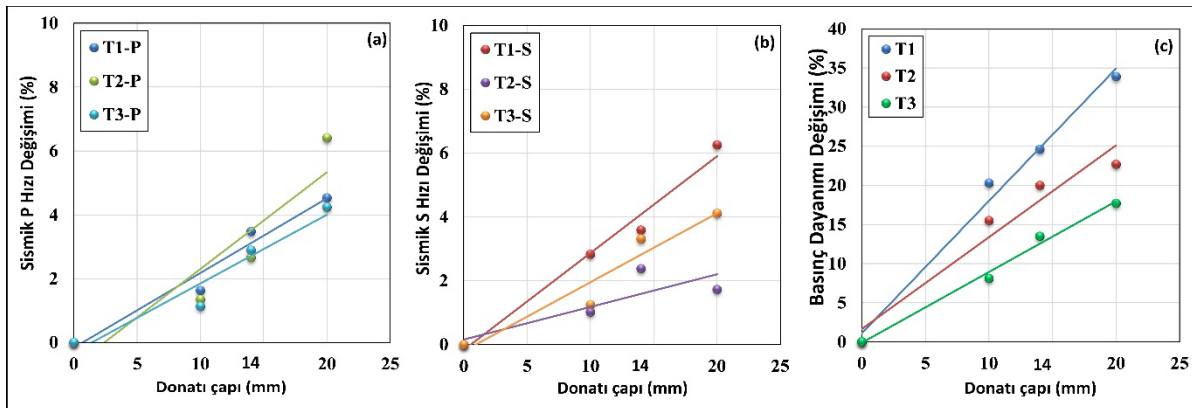
$$D_{14} = 0.124V_S^6 \quad R^2 = 0.85 \quad (8)$$

$$D_{20} = 0.134V_S^6 \quad R^2 = 0.87 \quad (9)$$

Bu ikili ilişkilerde ilişki katsayıları (R^2) ise 0.76-0.89 aralığında elde edilmiştir. Dolayısı ile elde edilen bu eşitlikler yardımı ile düşük dayanımlı betonlarda donatı çapına bağlı olarak ultrasonik yöntemle elde edilen sismik hızlardan betona herhangi bir zarar vermeden dayanımını da güvenilir bir şekilde tahmin etmek mümkün olacaktır. P ve S hızlarının birlikte kullanılması ile beton dayanımının belirlenmesi amacıyla çok parametrelili Eşitlik 10 elde edilmiştir.

$$D = 0.016(V_P V_S)^3 \quad R^2 = 0.76 \quad (10)$$

Bu genel bağıntı yardımıyla donatılı veya donatısız herhangi bir numune üzerinde alınan P ve S dalga ölçümlerinden elde edilen hızlar yardımıyla beton dayanımı hesaplanabilmektedir. Düşük dayanımlı donatısız ve donatılı (10, 14 veya 20 mm çaplı) betonlar arasındaki sismik P ve S dalga hızı ile beton dayanımının yüzde (%) değişimi Şekil 8'de gösterilmiştir. Şekil 8 incelendiğinde beton dayanımı arttıkça yani tasarımın su/çimento oranı azaldıkça donatılı ve donatısız numuneler arasındaki dayanım farkının da azaldığı belirlenmiştir. Örneğin, 20 mm çaplı donatı bulduran numunelerde T1 tasarımındaki dayanım farkı %34 civarında iken, bu fark T3 tasarımında yaklaşık olarak %18'e kadar düşmüştür. Dolayısıyla, betondaki gözenek miktarı azaldıkça donatının dayanıma olan etkisi de azalmıştır. Tablo 1'de verilen P ve S dalga hızları ile beton dayanımı değerlerinin betondaki donatı çapına bağlı olarak değişim bağıntıları yardımıyla donatılı ve donatısız numunelerdeki ölçüm değerleri arasında bir geçiş yapılarak düşük dayanımlı betonlarda donatı etkisinin giderilmesi mümkün olacaktır.



Şekil 8: Düşük dayanımlı 3 tasarıma ait donatısız ve donatılı (10, 14 veya 20 mm çaplı) betonlar arasındaki a) sismik P ve b) S dalga hızı ile c) beton dayanımının yüzde (%) değişimi
Figure 8: Percentage (%) variation of a) seismic P and b) S wave velocity and c) concrete strength between unreinforced and reinforced concrete (10, 14 or 20 mm diameter) of 3 low strength designs

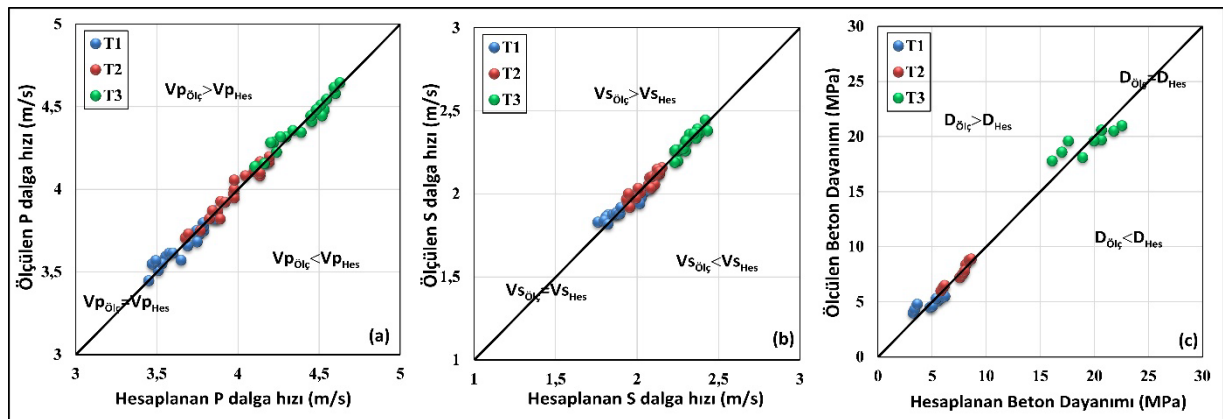
Sismik hızlardaki değişim incelendiğinde ise her 3 tasarımdaki çap artışına bağlı olarak P ve S hızlarındaki değişimin arttığı belirlenmiştir. Ancak bu artış miktarının 3 tasarımda da P ve S dalga hızlarında en fazla %6 civarında olduğu gözlenmiştir. Dolayısıyla tasarımlar arasındaki belirgin bir hız farkı gözlenememiştir. Her 3 tasarımda P hızlarındaki değişim S hızlarına kıyasla birbirine daha yakın bulunmuştur. S hızlarındaki değişimin fazla olması bu hızın betonun içerisindeki malzemelerin özelliklerine daha duyarlı olması nedeniyledir.

Tablo 1: P ve S dalga hızları ile beton dayanımı değerlerinin betondaki donatı çapına bağlı olarak değişimi

Table 1: Variation of P and S wave velocities and concrete strength values depending on reinforcement diameter in concrete

Değişim	Tasarım 1	Tasarım 2	Tasarım 3
D_0-D_{10}	$D_{10} = 1.2D_0$	$D_{10} = 1.16D_0$	$D_{10} = 1.08D_0$
D_0-D_{14}	$D_{14} = 1.25D_0$	$D_{14} = 1.20D_0$	$D_{14} = 1.14D_0$
D_0-D_{20}	$D_{20} = 1.34D_0$	$D_{20} = 1.23D_0$	$D_{20} = 1.18D_0$
$V_{P0}-V_{P10}$	$V_{P10} = 0.9837V_{P0}$	$V_{P10} = 0.9865V_{P0}$	$V_{P10} = 0.9887V_{P0}$
$V_{P0}-V_{P14}$	$V_{P14} = 0.9652V_{P0}$	$V_{P14} = 0.9734V_{P0}$	$V_{P14} = 0.9711V_{P0}$
$V_{P0}-V_{P20}$	$V_{P20} = 0.9547V_{P0}$	$V_{P20} = 0.9359V_{P0}$	$V_{P20} = 0.9576V_{P0}$
$V_{S0}-V_{S10}$	$V_{S10} = 0.9717V_{S0}$	$V_{S10} = 0.9898V_{S0}$	$V_{S10} = 0.9875V_{S0}$
$V_{S0}-V_{S14}$	$V_{S14} = 0.9641V_{S0}$	$V_{S14} = 0.9762V_{S0}$	$V_{S14} = 0.9669V_{S0}$
$V_{S0}-V_{S20}$	$V_{S20} = 0.9374V_{S0}$	$V_{S20} = 0.9827V_{S0}$	$V_{S20} = 0.9588V_{S0}$

Ultrasonik ve tek eksenli basınç dayanımı test cihazları ile ölçülen P ve S dalga hızları ile beton basınç dayanımları ve Tablo 1 yardımıyla hesaplanan P ve S dalga hızları ile beton basınç dayanımları Şekil 9'da karşılaştırılmıştır.



Şekil 9: Ölçülen ve hesaplanan a) P ve b) S dalga hızları ile c) beton basınç dayanımlarının karşılaştırılması

Figure 9: Comparison of measured and calculated a) P and b) S wave velocities and c) concrete compressive strengths

Buna göre, ölçülen ve hesaplanan P ve S dalga hızları ile basınç dayanım değerleri karşılaştırıldığında birbirlerine oldukça yakın sonuçlar bulunmuştur. Böylece Tablo 1’de düşük dayanımlı betonlar için tanımlanan bağıntılar yardımı ile donatısız betonlara uygulanan bir düzeltme katsayısı yardımıyla donatılı P ve S dalga hızları ile beton dayanımını hesaplamak mümkün olacaktır.

4. TARTIŞMA

Betonu oluşturan elemanlardan biri olan agregalar arası bağ kuvvetinin az olması sonucunda zayıf dayanımlı betonlar oluşmaktadır. Dolayısıyla bu tür betonlarda gözeneklilik ya da boşluk fazla oluşmaktadır. Bu tür bir betonun içerisine yerleştirilen donatı ile de agrega arasında bağ kuvvetinin az ve boşlukların çok olması beklenilir. Bu yüzden de boşluklu olan bir betonda sismik hızlarda azalma beklenen bir sonuç olarak düşünülmektedir. Ancak dayanım açısından ise uygulanan yükler sonucunda betondaki gözenekler kapanır ve beton daha dirençli hale geldikten sonra kırılma olayı gerçekleşir. Bu yüzden beton dayanımı donatı çapı arttıkça artmaktadır.

Donatısız betonların sismik hızlarındaki artışa bağlı olarak basınç dayanım değerlerinin de arttığı bilinmektedir. Bu konuda özellikle P hızı ile değişim başta olmak üzere literatürde P ve S dalga hızları ile basınç dayanımları arasında pozitif yönlü doğrusal ya da üstel ilişkiler olduğunu ortaya koyan oldukça fazla çalışma yapılmıştır. Donatılı haldeki betonun (betonarme) basınç dayanımının belirlenmesi esnasında ise donatının etkisi hesaplamalara sonradan katılmaktadır. Donatılı betonda ultrasonik dalganın bir kısmı donatıda bir kısmı ise betonda yol almaktadır. Beton içerisinde yer alan donatının sayısına, çapına, düzenine ve ultrasonik ölçüm yapılan noktanın donatıya olan uzaklığına bağlı olarak ultrasonik dalga hızı değişmektedir (Hannachi ve Guetteche 2014). Düşük dayanımlı betonlar üzerinde yapılan bu çalışmada aynı dayanım değerine sahip betonlarda donatı çapı arttıkça sismik hız değerlerinin azaldığı gözlenmiştir. Bunun nedeni olarak donatı ile betonu oluşturan agrega malzemeleri arasındaki temas yüzeylerinin azalmasından kaynaklı bağ kuvveti olarak adlandırılan aderansın etkisi olduğu düşünülmektedir. Bu durumun kanıtlanması için donatı çapı, sismik hızlar ve aderans deneyleri yapılması gereklidir. Bu çalışmanın devamında aderans deneyi yapılmasının, sonuçların daha net yorumlanmasına katkı sağlayacağı düşünülmektedir.

Düşük dayanımlı betonlar üzerinde yapılan bu çalışmada, donatı betonun yan yüzeyine gelecek şekilde basınç testinin uygulanarak kırma işleminin gerçekleştirilmesi ile donatılı betonun basınç dayanım değerleri doğrudan belirlenmeye çalışılmıştır. Düşük dayanımlı betonlarda, aynı sismik hız değerindeki beton dayanımları karşılaştırıldığında donatı çapı arttıkça beton basınç dayanımlarının da arttığı belirlenmiştir. Basınç dayanımındaki bu durumun en önemli nedeni olarak beton ve donatı arasındaki aderansın (bağ kuvveti) etkisi olduğu düşünülebilir. Gopalaratnam ve Abu-Mathkour (1987) yaptıkları çalışmada, donatı boyu, donatı çapı ve beton kalitelerine bağlı olarak aderansı incelemişlerdir. Donatı çapının artmasının aderansı arttırdığını fakat beton basınç dayanımının aderans ile doğrudan bağlantılı olmadığını savunmuşlardır. Ancak, Yerlici ve Özturan (2002) ise yüksek dayanımlı betonlarda aderans dayanımını belirlemek amacıyla yaptıkları çalışmada aderans dayanımının artmasına bağlı olarak beton basınç dayanımlarının da arttığını belirlemişlerdir. Konca (2006), çimento cinsi, donatı çapı ve tipinin beton-donatı aderansına etkisini ortaya koymak amacıyla yaptığı çalışmasında donatı çapı büyüdükçe aderans dayanımının da arttığını belirlemiştir.

5. SONUÇLAR

Bu çalışmada donatılı ve donatısız beton örnekleri üzerinde sismik ultrasonik hızın değişimi incelenmiş ve tek eksenli basınç deneylerinden elde edilen sonuçlar karşılaştırılmıştır. Betondaki donatı varlığı ve çapı hem sismik hızı hem de beton dayanımını etkilemektedir. Bu durum düşük dayanımlı betonlarda hız üzerinde ortalama olarak %6 civarında azalma

sağlarken dayanım üzerinde %34 civarında artış sağlamaktadır. Düşük dayanımlı betonlarda beton numune içerisindeki donatı çapı arttıkça (10, 14 ve 20mm) beton ve donatı arasındaki temas yüzeyinin azalmasıyla sismik P dalga hızlarında sırasıyla %1.1-1.6, %2.6-3.6 ve %4.2-6.4 civarında azalma gözlenmiştir. Benzer şekilde donatı çaplarındaki artış ile birlikte S dalga hızlarında sırasıyla %1-2.8, %2.4-3.6 ve %1.7-6.3 civarında azalma gözlenmiştir. Tam tersi şekilde beton numune içerisindeki donatı çapının artmasına bağlı olarak beton dayanım değerlerinde artış gözlenmiştir. 20 mm çaplı betonlar donatısız betonlar ile karşılaştırıldığında bu artış miktarı birinci tasarımda % 34, ikinci tasarımda %23 ve üçüncü tasarımda %18 civarında bulunmuştur. Donatı çapına bağlı olarak sismik P ve S dalga hızları ile beton dayanımları arasında yapılan ilişkilendirmelerde her bir donatı çapına göre değişiklik gösteren yeni eşitlikler ortaya konulmuştur.

TEŞEKKÜR

Yazarlar, makalenin gelişimine bilimsel görüş ve önerileri ile katkı sağlayan editör ve hakemlere teşekkür eder.

KAYNAKLAR

Benaicha M., Jalbaud O., Alaoui A.H., Burtschell Y., 2015. Correlation Between the Mechanical Behavior and The Ultrasonic Velocity of Fiber-Reinforced Concrete, *Construction and Building Materials*, 101, 702–709.

Bungey J.H., 1980. The Validity of Ultrasonic Pulse Velocity Testing In-place Concrete for Strength, N.D.T. International IPC Press, December pp. 296-300.

Bungey J.H., 1984. The use of ultrasonics for NDT of concrete, *British Journal of NDT* 26(5), 366-369.

Bungey J.H., Millard S.G., Grantham M.G., 2006. Testing of Concrete on Structures, Taylor and Francis., 4th Edition, 352p. CRC Press, London. eBook ISBN: 9780429190957.

Ekin N., 2021a. Concrete Anisotropy Estimated from Ultrasonic Signal Amplitudes, *Materials Testing*, 63(12), 1164-1173.

Ekin N., 2021b. Relationship between Amplitude Anisotropy and Compressive Strength of Reinforced Concrete Depending on Curing Conditions. *Indian Journal of Engineering and Materials Sciences*, 28(3), 286-299.

Ekin N., Uyanik O., 2021a. Comparison of Static and Dynamic Elastic Moduli in Concrete: Effects of Compressive Strength, Curing Conditions and Reinforcement. *Iranian Journal of Science and Technology, Transactions of Civil Eng.*, 45, 2327–2343.

Ekin N., Uyanik O., 2021b. Anisotropy of Reinforced Concrete from Geophysical Methods. *Science of Sintering*, 53(3), 323-345.

Fodil N., Chemrouk M., Ammar A., 2019. The Influence of Steel Reinforcement on Ultrasonic Pulse Velocity Measurements in Concrete of Different Strength Ranges, IOP Conf. Series: *Materials Science and Engineering* 603, 022049.

Gopalaratnam V.S., Abu-Mathkour H.J., 1987. Investigation of Pull Out Characteristics of Steel Fibers from Mortar Matrices, Proceedings, International Symposium on Fiber Reinforced Concrete, 2. 201-2. 211.

Hannachi S., Guetteche M.N., 2014. Review of The Ultrasonic Pulse Velocity Evaluating Concrete Compressive Strength on Site. Scientific Cooperationsn International Workshops on Engineering Branches 8-9 August 2014, Koc University, ISTANBUL/TURKEY.

İMO, 2020. 30 Ekim 2020 Tarihinde Meydana Gelen İzmir Depremi Raporu, TMMOB İnşaat mühendisleri odası,

Erişim adresi: https://imop.imo.org.tr/resimler/dosya_ekler/10bbe21c635d042_ek.pdf

İMO, 2023. Deprem raporları (İzmir, Elazığ, Kahramanmaraş), TMMOB İnşaat mühendisleri odası, Erişim adresi: <https://www.imo.org.tr>

Karabulut S., 2019. Non-Destructive Methods for Determining Weathering in Historical Monuments: A Case Study from Merv City, Turkmenistan, *Yerbilimleri*, 40(2), 210-233.

Kencanawati N.N., Anshari A.B., Paedullah A.G., Shigeishi M., 2018. The Study of Ultrasonic Pulse Velocity on Plain and Reinforced Damaged Concrete, MATEC Web of Conferences 195, 02026.

Konca C., 2006. Çimento Cinsi, Donatı Çapı ve Tipinin Beton-Donatı Aderansına Etkisi, İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği ABD, YL Tezi, 53s.

Lencis U., Üdris A., Korjamins A., 2011. Decrease of the Ultrasonic Pulse Velocity in Concrete Caused by Reinforcement, *Journal of Materials Science and Engineering A1*. 1016-1028.

Lotfi H., Moudden A., Faiz B., 2013. Ultrasonic Evaluation of the Depth and the Diameter of the Rods of Reinforced Concrete, *International Journal of Mat. Eng.*, 3(2), 17-27.

Malhotra V.M., Carino N.J., 2004. Hand Book on Non-Destructive Testing in Concrete, CRC Press., 2nd Edition, 384p, Boca Raton, eBook ISBN: 9780429191213.

Öziçer S., Uyanık O., 2017. Beton Dayanımının Yerinde P Dalga Hızından Belirlenmesi ve İzmir Örneği. *SDÜ Uluslararası Teknoloji Bilimler Dergisi*, 9(1), 1-16.

Parihar H.S., Shanker R., Singh V., 2022. Effect of Variation of Steel Reinforcement on Ultrasonic Pulse Velocity Prediction in Concrete Beam, *Materials Today: Proceedings*, 65, 1486–1490

Pucinotti R., Hinterholz L., D'Elia A., Lorenzo R.A.D., 2007. Influence of Steel Reinforcement on Ultrasonic Pulses Velocity, 4th International Conference on NDT.

Reufi E., Marku J., Bier T., 2016. Ultrasonic Pulse Velocity Investigation of Polypropylene and Steel Fiber Reinforced Concrete, World Academy of Science, Engineering and Technology, *International Journal of Civil and Environmental Eng.*, 10(3), 332-335.

Sabbağ N., 2016. Determination of Concrete Quality by Geophysical Methods. Süleyman Demirel University, Institute of Science and Technology, Department of Geophysics Engineering, PhD thesis, 172p (in Turkish).

Sabbağ N., Uyanık O., 2016. Time-Dependent Change of Seismic Velocities on Low Strength Concrete. *The Online Journal of Science and Technology*, 6(4), 49-57.

Sabbağ N., Uyanık O., 2017. Prediction of Reinforced Concrete Strength by Ultrasonic Velocities. *Journal of Applied Geophysics*, 141, 13–23.

Sabbağ N., Uyanık O., 2018. Doygun Betonların Statik ve Dinamik Elastik Parametrelerinin Karşılaştırılması. *Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 18(017201), 1181-1189.

Sagar R.V., Dutta M., 2021. Combined Usage of Acoustic Emission Technique and Ultrasonic Pulse Velocity Test to Study Crack Classification in Reinforced Concrete Structures, *Nondestructive Testing and Evaluation*, 36(1), 62–96.

Shah A.A., Ribakov Y., 2011. Recent trends in steel fibered high-strength concrete, *Mater. Des.*, 32 (8–9), 4122–4151.

TBDY, 2018. Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği, Ek Deprem Etkisi Altında Binaların Tasarımı İçin Esaslar, Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı Ankara, Erişim adresi: <https://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2018/03/20180318M1-2-1.pdf>

THBB, 2020. Elazığ Depremi İnceleme raporu, Türkiye Hazır Beton Birliği, Erişim adresi: <https://www.thbb.org/teknik-bilgiler/deprem-inceleme-raporlari/elazig-depremi/>

TS 500, 2000. Türk Standartları 500, Betonarme Yapıların Tasarım ve Yapım Kuralları.

TS 708, 2010. Türk Standartları 708, Çelik-Betonarme İçin- Donatı Çeliği Standardı.

Uyanık O., 1991. Kaya Mekaniği ve Jeofizik Laboratuvar Parametrelerinin İlişkilendirme Açısından Önemi, Dokuz Eylül Üniv. Müh.-Mim. Fak. Jeofizik Müh. Böl., İzmir (Lisans Tezi).

Uyanık O., 1999. Kayaçlarda sismik hızlar ve kayma direncinin incelenmesi, 52. Türkiye Jeoloji Kurultayı, 63-70.

Uyanık O., 2012. Sismik Hızlardan Beton Dayanımının Belirlenmesi. *Jeofizik Bülteni*, 23(70), 25-30.

Uyanık O., Tezcan S., 2012. Determination of concrete strength by ultrasonic method. *Geophysical Bulletin*, 41–45.

Uyanık O., Çatlıoğlu B., Uyanık N.A., Öncü Z., Sabbağ N., 2012a. Determination of concrete quality of reinforced concrete structures from seismic ultrasonic velocities in urban transformation projects. 1st Earth Sciences Symposium, 18-20.

Uyanık O., Çatlıoğlu B., Sabbağ N., Öncü Z., Uyanık N.A., 2012b. Kayaçların Fiziksel Özellikleri ile Sismik Ultrasonik Hızlar Arasındaki İlişkilendirmeler. 1. Yerbilimleri Sempozyumu, 165-169.

Uyanık O., Gülay F.G., Tezcan S., 2012c. Beton Dayanımının Tahribatsız Ultrasonik Yöntemle Tayini. *Hazır Beton Dergisi*, 82-85.

Uyanık O., Sabbağ N., Uyanık N.A., Öncü Z., 2019. Prediction of Mechanical and Physical Properties of Some Sedimentary Rocks from Ultrasonic Velocities. *Bulletin of Engineering Geology and the Environment*, 78, 6003-6016.

Uyanık O., Şenli G., Çatlıoğlu B., 2013. Binaların Beton Kalitesinin Tahribatsız Jeofizik Yöntemlerle Belirlenmesi, *SDÜ Uluslararası Teknoloji Bil. Dergisi*, 5(2), 156-165.

Xu J., Wei H., 2019. Ultrasonic Testing Analysis of Concrete Structure Based on S Transform, *Shock and Vibration*, 2019, 2693141.

Xu Y., Jin R., 2018. Measurement of Reinforcement Corrosion in Concrete Adopting Ultrasonic Tests and Artificial Neural Network, *Const. and Build. Mat.*, 177, 125-133.

Yerlici V., Ozturan T., 2002. Yüksek Dayanımlı Betonlarda Aderans Dayanımı, *IMO Teknik Dergi*, 171, 2527-2554.

ARAŞTIRMA VERİSİ (*Research Data*)

Çalışma kapsamında kullanılan veriler yazarlar tarafından elde edilmiştir.

ÇIKAR ÇATIŞMASI / İLİŞKİSİ (*Conflict of Interest / Relationship*)

“Düşük Dayanımlı Donatılı Betonlarda Donatının Sismik Hızlara Etkisi” isimli makalemiz ile ilgili herhangi bir kurum, kuruluş, kişi ile mali çıkar çatışması yoktur ve yazarlar arasında çıkar çatışması bulunmamaktadır.

YAZARLARIN KATKI ORANI BEYANI (*Author Contributions*)

- Çalışmanın tasarlanması (*Designing of the study*): O.U.
- Literatür araştırması (*Literature research*): N.E., N.A.U
- Saha çalışması, veri temini/derleme (*Fieldwork, collection/compilation of data*): N.E., O.U.
- Verilerin işlenmesi/analiz edilmesi (*Processing/analysis of data*): N.E., O.U.
- Şekil/Tablo/Yazılım hazırlanması (*Preparation of figures/tables/software*): N.E., N.A.U.
- Bulguların yorumlanması (*Interpretation of findings*): N.E.,N.A.U., O.U.
- Makale yazımı, düzenleme, kontrol (*Writing, editing and checking of manuscript*): N.E., N.A.U., O.U.