

## GÖRÜNTÜ İŞLEME VE YAPAY SİNİR AĞLARI YÖNTEMLERİ İLE BETONUN BASINÇ DAYANIMININ BELİRLENMESİ

<sup>1</sup>Gamze ÇANKAYA, <sup>1</sup>Musa Hakan ARSLAN, <sup>3</sup>Murat CEYLAN

<sup>1,2</sup>Selçuk Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, 42075, Konya, Türkiye

<sup>3</sup> Selçuk Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü, 42075, Konya, Türkiye  
[gamze@selcuk.edu.tr](mailto:gamze@selcuk.edu.tr), [mharslan@selcuk.edu.tr](mailto:mharslan@selcuk.edu.tr), [mceylan@selcuk.edu.tr](mailto:mceylan@selcuk.edu.tr)

(Geliş/Received: 31.12.2012; Kabul/Accepted in Revised Form: 04.03.2013)

**ÖZET:** Günümüzde yapay zekâ yöntemlerinin mühendislik disiplinlerindeki uygulamaları giderek yaygınlaşarak, mühendislik problemlerine çözümler getirmekte, günümüze kadar kullanılan metot ve tekniklere alternatif oluşturmaktadır. Görüntü işleme teknolojisi de bu yapay zekâ yöntemlerinden biridir. Görüntü işleme, görüntünün elde edilmesi, sayısallaştırılması, iyileştirilmesi gibi birçok işlemi kapsamaktadır. Görüntü işleme teknolojisinin inşaat mühendisliğinde de kullanımı oldukça yaygındır. Özellikle beton teknolojisi ve malzeme bilimi üzerine çeşitli çalışmalar yapılmıştır. Bu çalışmada; beton basınç dayanımının belirlenmesinde kullanılan geleneksel deney yöntemleri irdelenmiştir. Bu kapsamda alternatif yeni bir deney yöntemi olarak görüntü işleme tekniğinin betonun basınç dayanımının belirlenmesindeki performansını görebilmek amacıyla görüntünün sayısallaştırılması uygulaması ile bir dizi analitik modelleme gerçekleştirilmiştir. Görüntü işleme ve yapay sinir ağları beraber kullanılarak sayısallaştırılan görüntü üzerinde analitik bir model oluşturulmuştur. Analitik modellemenin başarısı deneysel verilerle kıyaslanarak irdelenmiştir. Uygulama sonucu yüksek bir doğruluk oranı elde edildiği görülmüştür. Görüntü işlemenin malzeme ve yapı mühendisliğinde kullanımında kısıtlar ve yöntemin avantajları tartışılmıştır.

**Anahtar kelimeler:** Beton, Beton Basınç Dayanımı, Yapay Sinir Ağları, Görüntü İşleme Teknolojisi

### Determination of Concrete Compressive Strength by Using Image Processing and Artificial Neural Network Methods

**ABSTRACT:** Nowadays, the practices of artificial intelligence methods on engineering science find solutions on engineering problems and become an alternative to methods and techniques used upon today by becoming widespread day by day. Image processing technology is also one of these artificial intelligence methods. Image processing involves many processes like obtaining, digitizing, enhancing of image. The use of image processing in construction engineering is also quite widespread. Various studies were made particularly on concrete technology and materials science. In this study, traditional testing methods used on identifying compressive strength of concrete were examined. In this context, a range of analytical modeling was practiced with digitizing image practice in order to see the performance of image processing technique as a new alternative testing method on identifying compressive strength of concrete. An analytical model on digitizing image has been occurred by using image processing and artificial neural networks together. The success of analytical modeling was examined by comparing with experimental data. In the result of the practice, it was seen that a high rate of accuracy was obtained. The constraints of use of image processing on material and structural engineering and the advantages of the method were discussed.

**Keywords:** Concrete, Compressive Strength of Concrete, Artificial Neural Networks, Image Processing Technology

## 1.GİRİŞ (INTRODUCTION)

Mevcut olan ya da yapım aşamasında olan betonarme yapıların deprem ve düşey yükler altında yeterli güvenliğe sahip olup olmadığının belirlenmesinde önemli aşamalardan birisi de yapıda kullanılan betonun özelliklerinin belirlenmesidir. Betonun özellikleri, sahip olduğu basınç dayanımı, kıvamı, standartlara uygunluğu vb. gibi faktörlere bağlı olarak belirlenir. Beton birçok mekanik özelliğe sahiptir. Betonun farklı mekanik özelliklerinden en önemlisi ve belirleyici olanı ise basınç dayanımıdır. Betonun basınç dayanımının diğer mekanik özelliklerine göre daha önemli olmasının çeşitli sebepleri vardır. Örneğin, taşıma gücüne göre hesapta en önemli parametrelerden birisinin basınç dayanımı olması; basınç dayanımının betonun diğer mekanik özelliklerini etkilemesi, betonun nitelik denetiminde evrensel bir büyüklük olarak kabul edilmesi, basınç dayanımı deneyinin diğer dayanım deneylerine göre nispeten daha kolay bulunması, beton sınıflarının oluşturulmasında basınç dayanımının temel alınması vb. söylenebilir. . Betonun basınç dayanımı ölçütüne göre yapı elemanlarının taşıma gücü belirlenmekte ve kesit alanları seçilmektedir.

Günümüzde akıllı sistem ve yapay zekâ yöntemlerinin mühendislik çalışmalarında kullanımının artmasıyla, bu yöntemlerin özellikle inşaat mühendisliği ve malzeme mühendisliğinde kullanımı artmış, betonarme yapılar için temel yapı taşı olan betonun mekanik özelliklerinin belirlenmesinde ise söz konusu yöntemler kullanılmış ve kullanılmaktadır [Öncü ve diğ.,2006, Özen, 2007, Onat, 2008, Bal, 2006, Başıyigit ve diğ., 2012, Santos ve diğ., 2007].

Akıllı sistem, yapay zekâ vs. gibi yöntemlerin yanı sıra günümüzde oldukça popüler olan bir diğer yöntem ise dijital görüntü işlemedir (digital image processing). Görüntü algılama teknolojileri, insan gözünün görüntüleri algılama ve tanımlama sistemi referans alınıp, insan görme sisteminin yaptığı

işlerin bilgisayar ortamında gerçekleştirilmeye çalışılmasıdır. Görüntü işleme kaydedilen mevcut görüntüler üzerinde iyileştirme ve bilgisayar aracılığıyla görüntülerin işlenmesi olarak bilinir. Bu yöntem ile fotoğraflanan görüntüler sayısallaştırılır, matematiksel olarak karakterize edilir. Söz konusu yöntem kullanılarak farklı mühendislik disiplinlerinde çok sayıda problem rahatlıkla çözülmüş ve önemli bilimsel veriler elde edilmiştir [Edizer, 2006, Çayırılı, 2006, Taşçı, 2011, Uras, 2006, Yılmaz, 2007].

Görüntü işleme teknikleri ile beton içyapısı ve mekanik davranışı hakkında fikir edinme üzerine çalışmalar mevcuttur. Bu çalışmalarda araştırmacılar üretmiş oldukları küp numunelerini dört parçaya bölerek, betonun içyapısı (örneğin agrega dağılımı gibi) ile beton basınç dayanımı arasındaki ilişkiyi ve betonu içerisindeki agrega dağılımına yönelik görüntü işleme yöntemini kullanmışlardır. [Özen ve diğ., 2012, Başıyigit ve diğ., 2012]. Yapılan bu çalışmada da, görüntü işleme tekniği kullanılarak beton dayanımının bulunabilmesi için yeni bir deney yöntemi belirlenmesi amaçlanmıştır

Bu çalışmada, ilk olarak betonarme taşıyıcı sistemlerde en önemli yapı malzemesi olan betonun basınç dayanımının geleneksel yöntemlere göre nasıl belirlendiği anlatılacak, daha sonra görüntü işleme yöntemi ile ilgili kısa bilgi verilerek söz konusu yöntemle göre beton basınç dayanımının belirlenebilmesi için yapılmış deneysel ve analitik çalışmadan bahsedilecektir. Çalışmanın sonunda, elde edilen verilerin doğruluğu ve söz konusu yöntemin avantaj ve dezavantajları eleştirel bir bakış açısıyla değerlendirilecektir. Böylece söz konusu yöntem literatürde ki diğer geleneksel yöntemlerle karşılaştırılacak ve tartışılacaktır.

## 2.BETON BASINÇ DAYANIMI VE ETKİ EDEN FAKTÖRLER (FACTORS HAVING AN EFFECT ON COMPRESSIVE STRENGTH OF CONCRETE )

Beton; kum, çakıl (veya kırma taş, hafif agrega vb.), çimento ve suyun belirli oranlarda

karışımından elde edilen ve belirli bir süre sonunda sertleşerek yüksek basınç dayanımı kazanan bir yapı malzemesidir. Betonun çekme dayanımının basınç dayanımına göre oldukça düşük olması (yaklaşık %10'u) hesaplarda betonun çekme dayanımının ihmal edilmesine ve betonun sadece basınca çalışan bir malzeme olarak kabul edilmesine sebep olmuştur.

Bununla beraber betonun basınç dayanımının diğer mekanik özelliklerini doğrudan etkilediği için sertleşmiş beton için en önemli performans çıktısı olarak basınç dayanımı kabul edilmiş ve araştırmalar özellikle betonun basınç dayanımına yönelik yapılmıştır [Başka, 2006, Erdal, 2002, Ergün ve Kürklü 2005].

Betonarme yapıların taşıyıcı sistemlerinde tercih edilebilen betonun basınç

dayanımı, beton üretim ve uygulama teknolojilerindeki gelişmelerle ve depreme dayanıklı yapı kavramının önem kazanmasıyla birlikte sürekli artış göstermektedir [Öztürk ve diğ., 2005]. Çimento hamurunun kalitesi, su/çimento oranı, betonun bakımı (kür şartları), agrega kalitesi, şekli, granülometrisi, betonun üretimde betoniye kullanımı, beton karışıma ilave edilen katkı malzemeleri, hava boşluk oranı vb. gibi birçok faktör beton basınç dayanımına etki etmektedir. Basınç dayanımına etki eden faktörlerin araştırılmasına yönelik yapılan bir çalışmaya göre [Binici ve diğ., 2000], beton basınç dayanımına etki eden faktörlerin dayanıma etkime yüzdelerine ait sonuçlar Çizelge 1'de verilmiştir.

**Çizelge 1.** Beton basınç dayanımına etki eden faktörler ve etkime yüzdeleri  
(Factors having an effect on compressive strength of concrete and effect percentages)

Faktörler	Faktörlerin Dayanım Değişikliğine Etkisi (%)
Çimento türünün etkisi	10
Granülometrinin etkisi	11
Beton üretim şeklinin etkisi	21
Betonun kompaksiyonunun etkisi	26
Beton kürünün etkisi	32

Yukarıdaki tablodan da anlaşılacağı üzere betona uygulanacak kür, betonun basınç dayanımına önemli düzeyde etki etmektedir.

### 3.BETONUN BASINÇ DAYANIMININ GELENEKSEL YÖNTEMLERLE BELİRLENMESİ ( IDENTIFYING COMPRESSIVE STRENGTH OF CONCRETE WITH TRADITIONAL METHODS )

Betonda dayanımın bilinebilmesi için de çeşitli deney yöntemleri kullanılır. Yapıdaki betonun basınç dayanımının belirlenmesinde kullanılan yöntemler tahribatlı (hasarlı) ve tahribatsız (hasarsız) olmak üzere iki guruba ayrılır.

#### 3.1. TAHRİBATLI (HASARLI) DENEY YÖNTEMLERİ (DESTRUCTIVE TESTING METHODS)

En güvenilir deney yöntemi olmasına karşın, yapıya zarar vermeleri nedeniyle zorunlu durumlarda kullanılması tercih edilir.

##### 3.1.1. Karot Numune Alma Yöntemi Deneyi ( Core Sampling Method Testing )

Mevcut bir betonun karakteristik basınç dayanımının tespiti, en güvenilir olarak, betondan karot numunesi alınıp bu numuneye basınç deneyi uygulanmasıyla yapılabilmektedir. Karot makinası denilen bir cihaz yardımıyla mevcut bir yapıdan silindirik şekilde numunelerin kesilip çıkarılması işlemidir. Karot alınacak yer konusunda baktığımızda taşıyıcı elemanın taşıma gücü belirlemek amaçlanıyorsa en büyük kesit ortalaması ve en düşük dayanım beklenen yerler tercih edilmelidir. Karot alınırken elemanın en çok zorlanan (kolonlar gibi) kesitinden karot alınmamalıdır.

Tahribatlı deney yöntemlerinde karot numune alma yönteminin yanı sıra literatürde, döşemelerin basınç dayanımlarını öğrenmek amacıyla uygulanan “gömülü numune kullanma deneyi”, betonun sertliği ile ilişkili olarak sonuç veren “batma direnci testi”, ve betondan alınan karota yanal kuvvet uygulayarak dayanım değerinin ölçülmesini sağlayan “kırıp-koparma (break off) testi” de mevcuttur. [Ergün ve Kürklü, 2005; Ariöz, 2004]

### 3.2. TAHRİBATSIZ (HASARSIZ) DENEY YÖNTEMLERİ (NON DESTRUCTIVE TESTING METHODS)

Tahribatsız (hasarsız) deney yöntemleriyle yapılan ölçümlerde, betonun sahip olduğu yüzey sertliği, elastiklik, yoğunluk gibi bazı özelliklerden yararlanılarak sayısal değerler elde edilmektedir. Bu sayısal değerler ile standart deney yöntemi uygulanarak elde edilecek olan beton basınç dayanımı arasındaki ilişki kullanılarak betonun basınç dayanımı yaklaşık olarak belirlenmektedir.

#### 3.2.1. Beton Test Çekici Yöntemi (Schmidt Çekici) (Concrete Test Hammer (Schmidt Hammer))

Beton test çekici yönteminde betonun yüzey sertliği ölçülmektedir. Beton çekici yöntemi, betonun basınç dayanımını yaklaşık olarak belirlemede kullanılmakta ve bu test metodunun doğruluğu %60 ile %70 arasında değişmektedir [Küçük, 2006].

#### 3.2.2. Ultrasonik Yöntem (Ultrases Hızı Yöntemi) (Ultrasonic Method (Ultrasonic Velocity Method))

Ultrasonik test aygıtı, ses üstü dalganın, betona gönderildiği yüzey ile geri alındığı yüzey arasındaki bir uzaklığı ne kadar zaman süresinde geçtiğini ölçmektedir. Yapılan bir çalışmada ultrasonik ses hızı yönteminin, beton basınç dayanımını, tek başına ancak % 80 doğrulukla tespit edebileceğini bulmuştur [Okuyan, 2007]. Yine literatürde beton malzeme dayanımlarının hasarsız olarak belirlenmesinde kullanılan ultrasonik ses yayılım deneyi ile

malzemelerin tek eksenli basınç dayanımları arasındaki ilişkinin % 67 düzeylerinde olduğu verilmektedir [Özkan ve diğ., 2004].

#### 3.2.3. Birleşik Yöntem (SONREB Yöntemi) (Combined Method (SONREB Method))

Beton test çekici yöntemi sadece yüzeyin sertliği ile ilgilidir, ultrasonik yöntem ise betonun içindeki boşluklar ve beton yoğunluğuyla ilgilidir. Bu iki yöntem birlikte uygulandıklarında biri diğerinin bazı hatalarını azaltıcı veya eksiklerini tamamlayıcı olduğundan sadece birinin uygulanmasına göre daha az tahmin hatası olacağı söylenebilir. Bu yöntemde hem beton test çekici yöntemini hem de ultrasonik yöntemin birlikte kullanılmasından ötürü Birleşik Yöntem ya da SONREB adını almaktadır. Bu birleşik tahribatsız yöntemde bağıl hata oranı  $\pm$  %12 civarına indirgenebilmektedir [Başyigit ve diğ., 2012].

Tahribatsız deney yöntemlerinde yaygın olarak kullanılan bu üç yöntemin dışında literatürde, beton numunelerin rezonans frekanslarının bulunmasıyla dayanımları arasında korelasyon sağlayan “rezonans frekans tekniği deneyi”, numune üzerinde çekiç darbesinin oluşturduğu titreşimlerin numune içinde yayılma hızı ile doğru orantılı olarak dayanım değerinin bulunmasını hedefleyen “mekanik ses dalga hızı tekniği deneyi”, numune üzerinde açılan delik derinliği ile dayanım değerinin ilişkilendirilmesi olarak bilinen “pinpenetrasyon test metodu”, çekme kuvvetinin basınç dayanımı ile ilişkilendirildiği “pull-out test metodu” ve taze betona silindir test numunesi yerleştirilmesi esasına dayanan “break off test metodu” yöntemleri de mevcuttur.

Betonun basınç dayanımını bulurken kullanılan birtakım deney metotları güvenilirlik, uygulama kolaylığı, doğruluk ve ekonomiklik yönünden karşılaştırılması ise Çizelge 2’de verilmiştir

**Çizelge 2.** Deney yöntemlerinin karşılaştırılması [Ergün ve Kürklü, 2005]  
(Comparison of testing methods)

Deney Tipi	Güvenilirlik	Uygulama Kolaylığı	Doğruluk	Ekonomiklik
Schmidt Çekici	Zayıf	Çok İyi-İyi	Zayıf-İyi	Çok İyi
Çekip Çıkarma	İyi	İyi	İyi	Zayıf-İyi
Penetrasyon	İyi	İyi	İyi	Zayıf-İyi
Ultrasonik Ses Hızı	Zayıf-İyi	Zayıf	Zayıf-İyi	Zayıf-İyi
Gömülü Numune	İyi	Çok İyi	İyi	Zayıf-İyi
Karot Numune	İyi	Zayıf	İyi	Zayıf

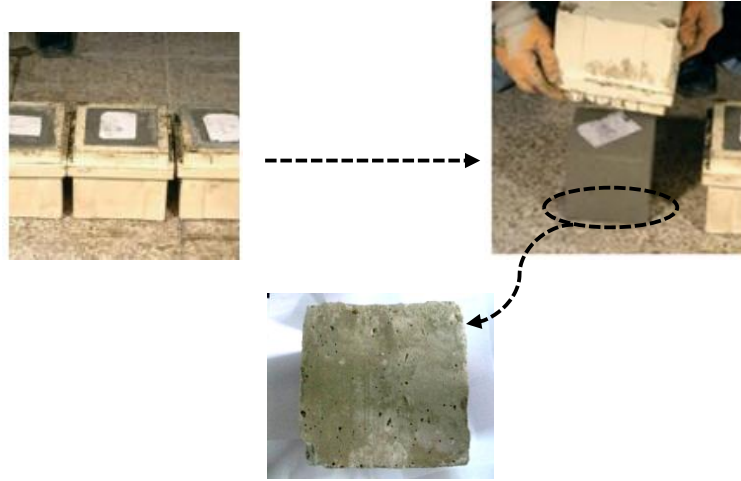
Çizelgeden de görüldüğü üzere “iyi bir doğruluk oranı veren metodun uygulaması zordur ya da tam tersi olarak uygulaması kolay olan deney metodunun doğruluk oranı zayıftır”. Hem doğruluk oranının yüksek olduğu hem de uygulama kolaylığı açısından tatmin edici düzeyde olabilecek yeni bir dayanım belirleme yöntemine ihtiyaç duyulmaktadır.

#### 4.BETONUN BASINÇ DAYANIMININ BELİRLENMESİNDE YENİ BİR YÖNTEM (A NEW METHOD IN IDENTIFYING COMPRESSIVE STRENGTH OF CONCRETE)

Numune görüntüleri kullanılarak yapılan ölçümlerde, mekanik yöntemlerin aksine malzeme yüzeyine doğrudan temas olmadan ölçüm yapılabilmesi, karmaşık ve pahalı deney düzenekleri gerektirmeden ölçüme imkân veriyor olması nedeniyle, görüntü işleme yöntemleri kullanılarak malzemelerin yük altında deformasyon davranışlarının incelenmesi son yıllarda ilgi duyulan araştırma konularından birisi olmuştur [Güler ve diğ., 2007]. Görüntü işleme, insan görme sisteminin yaptığı işlemlerin bilgisayar ortamında gerçekleştirilmeye çalışılmasıdır. Görüntü işleme yöntemleri görüntünün elde edilmesi, sayısallaştırılması, iyileştirilmesi, sınıflandırılması, kaydedilmesi ve yeniden çağırılması gibi birçok işlemi kapsar [Çomak ve diğ., 2011].

Yukarıda bahsedilen görüntü işleminin betonun basınç dayanımında kullanılabilirliğinin test edilmesi amacıyla deneysel bir veri seti oluşturulmuştur. Yapılan deneyde veri setini oluşturmak, analizde nicel veriler kullanmak amacıyla 15x15x15 cm boyutlarında, farklı beton sınıflarına ait 23 adet küp beton numunesi üzerinde çalışılmıştır [Çankaya, 2012]. Deney bir yapı denetim firmasının laboratuvarında gerçekleştirilmiş ve firmanın laboratuvarında mevcut olan 23 adet küp numune kullanılmıştır. Söz konusu küp numune örnekleri 7 günlük kür koşullarına tabi tutulmuş numunelerdir. Üretimi takiben 7. günde, yükleme hızı dışındaki tüm test koşulları, betonarme yapıların tasarım ve yapım kurallarını içeren TS 500-2000 de verilen normlara göre gerçekleştirilmiştir.

İlk olarak her bir küp numunenin düz yüzeyleri fotoğraflanmıştır. Fotoğraflanan yüzey küp numunelerin çelik kalıba temas eden yüzeyidir. Numunenin bu yüzeyinde pürüzleşmenin daha az olacağı düşüncesi ile deney için kullanılacak görüntüler bu yüzeyden alınmıştır. Çelik kalıptan çıkarılan numune ve fotoğraflanan yüzeyi Şekil 1’de gösterilmiştir. Bu işlemde 10.0 megapiksel duyarlılıklı kompakt fotoğraf makinesi kullanılmış, veri seti oluşturulurken tüm koşulların aynı olması için, fotoğraflanan her bir numunede çekim mesafesi ve ışık oranı aynı tutulmuştur. (Çekimler numune üzerinden yaklaşık 20 cm mesafeden gerçekleştirilmiştir.



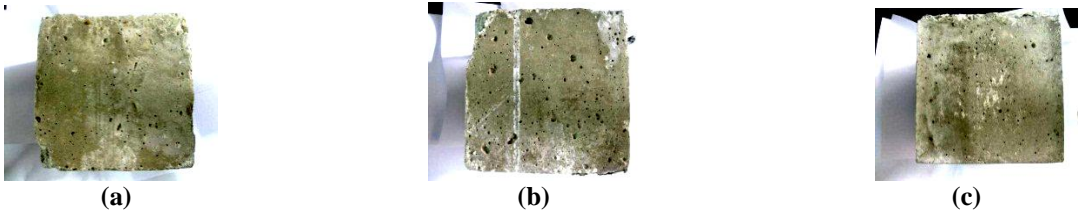
**Şekil 1.** Beton küp numune görüntülerinin alındığı yüzeyin gösterimi  
(Presentation of surface to which cube concrete sampling is applied )

Beton numunelerin basınç dayanımlarının belirlenebilmesi için fotoğraflama işleminden sonra her bir numune hidrolik pres makinasında kırılmış, elde edilen dayanım değeri not edilmiştir.

Prete numuneye uygulanan yükleme hızı TS 500-2000'de tanımlanandan bağımsız

olarak 0,6 MPa/sn olarak alınmıştır. Belirli dayanım değerlerine sahip küp numunelerin yüzey görüntüleri ise Şekil 2'de verilmiştir.

Beton küp numunelerin deneysel olarak elde edilen basınç dayanımı değerleri ise Çizelge 3'te gösterilmiştir.



**Şekil 2.** Basınç dayanımı 18,83 MPa olan numune görüntüsü (a), Basınç dayanımı 19,94 MPa olan numune görüntüsü (b), Basınç dayanımı 36,23 MPa olan numune görüntüsü (c)

**Figure 2.** Image of sample whose compressive strength is 18,83 MPa (a), Image of sample whose compressive strength is 19,94 MPa (b), Image of samples whose compressive strength is 36,23 MPa (c)

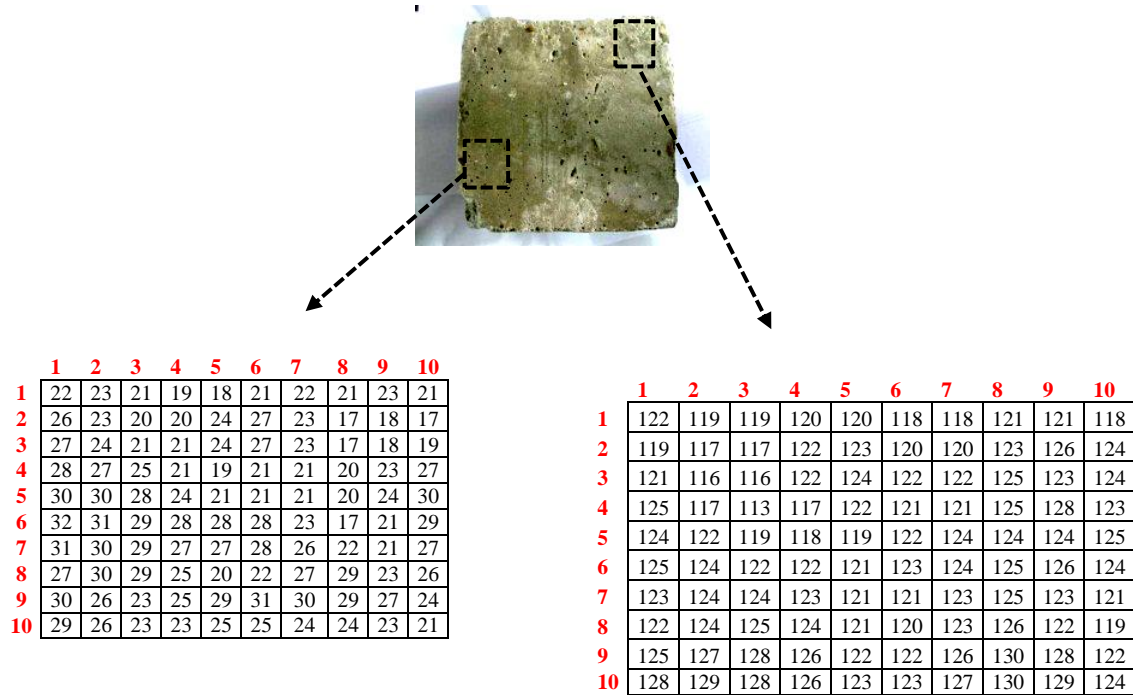
**Çizelge 3.** Numunelerin beton basınç değerleri ve özellikleri  
(Concrete compression values and functions of samples)

Numune Numarası	Beton Sınıfı	Basınç Dayanımı (MPa)	Basınç Kuvveti (kN)	Numune Numarası	Beton Sınıfı	Basınç Dayanımı (MPa)	Basınç Kuvveti (kN)
1	C20	19,94	448,60	13	C30	35,53	799,45
2	C20	18,83	423,78	14	C30	37,82	850,89
3	C20	18,57	417,90	15	C20	23,40	526,60
4	C20	20,25	455,59	16	C20	20,36	458,15
5	C20	20,14	453,26	17	C20	20,30	456,64
6	C20	18,22	409,86	18	C20	22,78	512,62
7	C20	16,32	367,22	19	C20	24,60	553,57
8	C20	16,11	362,44	20	C20	20,79	467,70
9	C30	36,23	815,18	21	C20	25,12	565,10

10	C30	36,34	817,63	22	C20	26,99	607,22
11	C30	37,14	835,68	23	C20	25,61	576,17
12	C30	33,26	748,25				

Bu çalışmada belirli çözünürlükte elde edilen küp numunelerin görüntülerinin sayısallaştırılması için MATLAB [Matlab Image Processing Toolbox] programı kullanılmıştır. MATLAB'in görüntü işlemeye yönelik fonksiyonları sayesinde ilgili görüntü dosyalarının her biri matris olarak uygulama ortamına alınmıştır. Burada bahsedilen matris [mxn] boyutlu piksellerden oluşan bir matristir. Böylece bu matris üzerinde yapılan işlemler, uygulanan algoritmalar sonucunda elde edilen matriste bir resim olarak görüntülenmiştir. Böylece deneylerde kullanılan beton küp numunelerin dijital görüntülerinde, her bir pikseli temsil etmesi için söz konusu pikseldeki parlaklığa karşılık bir sayı atanarak [3000x4000] boyutunda bir matris oluşturulmuştur.

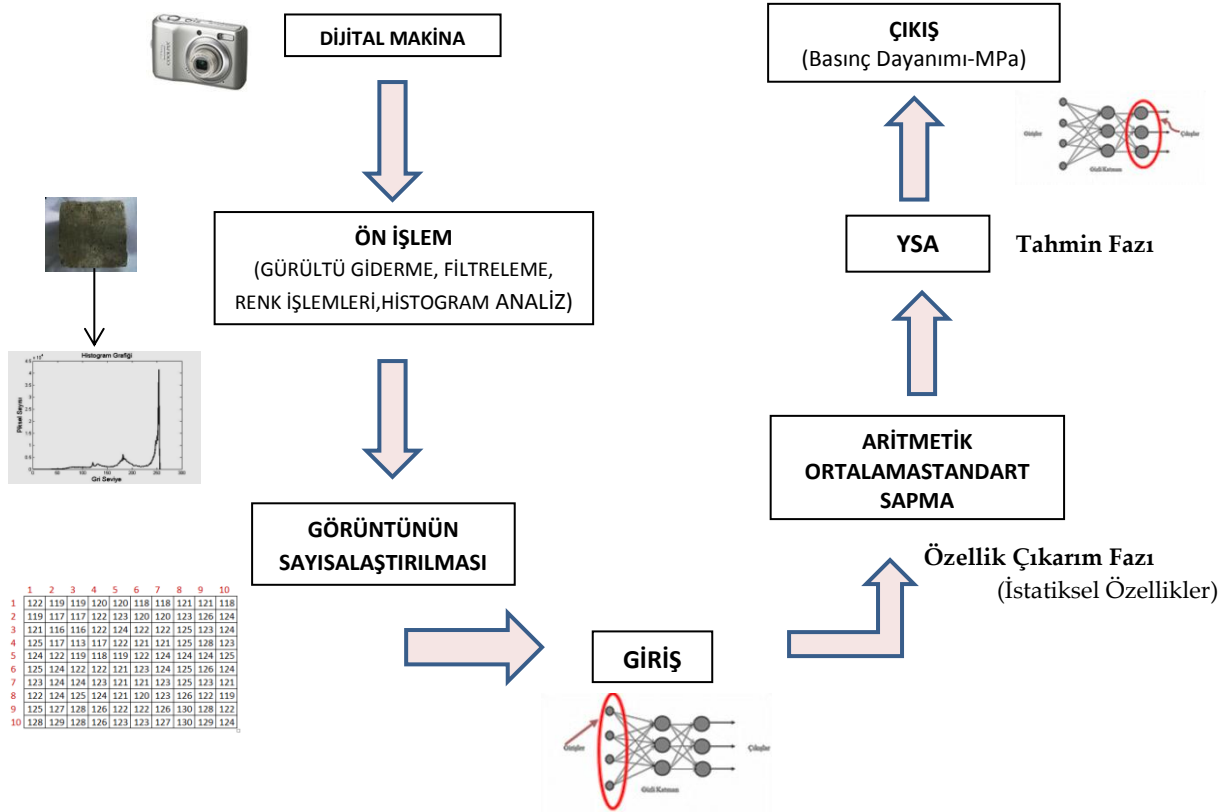
Sayısallaştırma işleminin sonunda dijital veriler Yapay Sinir Ağlarında (YSA) işlenebilmek için uygun hale getirilmiştir. Şekil 5'te numune görüntüsü üzerinde farklı iki kesit alınarak bu kesitlere karşılık gelen 10x10 boyutunda matrisler gösterilmiştir. Deneydeki beton numunelerin görüntüsü gri seviyeli görüntüdür. Görüntü işleme uygulamalarında gri seviyeli görüntü aralığı için 256 farklı gri ton değeri kullanılmaktadır. 0 gri değeri siyah, 255 gri değeri ise beyaz renge karşılık geldiği de düşünülürse, numune üzerindeki görüntüde, açık renkte olan piksel değerleri nümerik olarak 255 sayısına daha yakın, koyu renkli olan alanlarda nümerik olarak 0 sayısına daha yakındır



Şekil 5. Seçilen iki farklı kesit alanlarının 10x10 matris formu  
(10x10 matrix form of selected two different cross sectional areas)

Her bir numunenin görüntüsü, görüntü işleme tekniği kullanılarak sayısallaştırıldığında, 3000x4000 piksel değerine sahip büyük boyutta bir matris formu elde edilir. Bu boyuttaki bir matris yapay sinir ağlarında eğitilirken işlem süresi olağandan uzun ve doğruluk derecesi de oldukça azdır. Bu sebeple bir takım istatistikî

yöntemler uygulanarak matris boyutu 3x4000 olarak küçültülmüştür. Bu işlem ile YSA uygulanmadan önce özellik bloğu (feature block) oluşturulmuş olur. Özellik bloğu oluşturulurken kullanılan istatistikî yöntemler ise; Standart Sapma, Aritmetik Ortalama ve Medyan'dır.



Şekil 6. Uygulama örneği deney adımları şematik gösterimi  
(Schematic presentation of application sample testing steps)

Bu çalışmada beton basınç dayanımı tayini, dijital görüntüden özellik çıkarma ve YSA kullanılarak tahminde bulunma olarak iki fazda gerçekleştirilmektedir. Dolayısıyla literatürdeki çalışmalardan farklı olarak görüntü işleme ile beraber YSA kullanılmıştır. Şekil 6'da genel bir YSA ağ mimarisi gösterilmiştir. Bu çalışmada giriş katmanını sayısallaştırılan görüntü dataları oluştururken çıkış katmanını araştırılan beton basınç dayanım parametresi oluşturmaktadır. Çalışmada Levenberg-Marquardt (LM) geri yayımlı ileri beslemeli YSA modeli dataların eğitiminde kullanılmıştır. Gizli düğüm sayısının YSA performansında çok etkili olduğu bilinmektedir.

Dolayısıyla optimum gizli düğüm sayısı içinde 0 ile 80 arasında deneme testleri yapılmış ve en uygun gizli düğüm sayısı tespit edilmiştir. Elde edilen optimum gizli düğüm sabit tutulmak üzere öğrenme oranının 0.001' den 5.0' a adımsal olarak artırılması sonucunda 1.0 değerinin en düşük eğitim ve test hatasına sahip olduğu görülmüştür. Momentum katsayısının benzer iterasyon ile 0.2 olduğu iterasyon sayısının ise 2000 için en iyi sonucu verdiği görülmüştür.

YSA'dan sonra da çıkış verileri MPa cinsinden beton basınç dayanımı olarak belirlenmiştir. YSA'dan elde edilen dayanım değerleri ve beton numunelerin pres deneylerinden elde edilen değerler birlikte Çizelge 4'te verilmiştir.

Çizelge 4. Numunelerin beton basınç dayanım değerleri ve YSA'dan bulunan tahmini değerlerin gösterimi  
(Concrete compressive strength values and presentation of estimated values obtained from ANN)

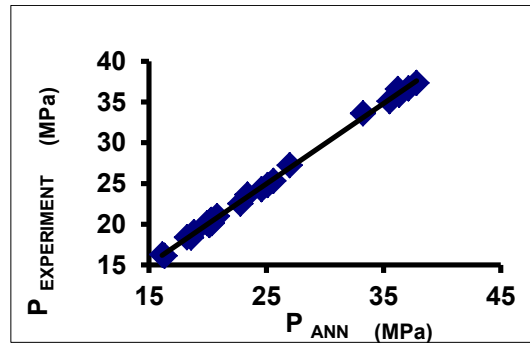
Numune Numarası	Beton Sınıfı	Basınç Dayanımı (MPa)	YSA ile Bulunan Basınç Dayanımı (MPa)	Numune Numarası	Beton Sınıfı	Basınç Dayanımı (MPa)	YSA ile Bulunan Basınç Dayanımı (MPa)
1	C20	19,94	20,14	13	C30	35,53	35,10
2	C20	18,83	19,01	14	C30	37,82	37,36



3	C20	18,57	18.35	15	C20	23,40	23,63
4	C20	20,25	20.45	16	C20	20,36	20,11
5	C20	20,14	19.89	17	C20	20,30	20,51
6	C20	18,22	18.40	18	C20	22,78	22,51
7	C20	16,32	16.13	19	C20	24,60	24,30
8	C20	16,11	16.27	20	C20	20,79	21,00
9	C30	36,23	36.59	21	C20	25,12	24,82
10	C30	36,34	35.90	22	C20	26,99	27,26
11	C30	37,14	36.69	23	C20	25,61	25,31
12	C30	33,26	33.59				

YSA'nın beton basınç dayanımını tahmin performansını belirlemek amacıyla deneysel ve analitik veriler ilişkilendirilerek Şekil 7'de gösterilen grafik elde edilmiştir. Görüntü işleme

ve YSA'nın beraber kullanılarak önerilen metodun deneysel sonuçları açıklama oranı yaklaşık % 98,88 olarak bulunmuştur.



Şekil 7. Deneysel verilerin ve YSA'dan elde edilen sonuçların R<sup>2</sup> grafiği  
(R<sup>2</sup> graph of experimental datas and results obtained from ANN.)

## 5.SONUÇ VE TARTIŞMA (CONCLUSION AND DISCUSSION)

Bu çalışmada da betonun mekanik özelliklerini belirleyen betonun basınç dayanımını tayin edebilmek adına yeni bir deney tekniği olabilecek görüntü işleme metodu (sayısal görüntü analizi) yöntemi irdelenmiştir. Betonun en önemli mekanik özelliği olan basınç dayanımının belirlenmesinde kullanılan bu yöntem Çizelge 1'de verilen deney yöntemlerine ilave edilebilecek "başlangıç düzeyde" olumlu sonuçlar vermiştir. Bu yöntem kullanılarak elde edilen beton numunelerin dayanım değerleri tahribatlı deney metodundan elde edilen dayanım değerlerine oldukça yakın olarak bulunmuş, sapma oranı % 1,12 olarak belirlenmiştir.

Betonun basınç dayanımının bu derece az bir sapma payı ile tahmin edilebilmesi inşaat mühendisliği bilimi açısından yoruma açık bir durum oluşturmuş, deney yönteminin

uygunluğu ile ilgili irdelemeler yapma gerekliliği sonucunu doğurmuştur.

Öncelikli olarak betonun basınç dayanımını etkileyen tüm faktörlerin (betonun yaşı, numunenin şekli ve geometrisi, hidrolik pres cihazının yükleme hızı, su/çimento oranı, kullanılan agregaların şekli, maksimum boyutu ve dayanımı, üretimde kullanılan ya da sonradan ilave edilen katkı maddeleri, hava boşlukları oranı, kür şartları vb.) her biri bu deney için birer parametredir. Tüm bu parametreleri dikkate alabilmek için ise 23 numuneden çok daha fazla sayıda numune üretilmesi ve onlar üzerinden ilgili testlerin yapılması gerekir. Dolayısıyla çalışmanın deneysel kısmı geliştirilmelidir.

Numuneleri görüntüleyebilmek için kullanılan fotoğraf makinesinin çekim özellikleri, fotoğraflanan ortamdaki ışık miktarı ve görüntüleme mesafesi de bu metodun doğru

sonuç verebilmesi adına etken bir durumdur. Beton yüzeyde bulunan boşluk oranı ve dağılımını daha net gözlemleyebilmek için mikron düzeyinde çekim yapabilecek bir fotoğraf makinesine ihtiyaç duyulabilir. Fotoğraflanırken numune üzerine düşen ışık miktarının ve çekim mesafesinin her numunenin görüntüsünü alırken sabit tutulabilmesi gerekmektedir. Numuneler fotoğraflanırken bunun sağlanamaması durumunda, görüntüler fotoğraf makinesinden değil de belki yazıcı üzerinde taratılarak tarayıcı görüntüsü üzerinden de çalışmak mümkün olabilir. Bu alternatif görüntü alma yöntemi, çekim mesafesi ve ortamın ışık miktarı gibi problemleri ortadan kaldırıp, numune üzerinde oluşabilecek gölge miktarını en asgari sınıra indirebilir. Numune üzerindeki her bir piksel görüntüsü deneydeki nümerik değerlere etki edeceği için, fotoğraflanan numune yüzeylerinde gölgelenme durumu oluşmamasına dikkat edilmelidir. Bu sebeple de yüzeyde gölge oluşturabilecek pürüzlerin giderilerek, beton yüzeyinin düzeltilmesi gerekebilir. Dolayısıyla görüntülenen yüzeyin durumu ve görüntüleme şekli iyileştirilmelidir.

Dayanımları belirlenmeye çalışılan numuneler 7 gün boyunca kür koşullarına tabi tutulmuştur. Dolayısıyla deneyde kullanılan beton küp numuneler 7 günde belirli bir dayanım kazanmış, 7. gündeki basınç mukavemeti değerleri ölçülerek görüntü işlemeden elde edilen sonuçlarla kıyaslanmıştır. Bu numunelerin 28 günlük kür koşullarına maruz kalmaları durumunda deney sonucuna etkileri de gözlemlenmelidir. 28. Gün sonunda numunelerin gerek yüzey görüntüleri gerekse dayanımları çok daha farklı olacağı için çalışma sonuçları değişebilecektir. Bundan dolayı 7 günlük ve 28 günlük numune arasındaki dayanım farkı da deney için bir parametre oluşturabilir. Bu parametreyi de dikkate alarak 7 ve 28 günlük kür koşullarında ayrı numuneler üretilmeli, aralarında belirgin farklar oluşup oluşmadığı incelenmelidir.

#### KAYNAKLAR (REFERENCES)

Arıöz, Ö., 2004, *Beton dayanımının standart, yarı-tahribatlı ve tahribatsız yöntemlerle belirlenmesi*, Doktora Tezi, Anadolu Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Eskişehir

Deneyin yapıldığı laboratuvarında mevcut bulunan beton pres cihazının, beton kütleli kırarken numuneler üzerine uyguladığı yükleme hızı 0,6 MPa/sn olması ve bu değer Türk standartlarında ve ASTM'de [American Society for Testing and Materials, 1998] belirlenen yükleme hızından (0,14 MPa/sn- 0,35 MPa/sn) [Erdoğan, 2007] bağımsız olmasının da deney sonucuna tesiri olabileceği araştırılmalı ve 0,14 MPa/sn- 0,35 MPa/sn arasında yükleme hızları ile de beton küp numuneler dayanım deneyine tabi tutulmalıdır.

Beton basınç dayanımının görüntü işleme yöntemi ile bulunmasına yönelik yapılan söz konusu çalışma diğer çalışmalarla kıyaslandığında [Özen ve diğ., 2012, Başığit ve diğ., 2012], dayanımın belirlenmesi için kullanılan küp numuneden görüntü alınması aşamasında farklılıklar mevcuttur. Söz konusu araştırmacılar YSA'yı kullanmadan sadece görüntü üzerinde özel bir yazılım ile istatistiksel bir dizi işlem gerçekleştirmişlerdir. Makalenin giriş bölümünde de değinildiği gibi bu çalışmalarda kullanılan küp numuneler 4'er parçaya ayrılmak üzere kesilmiş ve her bir kesit parçalarının yüzey görüntüleri alınmıştır. Kesilerek parçalara ayrılan numuneye hasar verilmesi, bu yöntemin alternatif yeni bir yıkıntısız deney yöntemi olması ihtimalini güçleştirmektedir.

Yapılan çalışmada, görüntü işleme ve YSA'nın beraber kullanımı ile betonun basınç dayanımının ölçülmesine yönelik geliştirilen metod, dayanımla ilgili tahminde bulunabilmek adına, diğer tahribatsız yöntemlerle birlikte uygulanarak (örneğin Schmidt çekici ya da ultrases hızı yöntemleri ile), daha güvenilir ve doğru sonuçlar vereceği görülmüştür. Bundan dolayı bir yapının beton basınç dayanımını belirlerken, alternatif bir test metodu olarak düşünülebilir. Ancak, bu metod da, diğer tahribatsız test metodları gibi, yapıdan alınan karot numuneler ile kalibre edilmelidir.

- ASTM, (1998), Standard Test Method for Pulse Velocity Through Concrete, Annual Book of ASTM Standards, Easton, MD, USA.
- Bal, H., 2006, *Kamera ile görüntü işleme teknikleriyle malzeme tane büyüklüğü analizi*, Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara
- Başka, M.A., 2006, *Betonun basınç dayanımının belirlenmesi ve değerlendirilmesi*, Yüksek Lisans Tezi, Atatürk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Erzurum
- Başığit, C., Kılınçarslan, Ş., Çomak, B., 2012, *Görüntü işleme tekniği ile beton basınç dayanımının tahmin edilmesi*, Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi 16-1 (2012), 82-88
- Binici, H., Çağatay, İ.H., Kaplan, H., 2000, *Değişik faktörlerin beton mukavemetine etkisinin deneysel olarak incelenmesi*, Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi, 203-209
- Çankaya, G., 2012, *Görüntü işleme teknolojisinin inşaat mühendisliğinde kullanımı ve bir uygulama örneği*, Yüksek Lisans Semineri, Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya
- Çayırılı, M., 2006, *Yanma olayının modellenmesi ve görüntü işleme yoluyla yanma performansının optimizasyonu*, Yüksek Lisans Tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Isparta
- Çomak, B., Beycioğlu, A., Başığit, C., Kılınçarslan, Ş., 2011, "Beton teknolojisinde görüntü işleme tekniklerinin kullanımı", 6<sup>th</sup> International Advanced Technologies Symposium (IATS'11), Elazığ
- Edizer, E., 2006, *Sayısal görüntü işleme yöntemi ile tane boyut dağılımı analizi*, Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana
- Erdal, M., 2002, *Beton basınç dayanımının bazı tahribatsız test yöntemleri ile belirlenmesi*, Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara
- Erdoğan, T., 2007, *Beton*, ODTÜ Geliştirme Vakfı Yayınları, Ankara , Türkiye
- Ergün, A., Kürklü, G., 2005, "Mevcut betonarme yapılarda beton dayanımının belirlenmesi", Deprem Sempozyumu, Kocaeli
- Güler, M., Sözen, Ş., Özen, M., 2007, *Görüntü yöntemlerinin beton mikro yapısının ve çelik birleşimlerin deformasyon davranışlarının belirlenmesinde uygulanması*, Tübitak 1002 Hızlı Destek Programı, Proje no:105M085, Ankara
- Küçük, Ö.F., 2006, *Ultrasonik yüzey dalgaları- Schmidt yöntemi yardımıyla beton dayanımının bulunması*, Yüksek Lisans Tezi, Harran Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Şanlıurfa
- Matlab; Image Processing Toolbox
- Okuyan, M.N., 2007, *Silis dumanı içeren yüksek dayanımlı betonların basınç dayanımlarının hasarsız olarak bulunması*, Yüksek Lisans Tezi, Harran Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Şanlıurfa
- Onat, M., 2008, *Dijital görüntü işleme yöntemi ile lifli beton numunelerindeki çatlakların tesbit edilmesi*, Yüksek Lisans Tezi, Fırat Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Elazığ
- Öncü M.,E., Karakaş, A., S., Kavak, M., T., 2006, *Production of high performance concrete using admixtures*, Journal of Engineering and Natural Sciences, 76
- Özen, M., 2007, *Investigation of relationship between aggregate shape parameters and concrete strength using imaging techniques*, Master Thesis, Graduate School of Natural and Applied Sciences of Middle East Technical University, Ankara
- Özen, M., Yaman, İ.Ö., Güler, M., 2012, "Identifying an optimal shape parameter to estimate grain size distribution of concrete samples using imaging techniques," *Advanced in Civil Engineering Conference'12*, Ankara
- Özkan, İ., Bilim, N., Sezer, R., Gökay, M.K., 2004, "Beton malzemelerde dayanım değerlerinin belirlenmesi için hasarsız yeni bir yaklaşım: Elektriksel geçirgenlik yöntemi", *KAYAMEK'2004-VII. Bölgesel Kaya Mekaniği Sempozyumu 2004*, Sivas
- Öztürk, D., Bozdoğan, K.B., Nuhoğlu, A., 2005, "Betonarme Yapılarda Beton Sınıfının Taşıyıcı Sistem Davranışına Etkisi", *Deprem Sempozyumu*, Kocaeli
- Santos, P., M.D., Julio, E.N.B.S., Silva, V.D., 2007, *Correlation between concrete to concrete bond strenght and the roughness of the substrate surface*, Construction and Building Materials 21(2007) 1688-1695
- Taşçı, M., 2011, *FPGA kontrollü robotik göz*, Yüksek Lisans Tezi, Balıkesir Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Balıkesir

- Uras, A., 2006, *Pullu uç demirlerindeki aşınmaların belirlenmesinde görüntü işleme tekniğinden yararlanma olanakları*, Yüksek Lisans Tezi, Uludağ Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Bursa
- Yılmaz, A., 2007, *Kamera kullanılarak görüntü işleme yoluyla gerçek zamanlı güvenli uygulaması*, Yüksek Lisans Tezi, Haliç Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul