

Tahribatlı ve Tahribatsız Beton Testlerinin, Güçlendirme Yapılacak Binalardaki Sonuçlarının Analizi

Arif Hikmet ÇAKOĞLU*

Gayrimenkul Geliştirme ve Yönetimi Bölümü, Boyabat İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi,

Sinop Üniversitesi, Türkiye

<https://orcid.org/0000-0002-8055-7858>

Araştırma Makalesi

Geliş Tarihi

10/11/2024

Kabul Tarihi

13/01/2025

DOI

<https://doi.org/10.7056/2/tubid.1582509>

Özet

Mevcut yapıların beton dayanımının belirlenmesi konusunda en çok bilinen ve kullanılan hasarlı tespit metodu olan karot yöntemidir. Karot yönteminin numune alınırken betonun yanı sıra içindeki demir donatıdan da parça koparması sonrası oluşan boş hacim güçlendirme harçları ile doldurulsa da zahmetli bir çalışma olmasıyla beraber yine de betonarme elemanın dayanımında zayıflamaya sebep olabilmektedir. Yapılara hasar vermeden beton dayanımının belirlenebilmesi için alternatif yöntemler araştırılmaya devam etmektedir. Bunların arasında ultrasonik ses hızı yöntemi ve beton test çekici yöntemi bulunmaktadır. Boyabat ilçesi, ülkemizin Kuzey Anadolu Fay hattına yakın olması nedeniyle deprem tehlike risk bölgesinde yer almaktadır. Bu ilçedeki okulların deprem testi sonuçlarına göre alınan kararlar arasında bazılarının güçlendirilmesi de bulunmaktadır. Güçlendirme kapsamındaki iki okulun karot yöntemi ile belirlenen beton dayanım testlerinin sonuçları, söz konusu binalarda ultrasonik ses hızı ve beton çekici sonuçları ile karşılaştırılarak, hasarlı ve hasarsız beton dayanım test sonuçları arasında uyum olup olmadığı araştırılmıştır. Yüksek oranda benzerlik olması halinde binalarda hasarlı beton testlerinden önce hasarsız beton dayanım testlerinin uygulanarak zaman tasarrufu sağlanması ve düşük zahmetli bir çalışma olmasına yönelik fikir vermesi amaçlanmıştır. Ayrıca taze dökülen betonlar için alınan numunelerin 28 günlük dayanım testi sonuçları olumsuz çıkması halinde yapı elemanlarının tamamının değil de tahribatsız test sonuçlarına göre ilgili elemanların kırılması ile zaman ve masraf açısından tasarruf sağlanması amaçlanmıştır. Elde edilen veriler doğrultusunda karot ve tahribatsız beton dayanım testlerinden özellikle ultrasonik ses hızı sonuçları arasında yüksek oranda benzerlik olduğu tespit edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Tahribatsız beton testleri, güçlendirme, beton dayanımı.

Analysis of the Results of Destructive and Non-Destructive Concrete Tests in Buildings to be Strengthening

Research Article

Received

10/11/2025

Accepted

13/01/2025

Abstract

The most widely known and used damage detection method for determining the concrete strength of existing structures is the core method. Although the core method removes parts of the concrete as well as the iron strengthened during sampling, the empty volume is filled with reinforcement mortars, it is a laborious work, but it can still cause weakening in the strength of the strengthened concrete element. Alternative methods continue to be investigated to determine concrete strength without damaging the structures. These include ultrasonic sound velocity method and concrete test hammer method. Boyabat district is located on the earthquake hazard risk zone due to its proximity to the North Anatolian Fault line of our country. Among the decisions taken according to the earthquake test results of the schools in this district is the retrofitting of some of them. The results of the concrete strength tests determined by the core method of the two schools within the scope of retrofitting were compared with the results of ultrasonic sound velocity and concrete hammer in the buildings in question, and it was investigated whether there was agreement between the damaged and undamaged concrete strength test results. If there is a high degree

of similarity, it is aimed to save time by applying undamaged concrete strength tests before the damaged concrete tests in the buildings and to give an idea for a low laborious study. In addition, if the 28-day strength test results of the samples taken for freshly poured concrete are negative, it is aimed to save time and expense by breaking the relevant elements according to the non-destructive test results, rather than the entire structural elements. In line with the data obtained, it was determined that there was a high degree of similarity between the results of core and non-destructive concrete strength tests, especially ultrasonic sound velocity.

Keywords: Non-destructive concrete tests, strengthening, concrete strength.

1. Giriş

Ülkemizin %95 i deprem bölgesinde olması ve son olarak 6 Şubat 2023 tarihli büyük depremler, binaların yapım aşamasında daha bilinçli olmayı gerektirmiştir. 2007 yılındaki deprem yönetmeliği (1) ile ilk kez mevcut yapıların güçlendirilmesi de alternatif olarak sunulmuştur. Özellikle 1. ve 2. derece deprem bölgelerindeki orta yaş ve üstü binaların yapılan dayanım testleri sonucuna göre yıkım ya da güçlendirme kararı verilebilmektedir. Güçlendirme maliyetinin, yıkıp yeniden yapım maliyetine oranı da bu karar verme sürecinde etkili olmaktadır.

Bilindiği üzere 1998 deprem yönetmeliği ile 1. ve 2. Derece deprem bölgelerinde C20, diğer bölgelerde ise en az C16 beton sınıfı kullanma zorunluluğu vardı. Son 2018 deprem yönetmeliği ile tüm bölgelerde en az C25, hazır beton değilse C30 beton sınıfının kullanılma zorunluluğu bulunmaktadır (2). Yine aynı yönetmelik ile “deprem bölgeleri” kavramı ortadan kaldırılarak “en büyük yer ivmesi değerleri” dikkate alınmış ve her bir yerleşim alanının koordinatına bağlı deprem tehlikelerinin belirlendiği yeni sınıflandırma yapılmıştır. Yeni sınıflandırmaya göre önceden en tehlikeli olan 1. Derece bölge, bölgesel yer ivmelerine (PGA) göre üçe ayrılmıştır (0.33-0.50 ve >0.75) (2).

Yapım işlerinde kullanılan betonlardan numuneler alınarak 28 günlük basınç dayanımlarının uygun olup olmadığı test edilmekte, sonuçlar değerlendirilirken aynı taze beton harmanından iki veya daha fazla deney numunesinin verilerinden herhangi birinin değeri ortalamanın %15 ve üzerinde sapma olursa numune sonuçlarının hepsi reddedilir. Ancak, ikiden fazla numune olması durumunda, yapılacak incelemelerde numunelerden birinin ortalamaya dahil edilmemesini haklı gösterecek sebep bulunursa yalnızca bu sonuç ortalamaya dahil edilmez ve diğer numune sonuçları değerlendirmede kullanılır (3). Tahribatsız beton dayanım testleri ile taze dökülen beton yapı elemanları üzerinde ölçümler yapılarak bu konuda da kolaylaştırıcı bir çözüm yöntemi belirlenebilecektir. Son yıllarda hasarsız beton test sonuçlarının yapay sinir ağları ve regresyon analizleri ile birlikte değerlendirilerek mevcut betonların basınç dayanımlarının tahmin edilmesine yönelik çalışmalar da vardır (4). Yapılan bir çalışmada ultrasonik ses hızı sonuçları ile betonun elastisite modülü değerleri arasında tahmin performansının yüksek çıktığı görülmüştür (5). Yine, tarihi Diyarbakır Ulu Camiinin dış duvar ve kolon taşları beton çekici ve ultrasonik ses hızı yöntemleriyle sırasıyla 87 MPa, ve 53 MPa civarında belirlenmiştir (6). Bir başka çalışmada ise, taze beton numunelerin basınç ve yarmada çekme deney sonuçları ile ultrasonik ses hızı ve beton çekici değerleri arasındaki değerler arasında uyumluluk gözlenerek üstel denklemler elde edilmiştir (7).

Karot, beton dayanımının tespiti için kullanılan en yaygın metot olup silindirik şekilde numuneyi beton eleman içinden alırken aynı zamanda demir çubukları da kesmekte dolayısıyla çelik donatıdaki sürekliliğin bozulmasına neden olmaktadır. Karot alınan nokta sonradan beton güçlendirme harcı ile doldurulsa da eski-yeni beton aderansındaki uzun süreç ve demir donatıdaki eksiklik, bu yöntemin olumsuz yönleridir. Genellikle betonarme elemanın moment sıfır noktalarından alınmasına dikkat edilse de bu nokta tecrübeye dayalı tahmin ile tespit edilmektedir. Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı'nın "riskli yapıların tespit edilmesine ilişkin esaslar" başlıklı yayınlarında da karot ile test numunesi alınmasına dair açıklama yer almaktadır (8).

Sinop İli, Boyabat İlçesi Kuzey Anadolu Fayına yaklaşık 75 km mesafede olmakla birlikte deprem riski yüksek bir konumda yer almaktadır (9) (Şekil 1). Bu çalışmada Boyabat İlçesinde, Millî Eğitim Bakanlığı'nca deprem dayanım testleri -tahribatlı yöntem olan karot ile- yapılan ve güçlendirme kararı verilen iki okuldan alınan sonuçlar ile aynı okullarda tahribatsız beton dayanım testleri kullanılarak elde edilen sonuçlar karşılaştırılarak aralarında doğrusal ilişki olup olmadığı araştırılmıştır.



Şekil 1. Boyabat ve civarı diri deprem fay haritası (10)

1943 yılında meydana gelen 7.2 büyüklüğündeki Tosya-Ladik depreminde Boyabat ilçesinde can ve mal kayıpları olmuştur (9).

Tablo 1. Olası deprem durumunda Sinop güney ilçelerinde hasar tespit analizi (11)

No	İlçe	Bina Sayısı	Az Hasarlı Bina	Orta Hasarlı Bina	Ağır Hasarlı Bina	Yıkık Bina
1	Boyabat	17201	2353	1587	837	34
2	Durağan	9556	1399	988	546	19
3	Saraydüzü	5320	924	897	844	86
4	Dikmen	1948	161	72	20	0
5	Gerze	317	24	10	2	0
	Toplam	34342	4861	3554	2249	139

AFAD Deprem Dairesi Başkanlığınca, başta Sinop İli güneyi olmak üzere muhtemel 7.4 büyüklüğünde deprem senaryosu sonrasında olabilecek risk analiz çalışması yapılmıştır (11). Bu çalışma sonucunda elde edilen tahmini beklenen hasar durumu Tablo 1 ‘de verilmiştir.

2. Materyal ve Yöntem

Beton; agrega, çimento, su ve gerekirse katkı maddesi karışımından imal edilen kompozit bir malzeme olup, dayanım sınıflarına göre betonun üretimi hakkında esaslar TS 802’de açıklanmıştır (12). Ucuz ve dünyada en çok kullanılan kompozit malzeme olan betonun istenilen asgari dayanımında olması oldukça önem arz etmektedir. Ülkemizde bina yapımında son deprem yönetmeliğine göre en az C25/30 beton sınıfı kullanımı zorunlu olmuştur (2). Önceki deprem yönetmeliklerinde ise geriye doğru C20/25 ve C16/20 koşulu vardı. Beton sınıfları TS 500’de belirlenmiş ve statik tasarım ve basınç dayanım testlerinde dikkate alınması zorunludur (13).

Tablo 2. TS 500 Beton dayanım sınıfları (13)

Beton Sınıfı	Karakteristik Basınç Dayanımı (Silindir, MPa)	Eşdeğer Küp Basınç Dayanımı (MPa)
C16	16	20
C18	18	22
C20	20	25
C25	25	30
C30	30	37
C35	35	45
C40	40	50
C45	45	55
C50	50	60

Yerinde yapılan ölçümlerde, Sinop Üniversitesi Boyabat Meslek Yüksekokulu İnşaat Teknolojisi Bölümü Malzeme Laboratuvarında bulunan Alman menşeli Proceq marka beton çekici ile aynı marka ultrasonik ses ölçüm cihazı kullanılmıştır (Şekil 2).



Şekil 2. Ultrasonik ses hızı ölçüm cihazı

Ölçüm sırasında, yapı elemanının her iki ucuna gres yağ sürüldükten sonra bir ucuna ultra ses üreten bir verici prob diğer ucuna da ses dalgalarını toplayan bir alıcı yerleştirilmiştir. Alıcı prob tarafından sesin malzeme içinde bir uçtan bir uca ulaşması için geçen zaman (mikrosaniye cinsinden) belirlenmektedir. Bu yöntemde hata payı $\pm \%20$ dolayındadır (14). Jeofizik mühendisliği alanında kayaçların basınç dayanımlarının belirlenmesinde kullanılan ultrasonik ses hızı ile beton dayanımlarının belirlenmesi yönünde de çalışmalar vardır (15).

Avrupa’da Nisan 2010 tarihinde yürürlüğe giren EN 13-791 (2003) no’lu standart ülkemizde de Türkçe’ye çevrilmiştir. Bu standarda göre

$$f_v = 62.5 v^2 - 497.5v + 990 \quad (1)$$

formülü verilmiş ise de bu formülün $f_v = 0-42$ MPa aralığında sonucun hatalı olacağı ($v=4$ km sn⁻¹ için $f_v = 0$, $V=4.80$ km sn⁻¹ için ise $f_v = 42$ MPa) yönünde yapılan değerlendirmeler üzerine,

$$F_{ck} = 2.6 V_p^{1.8} \quad (2)$$

formülünün daha gerçekçi olacağı belirlenmiştir (16).

F_{ck} ; betonun 28 günlük basınç dayanımını, V_p ; ultrasonik ses hızını (km/sn) olarak ifade etmektedir.

Sıvalı yüzeyli betonarme elemanların ultrasonik ses hızı hesaplanırken sıva kalınlığının da dikkate alındığı “düzeltmeli formül” kullanılabilir (17).

$$V_{p0} = V_p (1-e)^{-1} \quad (3)$$

$$E = (S_1 + S_2) [(V_p V_{ps}^{-1}) - 1] h_o^{-1} \quad (4)$$

Burada; S_1 ve S_2 sıva kalınlıkları, V_p sıvalı yüzeyde ölçülen hız, V_{ps} sıvanın ultrason hızı, h_o ise elemanın sıvasız brüt kalınlığı.

Ultrasonik ses hızı değerleri ile beton kalitesi arasındaki ilişki International Atomic Energy Agency (18) el kitabında aşağıdaki Tablo 3’ de verilmiştir.

Tablo 3. Ultrases ile beton kalitesi ilişkisi (18)

Ultrasonik Hız (m sn ⁻¹)	Beton kalitesi
>4500	Çok iyi
3500-4500	İyi
3000-3500	Orta
2000-3000	Zayıf
<2000	Çok zayıf

Whitehurst’a (19)’a göre titreşim hızı ve beton dayanımı arasındaki ilişki tekil olmayıp, birçok nedenden (agrega boyutu, tipi, içeriği, çimento türü ve içeriği, su çimento oranı, nem içeriği) kaynaklanabilmektedir.

Hasarsız beton dayanım testlerinden en çok bilinenlerden biri beton çekicidir. Beton elemana aynı yüzeyden en az 10 itki tepkimeli vuruş sonrası okunan değerlerin çekiç üzerindeki diyagram aracılığı ile dayanım değerinin okunmasına dayanmaktadır. Beton çekici yaklaşık 20*20 cm lik test yüzeyine dik bir şekilde yerleştirilir. Çekiç ile test yüzeyine yavaşça bastırılır. Tetiklenmeden sonra alt tarafta bulunan düğmeye basarak darbe çubuğu kilitlenir. Cihaz üzerindeki göstergeden geri tepme sayısı (R) okunur. Her test yüzeyi için en az 10 ayrı noktada vuruş yapılır. Bulunan ortalama R değeri dönüşüm eğrisinde yerine konularak R değerine karşılık gelen beton basınç dayanımı okunur.

Tahribatsız yöntemler, karot gibi tahribatlı yöntemlere kıyasla zaman, işçilik, maliyet gibi avantajlar içermektedir (Tablo 4). Güvenilirliği konusunda yapılan çalışmalara göre beton test çekici deney sonuçları %60-70 aralığında doğruluk oranına sahiptir (20). Ultrasonik ses dalga hızları ile yapılan ölçümler ise yine %75-80 oranlarında tahribatlı yöntem sonuçları ile benzerlik göstermektedir (11).

Tablo 4. Hasarlı ve hasarsız beton testlerinin karşılaştırılması

Tahribatlı yöntemler	Tahribatsız yöntemler
Yapıya zarar verebilir.	Yapıya zarar vermez.
Tekrar edilmez.	Tekrar edilebilir.
Tek başına sonuç verir.	Tek başına anlamlı sonuç vermeyebilir.
Maliyeti yüksektir.	Maliyeti düşüktür.
Standart sapması düşüktür.	Standart sapması yüksektir.
Hata oranı düşüktür.	Hata oranı yüksektir.

3. Bulgular ve Tartışma

Çalışma kapsamındaki her iki okul binası da 35 ve üzeri yaşadadır.

Tablo 5. Boyabat Cumhuriyet Ortaokulu beton testi değerleri

Numune	Kat Bilgisi	Eleman Aksı	Dayanım (MPa)	Düz. Dayanım (MPa)	Beton Test Çekici	Ultrasonik S.H. (m sn ⁻¹)
K1	Zemin Kat	5/C Kolon	11.2	10.45	16	1652
K2	Zemin Kat	1-/2A Perde	12.22	11.75	12	1725
K3	Zemin Kat	2/D Kolon	14.77	14.21	16	1962
K4	Zemin Kat	4/C Kolon	5.81	5.57	8	1425
K5	Zemin Kat	6/D Kolon	16.61	16	15	2705
K6	Zemin Kat	A-B/8 Perde	12.74	12.25	12	1806
K7	Zemin Kat	5/A Kolon	10.88	10.45	13	1365
K8	1. Kat	3/D Kolon	9.5	8.85	10	1103
K9	1. Kat	2A/B Perde	11.77	11.31	16	1695
K10	1. Kat	1-2/E Perde	13.67	13.15	12	1894
K11	1. Kat	4/C Kolon	13.07	12.57	13	1798
K12	1. Kat	6A/B perde	12.12	11.65	13	1765
K13	1. Kat	7/B Kolon	13.59	13.07	14	1798
K14	1. Kat	5/E Kolon	17.27	16.64	14	2795
K15	2. Kat	2A/B Perde	10.2	9.51	11	1196
K16	2. Kat	2/C Kolon	6.87	6.59	11	1486
K17	2. Kat	4/C Kolon	14.02	13.49	14	1925
K18	2. Kat	3/B Kolon	7.94	7.62	11	1231
K19	2. Kat	6/D Kolon	12.99	12.49	13	1865
K20	2. Kat	7/B Kolon	13.01	12.51	13	1982
K21	2. Kat	8/C Kolon	14.23	13.69	14	2165

Tablo 5 ve Tablo 6’da verilen karot beton dayanım testi ve düzeltilmiş beton dayanım değerleri Milli Eğitim Bakanlığı tarafından bir firmaya yaptırılmıştır (21).

Tablo 6. Boyabat Binerli İlkokulu beton testi değerleri

Numune	Kat Bilgisi	Eleman Aksı	Dayanım (MPa)	Düz. Day.(MPa)	Bet. Test Çekici	Ultrasonik S.H. (m s ⁻¹)
K1	Zemin Kat	2/D Kolon	10.36	9.95	14	1722
K2	Zemin Kat	3/B Kolon	12.08	11.61	15	1852
K3	Zemin Kat	4/D Kolon	15.59	15.01	18	2285
K4	Zemin Kat	5/B Kolon	9.84	9.45	13	1824
K5	Zemin Kat	6/C Kolon	16.67	16.08	18	2452
K6	Zemin Kat	1/C Kolon	10.4	9.7	13	1925
K7	1. Kat	3/D Kolon	11.68	11.22	15	2065
K8	1. Kat	1/C Kolon	12.12	11.65	15	1785
K9	1. Kat	4/B Kolon	10.84	10.41	11	1752
K10	1. Kat	5/D Kolon	18.53	17.87	15	2185
K11	1. Kat	6/A Kolon	13.6	12.7	13	1925



Şekil 3. Beton test çekici ile ölçüm yapılması



Şekil 4. Ultrasonik ses hızı ölçümü yapılması

Yapılan beton çekici test sonuçları ile ultrasonik ses hızı ölçüm değerlerinin (Şekil 3 ve 4), önceden yapılan karot testleri sonuçları aralarında anlamlı bir ilişki olup olmadığı korelasyon sonuçlarıyla aşağıdaki Tablo 7’de verilmiştir.

Tablo 7. Hasarlı ve hasarsız beton test sonuçları arasında korelasyon değerleri

Korelasyon (r) değeri belirlenenler	Cumhuriyet Ortaokulu	Binerli İlkokulu
Karot –Beton test çekici	0.7063	0.6543
Karot – Ultrasonik ses hızı	0.8517	0.8180
Karot (düzeltilmiş)-Beton test çekici	0.7018	0.6675
Karot (düzeltilmiş)-Ultrasonik ses h.	0.8600	0.8184
Ultrasonik ses h.-Beton test çekici	0.5645	0.7991

Bilindiği üzere, korelasyon değerleri 1’e yaklaştıkça iki veri arasında uyumun yüksek olduğu sonucu anlaşılmaktadır. Yukarıdaki tablodan görüleceği üzere, tahribatlı beton testi karot değerleri ile tahribatsız beton testleri arasında özellikle ultrasonik ses hızı sonuçları arasında yüksek oranda (>0,80) benzeşim bulunmaktadır. Bu da, taze dökülen betonlardan alınan numunelerin basınç dayanımlarının beklentilerin altında kalması halinde, yapı elemanlarından hangisinin düşük beton kalitesine sahip olduğunun belirlenmesi konusunda yol gösterecektir. İki tahribatsız beton testi arasında ise Binerli İlkokulu’ndaki sonuç (0.7991) ile yüksek denilebilecek düzeyde iken, Cumhuriyet Ortaokulu’ndaki korelasyon değeri (0.5645) ile orta/düşük çıkmıştır.

4. Sonuç

Tahribatsız beton dayanım testlerinden, tahribatlı beton testi karot sonuçlarına en uyumlu olan ultrasonik ses hızı ölçüm değerleri olmuştur. Ancak, ultrasonik ses hızı ölçüm cihazının elektrikli olması, düşük bir miktar da olsa kullanım alanının kısıtlı olmasına neden olabilmektedir.

Bina inşaatlarında bilindiği üzere dökülen taze beton miktarına göre dayanım testi yapılması için numuneler alınmaktadır. Numunelerin 28 günlük test sonuçları beklentilerden düşük olması durumunda dökülen betonun kırılarak imha edilmesi gerekmektedir. Oysa, taze dökülen betonların 7. ve 28. günlerinde ultrasonik ses dalgaları ile ölçüm yapıp, basınç dayanım testinin olumsuz çıkması durumunda 28 gün önce dökülen tüm beton elemanların değil, ultrasonik ses hızı ölçümleri ile sonucu düşük çıkan elemanların yıkımı tercih edilerek zaman ve malzemedan tasarruf sağlanabilir.

Ülkemizin önemli bir bölümünün deprem kuşağında yer almasından dolayı özellikle deprem tehlike riski yüksek yerleşim alanlarındaki orta yaş ve üzeri binaların, çabuk ve külfetsiz olması nedeniyle tahribatsız beton testlerinin her ikisinin sonuçlarının birlikte değerlendirilerek zaman kazanılması sağlanacaktır. Her iki test sonucunun olumsuz çıktığı yapı elemanları için gerekirse teknik eleman görüşü ile karot testinin de yapılması halinde daha kesin sonuç elde edilmiş olur.

Kaynaklar

1. Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik, Resmi Gazete Sayı:26454, Tarih: 06.03.2007
2. Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği, AFAD, Resmi Gazete Sayı: 30364, Tarih: 18.03.2018
3. TSE 13515:2019. TS EN 206'nın uygulanmasına yönelik tamamlayıcı standart, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
4. Yörübulut S, Doğan O, Erdoğan F, Yörübulut S. Tahribatsız yöntem verileri kullanılarak yapay sinir ağı ve regresyon yöntemi ile beton basınç dayanımının tahmin edilmesi. Uluslararası Mühendislik Araştırma ve Geliştirme Dergisi, 2020; 12 (2): 769-776.
5. Abdullah V, Aydın E, Bedirhanoglu İ. Beton elastisite modülünün ultrasonik ses dalgası yayılma hızı ile tahmin edilmesi. Dicle Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Mühendislik Dergisi, 2017; 8 (3):475-484.
6. Aksoy HS, Karaton M. Tarihi yığma yapıların malzeme karakteristiklerinin hasarsız yöntemlerle belirlenmesi: Diyarbakır Ulu Camii Örneği. Bitlis Eren Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi, 2019; 8 (1): 109-117.
7. Turan M, Tanrikulu MA. Hasarsız deney yöntemleri ile beton kalitesinin belirlenmesi. Dumlupınar Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 2013; 32: 41-56.
8. T.C. Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı (Altyapı ve Kentsel Dönüşüm Hizmetleri Genel Müdürlüğü). Riskli yapıların tespit edilmesine ilişkin esaslar. <https://webdosya.csb.gov.tr/db/altyapi/icerikler/ek-2-ryteie-20190705155915.PDF>. Yayın tarihi Haziran 21, 2019. Erişim tarihi Aralık 4, 2024.
9. Aslan R, 1943 Ladik Depremi, Journal of Humanities and Tourism Research, 2020; 10 (1): 143 – 160.
10. AFAD, <https://tdth.afad.gov.tr/TDTH/main.xhtml>
11. İRAP, T.C. Sinop Valiliği, İl Afet ve Acil Durum Müdürlüğü “İl Afet Risk Azaltma Planı” 2021.
12. TS 802. (2006) Beton Karışımı Hesap Esasları.
13. TS 500. (2000). Betonarme Yapıların Tasarım ve Yapım Kuralları
14. Malhotra VM, Carrette GG. In Situ Testing for Concrete Strength, CANMET Report, 1979; 20: 79-30.

15. Özçep F, Karabulut S, Özgüven B, Sanlı O. Tahribatsız test yöntemleri ve ultrasonik hız ölçümleri. İstanbul Üniversitesi Jeofizik Mühendisliği Bölümü. Kasım 2012. www.jeofizik.org.tr
16. Uyanık O, Gülay FG, Tezcan S. Beton dayanımının tahribatsız ultrasonik yöntemle tayini. Hazır Beton Dergisi, 3 Ocak - Şubat 2012.
17. Erdoğan TY. Beton. Metu Pres, Ankara, 2003: 478-512.
18. International Atomic Energy Agency, Guidebook On Non-Destructive Testing Of Concrete Structure, Training Course Series. 2002.
19. Whitehurst EA, Soniscope test concrete structures. Journal of American Concrete Institute, Proceeding, 1951; 47: 443-444.
20. Türkel S, Yazıcı H, Baradan B, Beton tabancası deney yönteminin güvenilirliğine ilişkin iki uygulama, Türkiye İnşaat Müh. XVI. Teknik Kongre ve Sergisi, Teknik Notlar Kitabı, Ankara, 2001: 218-228.
21. T.C. Milli Eğitim Bakanlığı İnşaat ve Emlak Daire Başkanlığı, Durum Değerlendirme Raporu 2016/7. Grup İllerdeki Eğitim Kurumu Binaları ve Eklentilerinin Deprem Tahkikinin Yapılması ve Gerekmesi Halinde Güçlendirme Projesinin Hazırlanması; 2017.