DEPREMDE HASAR GÖRMÜŞ BETONARME YAPILARIN BETON KALİTESİNİ BELİRLEMEDE YENİ YAKLAŞIMLAR: GÖRÜNTÜ İŞLEME ÖRNEĞİ

C. Başyiğit[1], B. Çomak[2], Ş. Kılınçarslan[3] ve Z. Kamacı[4]

[1] *Profesör, İnşaat Müh. Bölümü, Mühendislik Fakültesi, Süleyman Demirel Üniversitesi, Isparta*
[2] *Yardımcı Doçent Doktor, İnşaat Müh. Bölümü, Teknoloji Fakültesi, Düzce Üniversitesi, Düzce*
[3] *Doçent Doktor, İnşaat Müh. Bölümü, Mühendislik Fakültesi, Süleyman Demirel Üniversitesi, Isparta*
[4] *Doçent Doktor, Jeofizik Müh. Bölümü, Mühendislik Fakültesi,Süleyman Demirel Üniversitesi, Isparta*
Email: celalettinbasyigit@sdu.edu.tr

ÖZET:

Dünyada yıkıcı deprem aktivitelerinin en çok görüldüğü bölgelerden biri olan Türkiye coğrafyasında birçok depremler meydana gelmiştir. Yerleşim bölgeleri yakınında meydana gelen şiddetli depremler her zaman yıkımlara, can kayıplarına neden olmuştur. Depremden sonra yapı hasar görmüş ise, hasarın tespiti ve özellikle yapının kullanılabilirlik araştırmaları depremin hemen ardından gelen çok sayıda çağrı ile başlayıp kısa sürede ve genellikle acil bir durumda yapılması gerekir. Bu işlemlerin hızlı bir şekilde elde edilen bilgiler ve bunların değerlendirilmesiyle sonuçlandırılması gerekir. Hasar seviyesinin tespiti onarım ve güçlendirme işlemlerinin içeriği açısından gereklidir. Ağır hasarlı bir bina genellikle hiçbir çalışma yapılmadan sadece bakılarak tespit edilebilir. Hafif ve orta hasara sahip yapıların gözle tespitten ziyade tahribatlı ve tahribatsız deneylerle belirlenebilmektedir. Bu çalışmada depremde hasar görmüş betonarme yapıların, beton kalitesini belirleyebilmek için kullanılan tahribatlı ve tahribatsız test yöntemleri incelenmiş olup, beton dayanımı tespitin de yeni bir yöntem olan görüntü işleme tekniği hakkında bilgiler verilmiştir.

Sonuç olarak deprem de hasar görmüş betonarme yapıların beton kalitesini belirlemede diğer tahribatlı ve tahribatsız test yöntemleri ile birlikte veya yardımcı bir yöntem olarak görüntü işleme tekniğinin kullanılabileceği görülmekte olup, uygulanabilirlik açısından faydalı bir yöntem olacağı düşünülmektedir.

ANAHTAR KELİMELER: Görüntü işleme, hasar tespiti, beton teknolojisi, yeni test metotları.

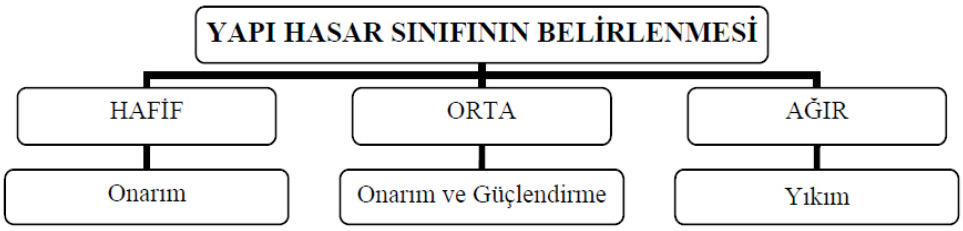
1. GİRİŞ

Yurdumuz, dünyanın en etkili deprem kuşaklarından birinin üzerinde yer almaktadır. Geçmişte yurdumuzda bir çok yıkıcı depremler olmuştur. Yurdumuzun coğrafi konumu, jeolojik ve topoğrafik yapısı incelendiğinde; Ülkemiz topraklarının % 92'sinin deprem bölgeleri içinde olduğu, nüfusumuzun % 95'inin bu bölgeler üzerinde yaşadığı ve ayrıca büyük sanayi merkezlerinin % 98'inin ve barajlarımızın %'93'ünün deprem bölgelerinde bulunduğu bilinmektedir. Yerleşim bölgeleri yakınında meydana gelen şiddetli depremler her zaman yıkımlara, can kayıplarına neden olmakla kalmamış, baraj patlamalarına, taşkın sulara, yangınlara, kaya düşmelerine, çığ ve yer kaymalarına v.b. neden olmuştur ki, bu etkiler bazen depremlerin doğrudan meydana getirdiği zararlardan daha büyük olmuştur. Deprem; yerleşim, üretim, altyapı, ulaşım ve haberleşme gibi genel hayatın zorunlu vasıtalarını ve akışını bozduğu gibi, insanlar üzerinde şok etkisi yaratmıştır. Sakatlıklara, ölümlere, bulaşıcı ve salgın hastalıklara ve psikolojik bozuklukların çıkmasına neden olmuştur. Ülkenin ve yörenin ekonomik yapısını bozmuş ve yatırımları geciktirmiştir (Abant İzzet Baysal Üniversitesi, 2013).

Ülkemizde son otuz yılda yeterli deprem güvenliği olmayan çok sayıda betonarme bina hasar görmüş veya yıkılmıştır (Tanarslan, 2012). Türkiye'deki yapı stokunun da çok büyük bir kısmı betonarme çerçevelerden oluşmaktadır. Geçmiş depremler mevcut yapı stoku içindeki betonarme binaların olası bir deprem durumunda hasar görme riskinin yüksek olduğunu göstermiştir. Bunun başlıca nedenleri, binaların ehliyetsiz kişiler tarafından, kontrolsüz olarak, kötü malzemeyle imal edilmiş olması ve tasarımın doğru yapılmamasıdır. Daha önce de söz edildiği gibi, depreme dayanıklı yapı üretimi aşamasındaki halkalarda yaşanan sorunlar deprem sonrasında can ve mal kaybı olarak karşımıza çıkmaktadır (Tüzün ve Vuran, 2011).

Depremlerden sonra binalarda ilk önce hasar tespiti yapılmalıdır. Eğer yapı hasar görmüş ise, hasarın tespiti ve özellikle yapının kullanılabilirlik araştırmaları depremin hemen ardından gelen çok sayıda çağrı ile başlayıp kısa sürede ve genellikle acil bir durumda yapılması gerekmektedir. Bu işlemlerin hızlı bir şekilde yapılarak, elde edilen bilgiler ve bunların değerlendirilmesiyle sonuçlandırılması gerekmektedir. Deprem sonrası ilk hasar tespit ve değerlendirmelerin bilinçli bir şekilde yapılması ve incelemeye konu bina hakkında verilen kararın uygunluğu söz konusu acil tespiti yapan mühendisin bilgi, beceri ve deneyimi ile doğru orantılıdır (Yüksel, 2008).

Hasar seviyesinin tespiti onarım ve güçlendirme işlemlerinin içeriği açısından gereklidir. Çünkü binalarda hasar sınıfı (hafif-orta-ağır) belirlenmeden onarım ve güçlendirmenin şeklinin belirlenmesi mümkün değildir. Binaların hasar düzeyinin tespiti için çok sayıda akademik çalışmanın olduğu bilinmektedir. Mühendis tecrübesiyle birlikte bu çalışmalardaki metotlardan birini kullanarak, binanın hasar sınıfını tespit etmelidir. Binanın hasar sınıfının tespiti kolay bir iş değil, aksine birçok parametreye bağlı oldukça karışık bir çalışmadır. Onarım ve güçlendirme işleminin bu temel basamağını yanlış veya eksik yapmak, istenmeyen sonuçlara yol açmaktadır. Eğer ağır hasarlı bir binaya hafif hasarlı denilirse, olası ikinci bir depremde daha çok can ve mal kayıpları olacaktır. Hafif hasarlı bir binaya ağır hasarlı denilirse, maliyet istenmeyen değerlere ulaşacak ve maddi yük artacaktır. Görüldüğü gibi hasar tespiti, onarım ve güçlendirme işleminin temel basamağıdır (Şekil1) (Alyamaç ve Ulucan, 2005).



Şekil 1. Yapı Hasar Sınıfı Belirleme ve Değerlendirme (Alyamaç ve Ulucan, 2005).

Ağır hasarlı bir bina genellikle hiçbir çalışma yapılmadan sadece bakılarak tespit edilebilir. Hafif ve orta hasara sahip yapıların gözle tespitten ziyade tahribatlı ve tahribatsız deneylerle belirlenebilmektedir. Bu çalışmada depremde hasar görmüş betonarme yapıların, beton kalitesini belirleyebilmek için kullanılan tahribatlı ve tahribatsız yeni test yöntemleri incelenmiş olup, beton dayanımı tespitin de yeni bir yöntem olan görüntü işleme tekniği hakkında bilgiler verilmiştir.

2. BETON KALİTESİNİ BELİRLEMEDE TAHRİBATLI VE TAHRİBATSIZ TEST YÖNTEMLERİ

Tahribatlı ve tahribatsız test yöntemleri; yapıda deprem gibi bir afet nedeni ile hasar oluşması, yapının veya bazı elemanlarının çevresel etkiler nedeni ile eskimesi, ıslanması, erimesi, şişmesi, çatlaması, parça atması gibi hasarların oluşması, önemli yapıların sürekli izlenmesi, hasarsız bir yapıya yeni işlev kazandırılması amaçlandığında yapının son durumunun tespiti gerektiğinde, onarım ve güçlendirmeden önce yapıda etraflı bir araştırma ve tespit yapılması gerektiği durumlarda, yerinde ve laboratuarda yapılır (Özçep vd., 2012).

Yapılardaki beton kalitesinin tespitinde; ülkemizde ve diğer ülkelerde önerilen değişik yöntemler mevcuttur. Bu yöntemler arasında karot alma, beton tabancası ile yüzey sertliği okuma, çekip çıkarma, ultra ses hızı ölçme vb. sayılabilir (Yazıcı vd., 2006).

2.1. Tahribatlı Test Yöntemleri

Tahribatlı yöntemler uygulandığı yapı kısmında tamir edilmesi gereken tahribatlar oluşturan testlerdir. Bu yöntem ile beton basınç dayanımını doğrudan elde etmek ve çeşitli parametreler dikkate alınarak standart numune dayanımına çevirmek mümkündür. Tahribatlı deneyler doğru uygulanmadığında yapı taşıyıcısını ciddi anlamda tehlikeye sokabilirler. Bu yöntemler içinde yer alan deneyler; gömülü numune kullanma deneyi ve karot alma deneyleridir (Ergün ve Kürklü, 2005).

2.2. Taribatsız Yöntemler

Tahribatsız deney yöntemleri, adından da anlaşılacağı gibi, deney uygulama esnasında ve sonrasında yapıda herhangi bir hasara neden olmayan ve yapısal davranışı etkilemeyen yöntemlerdir. Tahribatsız testler yeni ve eski yapılar üzerinde yapılabilir (Arıöz, 2004)..

Beton kalitesini belirlemek için kullanılan birçok tahribatsız test yöntemleri kullanılmaktadır. Bu yöntemler; Yüzey sertliği test yöntemi (Schmidt çekici), penetrasyon direnci, Windsor Probe test yöntemi, pull-out test yöntemi, break-off test yöntemi, pull-off test yöntemi, rezonans frekans test yöntemi, ultrases hızı yöntemi, olgunluk, bileşik yöntem, manyetik, elektriksel, donatı korozyonu değerlendirme, radyoaktif, nükleer, radar, gerilme dalga yayılımı, kızılötesi termografik ve akustik emisyon teknikleri şeklinde sıralayabiliriz. Bu tekniklerin hepsi, bazı kısıtlamalarla birlikte, beton üzerinde uygulanabilmektedir (Malhotra and Carino 2004; Arıöz, 2004).

Tahribatsız yöntemlerden hangisi kullanılırsa kullanılsın elde edilen sonuçlar sadece fikir sahibi olmamızı sağlayacaktır. Referans almamız gereken değerler olmadıktan sonra tahribatsız yöntemlerle elde edilen değerler sonuç belirtmemiz ve karar vermemiz için yeterli olmayacaktır. Dolayısıyla sağlıklı sonuçlar elde etmek için tahribatlı yöntemlere de ihtiyaç duyulacaktır (Ergün ve Kürklü, 2005).

2.3. Deney Yömtemlerinin Karşılaştırılması

Tahribatlı ve tahribatsız test yöntemlerini birlikte kullanarak, istenilen sayıda elemanın basınç dayanımlarını en az tahribatla hem ekonomik hem de yalnız tahribatsız yönteme kıyasla daha hassas olarak belirlemek mümkündür (Yazıcı vd., 2006).

Tahribatlı ve tahribatsız test yöntemlerden ülkemizde en çok beton çekici, ultrases ve sertleşmiş betondan karot numune alma yöntemi kullanılmaktadır. Bu yöntemler arasında kullanım ve verilerin doğruluğu açıcından farklılıklar mevcuttur. Bu farklılıkları göz önünde tutarak değişik deneyler arasında bağlantılar kurup yapıda beton özelliklerini tam olarak öğrenmeye çalışılır. Beton basınç dayanımının tayininde yerinde yöntemlerin karşılaştırması Tablo 1'de görülmektedir (Ergün ve Kürklü, 2005).

Tablo 1. Deney Yöntemlerinin Karşılaştırılması (Ergün ve Kürklü, 2005).

Deney Tipi	Güvenilirlik	Uygulama Kolaylığı	Doğruluk	Ekonomiklik
Yüzey sertliği test yöntemi (Schmidt çekici)	Zayıf	Çok İyi-İyi	Zayıf-İyi	Çok İyi
Pull-out test	İyi	İyi	İyi	Zayıf-İyi
Penetrasyon Direnci	İyi	İyi	İyi	Zayıf-İyi
Ultrases Geçiş Hızı	Zayıf-İyi	Zayıf	Zayıf-İyi	Zayıf-İyi
Gömülü Numune	İyi	Çok İyi	İyi	Zayıf-İyi
Karot Numune	İyi	Zayıf	İyi	Zayıf

3. GÖRÜNTÜ İŞLEME

Dış ortamdan çeşitli yöntem ve tekniklerle elde edilen resimlerin, bilgisayar ortamına yani bilgisayarın anlayacağı biçime dönüştürülerek meydana getirilen görüntülerin, yine çeşitli yöntem ve teknikler kullanarak üzerinde istenilen değişikliklerin yapılmasına görüntü işleme denir (Aydoğan, 2008).

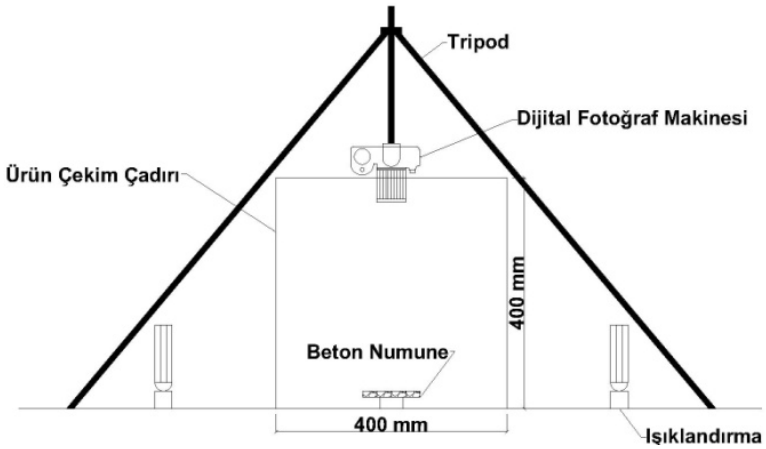
1960'lı yıllardan günümüze kadar görüntü işlemenin kullanım alanları günden güne artmıştır. Uzay araştırmalarının yanı sıra daha birçok uygulamada görüntü işleme teknikleri kullanılmaktadır. Tıpta, askeri alanda, savunmada, eğitimde, sanatta, tarımda, endüstride, coğrafyada, arkeolojide, fizikte, biyolojide, astronomide, karakter tanımada, parmak izi tanımada, x-ray'lerin ve kan örneklerinin incelenip bilgisayar tarafından yorumlanmasında ve hayatın hemen hemen tüm alanı olduğu gibi beton teknolojisinde de görüntü işleme teknikleri kullanılmaktadır (Gönen vd. 2006).

3.1. Beton Kalitesini Belirlemede Görüntü İşleme Tekniğinin Kullanılması

Başyiğit vd. (2012 a, b, c) yapmış oldukları çalışmalarında, beton kesit görüntülerinden görüntü işleme teknikleri kullanarak beton numunelerin beton basınç dayanımı tespit etmişlerdir. Bu bölümde kısaca yapılan işlemler anlatılacaktır.

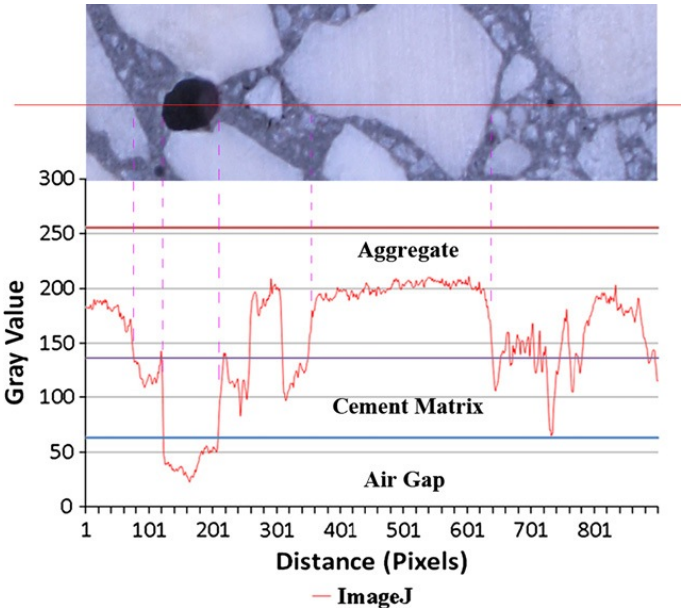
Hipotez: Bilindiği gibi karışım içerisindeki çimento miktarı arttıkça beton basınç dayanımı da artmaktadır, bununla birlikte çimento miktarının artması sonucunda beton görüntülerindeki gri renk değerlerinin artması beklenmektedir. Bu savdan yola çıkarak hazırlanan beton numuneler üzerinde sertleşmiş beton deneyleri yapılmışlar ve benzer karışıma sahip beton numuneler üzerinde görüntü işleme yöntemleri kullanmışlardır Başyiğit vd. (2012 a, b, c) .

İşlemler: S/Ç oranı, 0,79 - 0,37 arasında olmak üzere 7 farklı oran kullanılarak betonlar üretmişlerdir. Elde eldilen 100x100x100 mm boyutlarındaki beton numuneleri 20 mm, 30 mm, 30 mm ve 20 mm olmak üzere karot baş kesme makinesinde sulu kesim yaparak 4 adet parça elde etmişlerdir. 1 ve 4 nolu parçaların kesim yüzeyinden birer, 2 ve 3 nolu parçaların yüzeylerinden ise ikişer yüzeyi olmak üzere toplamında 6 kesit yüzeyi elde edilmişlerdir. Elde ettikleri kesitlerin görüntülerini Şekil 1'deki düzenek sayesinde elde etmişler ve bilgisayar oratmına aktarmışlardır Başyiğit vd. (2012 a, b, c).



Şekil 2. Dijital görüntü alabilmek için oluşturdukları düzenek Başyiğit vd. (2012b)

Bilgisayara kaydetdikleri görüntüleri IMAGEJ Versiyon 1.45s yazılımını kullaranak ilgili yöntem ve hesaplarla değerlendirmişlerdir. Beton kesit görüntülerini ön işleme tutmuşlar, açık kaynak kodlu olan ImageJ programı sayesinde görüntü boyutlarını 2350x2350 piksel boyutlarına getirmişlerdir. Görüntüleri ilk önce RGB renk modundan 8 bit'lik gri tonlara dönüştürülmüşlerdir. Gri seviyeli görüntüler farklı gri ton değerlerinden (G={0,1,2,……..255})oluşur. Bunun anlamı şudur: Bir görüntüde 256 tane farklı ton değeri bulunur. 0 değeri kural olarak siyah renge, 255 değeri ise beyaza karşılık gelir. Bu değerler arasında ise gri tonlar oluşur. Gri tona çevrilmiş görüntülerin daha sonra görüntü üzerindeki piksellerin değerlerinin grafiksel ifadesi olan histogramlarını çıkarılmışlardır. Görüntü histogramı, görüntünün her bir noktasındaki piksellerin tespiti ile bu piksellerin sayısının ne olduğunu göstermektedir. Bu sayede histogram üzerinden görüntü ile ilgili çeşitli bilgilerin çıkartılması sağlanmaktadır. Histogram sayesinde renk değerlerinin dağılımı elde etmişler ve bu sayede hangi renk değerinde kaçar adet olduğunu tespit etmişlerdir. Bu işlemden sonra agrega, hava boşluğu ve çimentonun almış olduğu sınır renk değerlerini tespit etmişlerdir. Şekil 3'de hava boşluğu, çimento matrisi ve agregaya ait sınır değerler görülmektedir Başyiğit vd. (2012 a, b, c).



Şekil 3. Hava boşluğu, çimento matrisi ve agreganın almış olduğu renk değerleri Başyiğit vd. (2012b)

Görüntü işleme yöntemiyle elde edilen sonuçlar ile üretilen betonların basınç dayanımları arasında ilişkiler kurmuşlardır. Elde ettikleri bulgulara göre, regrasyon tekniği kullanarak çimento matrisi, agrega, hava boşluğu gibi parametreleri tek başına ya da bir arada değerlendirerek lineer ve nonlineer denklem takımları ile beton basınç dayanımları tahmin etmişlerdir. Elde ettikleri ilişkilere göre C# programlama dilinde bir yazılım geliştirmişlerdir. Geliştirdikleri yazılım, başka bir yazılıma veya işlem basamağına ihtiyaç duymadan beton basınç dayanımı tahmin edebilmektedir Başyiğit vd. (2012 a, b, c) .

Sonuç: Görüntü işleme tekniği ile beton içerisindeki hava boşluğu, agrega ve çimento matrisi oranlarının elde edilebildiği ve bu değerler kullanılarak beton basınç dayanımlarının R^2=0,980 düzeyinde yüksek bir ilişki ile tahmin edilebildiği sonucuna varmışlardır. Ayrıca agrega, çimento matrisi ve hava boşluğu yüzdelerini kullanarak yapılan doğrusal olmayan regresyon analizi sonucunda R^2=0,987 düzeyinde yüksek bir ilişki ile beton dayanımın tahmin edilebileceği sonucuna varmışlardır. Bu değerlerin farkının çok değişmediği, yüzeye yakın bir bölümden yapıya fazla bir zarar vermeden alınacak görüntü ile de bu yöntemin kullanılabilir olduğunu açıklamışlardır. Kullanılan görüntü işleme yönteminin, karışım içerisinde bulunan agrega ve çimento miktarlarının belirlenmesinde tahribatlı ve tahribatsız yöntemler ile birlikte beton yaşı, saklama sıcaklığı ve bağıl nemi de göz önüne alınarak kullanılabileceğini açıklamışlardır Başyiğit vd. (2012 a, b, c) .

4. SONUÇLAR

Geliştirilecek bir prototip sayesinde betonarme yapı elamanın görüntü işleme teknikleri kullanarak beton kalitesi tespit edilebilir. Bunun için, betonarme yapı elemanın dış yüzeyinden 1 cm derinlikte 10cm*10cm boyutunda yüzey kazınarak görüntü yüzeyi hazırlanabilir. Hazırlanan yüzeyden görüntü alarak ve değerlendirme işlemini yapan bir prototip geliştirilebilir. Değerlendirme sonuçları anında ekranda görüntülenebileceği gibi ayrıca veri tabanına kaydedilerek tekrar istenildiğinde kullanılmak üzere veriler saklanabilir. Yüzeyden alınacak dijital görüntü ile görüntü işleme teknikleri kullanılarak; agreganın maksimum dane çapı, agrega hacmi, betondaki boşluk miktarı, çimento harç miktarı tespit edilebilir. Bu bilgiler doğrultusunda beton basınç dayanımı rahatlıkla tespit edilebilecektir.

Sonuç olarak deprem sonrasında yapıların hasar tespitinin yapılması en önemli işlem basamağıdır. Hasar tespitinde betonarme yapıların beton dayanımı belirlenerek işleme devam edilmektedir. Günümüzde beton kalitesini belirlemede mevcut birçok tahribatlı ve tahribatsız deney yöntemleri veya her ikisinin de kullanıldığı bileşik yöntemler vardır. Her geçen gün yeni test metotları araştırmacılar tarafından geliştirilmekte ve ilave edilmektedir. Bu çalışmada görüldüğü gibi yeni bir yöntem olan görüntü işleme tekniğinin de kullanılarak beton kalitesi tespit edilebileceği aşikârdır.

KAYNAKLAR

Abant İzzet Baysal Üniversitesi (2013). İdari ve Mali İşler Daire Başkanlığı, Deprem Eğitim Sunuları, Deprem ve Etkileri. Erişim Tarihi: 01.07.2013. http://imidb.ibu.edu.tr/depremegitim/de.doc

Alyamaç K. E.ve Ulucan Z. Ç. (2005). 2003 Bingöl depreminden sonra güçlendirme işlemlerinde görülen yanlışlıklar ve öneriler. *Deprem Sempozyumu Kocaeli 2005*, 989-996.

Arıöz, Ö., (2004). Beton Dayanımının Standart, Tahribatlı, Yarı Tahribatlı ve Tahribatsız Yöntemlerle Belirlenmesi. Anadolu Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, 233s, Eskişehir.

Aydoğan T., (2008). Sinir Sistemi Görüntülenmesinde Farklı Görüntü Kayıtlarının Çıkarılması. Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 73s, Isparta.

Başyiğit, C., Çomak, B., Kılınçarslan, Ş., (2012a). A new approach to compressive strength assessment of concrete: Image Processing Technique. *2nd International Advances in Applied Physics & Materials Scıence Congress, APMAS-2012, AIP Conf. Proc.* **1476**, 65-69.

Başyiğit, C., Çomak, B., Kilinçarslan, Ş. and Üncü, İ. S., (2012b). Assessment of Concrete Compressive Strength by Image Processing Technique. *Construction and Building Materials*, **37**, 526–532.

Başyiğit, C., Kılınçarslan, Ş. and Çomak, B., (2012c). Görüntü İşleme Tekniği İle Beton Basınç Dayanımının Tahmin Edilmesi. *SDU Fen Bilimleri Dergisi*, **16-1(2012)**, 82-88.

Ergün A., Kürklü G., (2005). Mevcut Betonarme Yapılarda Beton Dayanımının Belirlenmesi. *Deprem Sempozyumu Kocaeli 2005*, 817-826.

Gönen D., Gümüştekin Ş., ve Oral A., (2006). Mozaik Dizme Otomasyonu için Görüntü Algılama ile Mermer Yüzey Kalitesinin Değerlendirilmesi. *TİMAK Tasarım İmalat Analiz Kongresi, Timak Bildiri Kitabı, 26-28 Nisan, Balıkesir*, 529-537.

Malhotra, V.M., Carıno, N.J., (2004). Handbook on Nondestructive Testing Of Concrete. CRC Press LLC, 365p, USA.

Özçep F., Karabulut S., Özgüven B., Sanlı O., 2012. Tahribatsız Test Yöntemleri ve Ultrasonik Hız Ölçümleri. *Jeofizik Bülten,* Kasım 2012, 11-24.

Tanarslan H. M. (2012). Deprem sonrasında hasar görmüş veya görmesi muhtemel betonarme köprü rehabilitasyonu için öneriler. *Türkiye Mühendislik Haberleri* (*TMH) **473:2012/3**, 39-46*.

Tüzün C., ve Vuran E. (2011). Depreme Karşı Yapısal Risklerin Azaltılması ve Yapısal Güçlendirme. İstanbul Sismik Riskin Azaltılması ve Acil Durum Hazırlık Projesi (İSMEP), İstanbul.

Yazıcı Ş., Göktepe B., Altun S., Karaman V.. 2006. Sertleşmiş Beton Basınç Dayanımının Belirlenmesinde Kullanılan TS-10465 ve TS EN 12504-1 Üzerine Bir Değerlendirme. *DEÜ Mühendislik Fakültesi Fen ve Mühendislik Dergisi*, **Cilt: 8 Sayı: 1**, 119-128.

Yüksel İ., (2008). Betonarme binaların deprem sonrası acil hasar değerlendirmeleri. *Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi,* **24 (1-2),** 260 – 276.