



Düzce Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi

Araştırma Makalesi

Farklı Beton Dayanımlarındaki Kolonlarda, Eksenel Yük Seviyelerine Göre Geri Sıçramalı Çekiç Verilerinin Korelasyonu İçin Deneysel Bir Öneri

Yusuf DEMİREL^a

^a*İnşaat Mühendisliği Bölümü, Mühendislik Fakültesi, Gazi Üniversitesi, Ankara, TÜRKİYE*
** Sorumlu yazarın e-posta adresi: ydemirel@gazi.edu.tr*

ÖZET

Betonun basınç dayanımı, betonarme sistemin yapısal bütünlüğü açısından hayati önem taşımaktadır. Gerek inşaat aşamasında gerekse inşaat tamamlandıktan sonra, farklı yapı elemanlarındaki basınç dayanımlarının bilinmesi, kontrol ve değerlendirme yapılabilmesi açısından oldukça önemlidir. Standartların ve yönetmeliklerin değişimiyle kontrol ve değerlendirme için beton dayanımının tespiti daha da önem kazanmıştır.

Yapıya az hasar verecek şekilde, beton dayanımının bulunması önemlidir. Geri sıçramalı çekiç ile beton dayanımı tespiti ekonomik, pratik ve hasarsız olması nedeniyle çok kullanışlı bir yöntemdir. Yapılan çalışmalarda, geri sıçramalı çekiç ile karot numunesinden bulunan beton dayanımı arasında tutarsızlıklar gözlenmiştir. Geri sıçramalı çekiç okumaları herhangi bir düzeltme faktör dikkate alınmadan kullanılmaktadır. Bu da geri sıçramalı çekiçin kullanımını ve güvenilirliğini azaltmaktadır.

Bu çalışmada, $f_{ck}=14$, $f_{ck}=20$ ve $f_{ck}=24$ MPa dayanımlara sahip deney elemanlarında $0.013N_0-0.2N_0-0.3N_0-0.4N_0-0.5N_0-0.6N_0-0.7N_0$ yük düzeylerinde her dört yüzeyinden en az beşer adet geri sıçramalı çekiç okuması alınmış, standart sapma analizi yapılmıştır. Elde edilen dayanımların, eksenel yük düzeyi ile değişimi irdelenmiştir. Eksenel yük düzeyinin de ayrı bir sapma yarattığı tespit edilmiştir. Eksenel yük düzeyine göre, geri sıçramalı çekiç verileri için rekrasyon doğrusu bulunmuştur. Geri sıçramalı çekiç ile beton dayanımının elde edilmesinde eksenel yük düzeyinin de bir düzeltme faktörü olarak dikkate alması gerektiği görülmüştür.

Anahtar Kelimeler: *Beton dayanımı tespiti, Geri sıçramalı çekiç, Eksenel yük düzeyi, Rekrasyon doğrusu*

An Experimental Purpose for Correlation of Data of Rebound Hammer as to Axial Load Levels on the Different Strength of Concrete Columns

ABSTRACT

The compressive strength of concrete has vital importance for the structural integrity of the concrete systems. It is necessary to determine the compressive strength of different structural elements, both during the construction phase and after the completion of construction. As the standards and assessments for control and regulation of

the strength of the concrete are renewed it has become even more important to determine them. Non-damaging determination of the concrete strength is crucial. For this purpose, determining the concrete strength with rebound hammer is the most useful method because of economical, practical and non-damaging reasons. At the previous studies, a discrepancy has been observed between the rebound hammer which has core specimens and the concrete strength. Rebound hammer is used without considering the correction factors in the readings. This reduces the usage and reliability of the rebound hammer. In this study, test members which have the strengths of $f_{ck}=14$, $f_{ck}=20$ and $f_{ck}=24$ in MPa and the loads of $0.013N_0-0.1N_0-0.2N_0-0.3N_0-0.4N_0-0.5N_0-0.6N_0-0.7N_0$ are analyzed. During the test, data of rebound hammer of the least five pieces of the four concrete surface's are observed and standard deviation analysis are performed. The resulting strength data which change with axial load levels are examined. According to the axial load level, a correlation is proposed for the data of rebound hammer. It is observed that the axial load level causes extra deviation. As a result, during the determination of the strength of concrete with rebound hammer, considering the axial load level as a correction factor is necessary.

Keywords: Determination of the strength of concrete, Rebound hammer, Axial load level, Recreation line

I. GİRİŞ

BETONARME, genel anlamda, betonun basınç ve çeliğin çekme dayanım özelliklerinin uygun yerlerde birlikte kullanıldığı kompozit bir sistemdir. Betonarme yapılar, sisteme etkiyen statik ve dinamik yüklerin meydana getirdikleri kesit tesirlerini belirli bir güvenlikle karşılayacak şekilde boyutlandırılırlar. Betonun basınç dayanımı, betonarme sistemin yapısal bütünlüğü açısından hayati önem taşımaktadır. Bu yüzden, gerek inşaat aşamasında gerekse inşaat tamamlandıktan sonra, farklı yapı elemanlarındaki basınç dayanımlarının bilinmesi, kontrol ve değerlendirme yapılabilmesi açısından oldukça önemlidir [1].

Ülkemizde meydana gelen son standart ve yönetmelik değişiklikleri ile mevcut yapıların yeterliklerinin tespiti daha da önemli hale gelmiştir. 6306 sayılı kentsel dönüşüm kanununun yürürlüğe girmesi ile de eski yapı stoklarının incelemeye alınmasına başlanmıştır. Bu amaçla, mevcut yapı taşıyıcı elemanlarında kullanılmış olan betonun dayanımı ve beton kalitesinin tespitinde kullanılan yöntemlerin betonun gerçek dayanımı ile ilgili korelasyonu önem kazanmıştır [2].

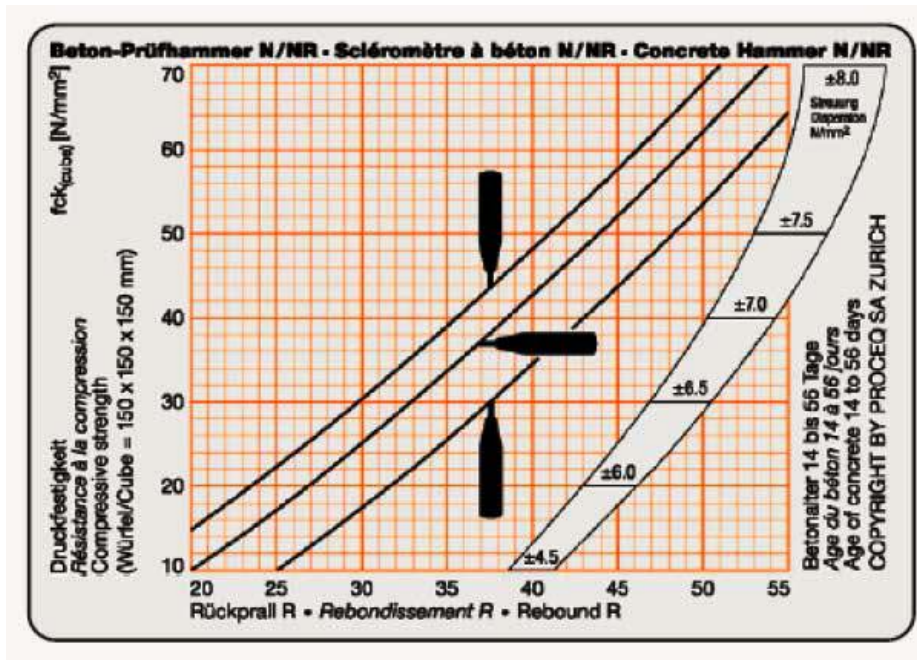
Yerindeki betonun basınç dayanımının tespit edilmesinde başvurulan yöntemler, tahribatlı ve tahribatsız yöntemler olarak ikiye ayrılmaktadır. Beton basınç dayanımını tespit etmek amacıyla taşıyıcı elemana hasar vermek veya vermemek yöntem seçiminde bir çelişkiye neden olmaktadır. Tahribatlı beton basınç dayanımı tespit yöntemleri olarak Karot alma ve Çekip çıkarma yöntemleri kullanılmaktadır. Bu yöntemler, zaman ve maliyet isteyen ama beton dayanımının tespitinde daha sağlıklı sonuç veren yöntemlerdir. Bununla birlikte maliyet ve zamandan daha önemli olan nokta, bu yöntemlerin mevcut binanın taşıyıcı elemanında hasara neden olmasıdır. Hasarsız tespit metodları olarak çoğunlukla geri sıçramalı çekiç (Schmidt çekici, Yüzey Sertliği Ölçüm Cihazı veya Beton Çekici olarak bilinir) kullanılmaktadır. Hasarsız tespit yöntemleri olarak, ultrases hızı ve olgunluk testi de bilinmekle birlikte ülkemizde fazla kullanılmamaktadır.

Yapılan çalışmalarda geri sıçramalı çekiç ile beton dayanımının tespiti ile karot numunesi alımı ile beton dayanımı tespiti arasında tutarsızlıklar gözlenmiştir [1]. İlgili standart TS EN 12504-2/Aralık 2004 incelendiğinde betonun gerçek mukavemetinin sertleşmiş betondan alınan karot numunelerinin basınç deneyine tabi tutulmasıyla belirlenebileceği ve zorunlu durumlar haricinde beton basınç

dayanımının geri sıçramalı çekiç ve karot uygulamasının birlikte kullanılarak tespit edilmesi önerilmektedir [3]. Geri sıçramalı çekicinin zorunlu durumlarda bile yalnız başına kullanılarak beton basınç dayanımının tahmin edilmesinde kullanılmasına izin verilmesi son derece sakıncalı bir yaklaşımdır. Uygulamada ülkemizde yüzey sertliği metodu kolaylığı, ekonomikliğı ve tahribatsız olması nedeniyle tek başına uygulanmakta ve tercih edilmektedir. Maalesef, bu yöntemden elde edilen basınç dayanımı sonuçlarının çok kaba olduğu göz ardı edilmektedir. Ancak, beton dayanımı en sağlıklı şekilde karot alma yöntemi ile belirlenebilmektedir. Bu yöntemin; tahribatlı, pahalı ve uygulanmasının zor olması bir dezavantajdır; ancak, tahribatlı ve tahribatsız deney yöntemlerini birlikte kullanarak, istenilen sayıda elemanın basınç dayanımlarını en az tahribatla hem ekonomik hem de yalnız tahribatsız yöntemle kıyasla daha hassas olarak belirlemek mümkündür [4].

Geri sıçramalı çekiç, yüzey sertliğine bağlı olarak mevcut betonun dayanımını bulmaktadır. Elde edilen okumalar, yalnızca çekiç üzerinde bulunan bir grafik yardımıyla beton dayanımına çevrilmektedir. Alınan okumaların, ne standart sapmasına bakılmakta ne de her hangi bir düzeltme faktörü kullanılmaktadır. Bu durumda da geri sıçramalı çekiçlerin, büyük sapmalar yapması doğaldır. Sapmanın asıl nedenlerinin başında, geri sıçramalı çekicinin kalibrasyonu gelmektedir. Sapmayı etkileyen diğer nedenler ise literatürlerde; yüzey pürüzlülüğü, numune şekil, boyut ve rijitliği, betonun yaş, agrega tipi, betonun nem içeriğı, karbonatlaşma, beton içindeki boşluk ve donatı ve vuruş açısı olarak verilmektedir [5,6,7,8]. Ancak uygulamada bu nedenlerden kaynaklanan herhangi bir düzeltmeye gidilmemektedir. Standartlarda ise bu sapmanın \pm %15 olduğu verilmektedir [9,10].

Geri sıçramalı çekiç ile betonun yüzey sertliği ölçülür. Geri sıçramalı çekicinin çalışma prensibi, TS EN 12504-2/Aralık 2004’de “yay ile itilen ve serbest bırakıldığında beton yüzey ile temas eden çelik uca çarpan çelik çekiç ihtiva eden. Çelik çekicinin çelik uçtan geri sekme mesafesi, cihaz üzerine cetvelden okunur” şeklinde ifade edilmiştir [3]. Okunan bu değer, beton çekici ile birlikte verilen geri sıçrama miktarından beton dayanımına geçiş grafiğı kullanılarak beton basınç dayanımına geçiş yapılır (Şekil 1).



Şekil 1. Geri sıçramalı çekiç okumasından beton basınç dayanımına geçiş grafiğı

Geri sıçramalı çekici etkileyen faktörler nedeniyle, beton gerçek dayanım değerlerinden oldukça büyük sapmalar gösterebilir. Literatürlerde sonuca etki eden faktörler şunlardır;

- * Ölçüm alınacak yüzeyin pürüzsüz, temiz ve kuru olması en önemli etmendir. Yüzey üzerindeki küçük bir sıva parçası bile sonucu büyük ölçüde etkileyebilir
- * Test ettiğiniz yüzey o elemanı temsil etmeyebilir. Örneğin darbe noktası, çok iri ve sert bir agregaya danesine veya donatı üstüne denk gelebilir.
- * Beton karbonatlaşarak yüzeyi sertleşmiş olabilir.
- * Betonda gözle görülmeyen kılcal çatlaklar olabilir. Bu durum aynı zamanda karot deneyi sonuçlarını ve çekip çıkarma deneyi sonuçlarını daha çok etkileyen bir faktördür
- * Segregasyona uğramış bir kısımdan test yapılmış olabilir.
- * Beton homojen bir dağılıma sahip olmayabilir.
- * Mala ve benzeri aletlerle düzlenmiş yüzeyler beton dökümünde kullanılan kalıpların oluşturduğu yüzeylere göre daha serttirler ve gerçek dayanım değerlerinden daha yüksek sonuçlar verebilirler.
- * Beton çekicinin kalibrasyonu bozuk olabilir. Her 1000 okumadan sonra alet kalibre edilmelidir.
- * Darbe çubuğunun içine toz-toprak kaçmış veya çubuk yağlanmış olabilir.
- * Darbe çubuğu yüzeye dik olarak tetiklenmemiş olabilir.
- * Üç aydan daha yaşlı betonlar için söz konusu betonun geçmişi göz önünde bulundurularak değerleri azaltıcı katsayılar kullanılmalıdır.
- * Betonun kür şartları, başlangıçtaki sertleşme hızı, kullanılan agreganın cinsi, deney anında betonun yük uygulanma durumu, aletin ve betonun sıcaklığı, vb. [5,6,7,8,9,10].

Karot numunelerin değerlendirilmesinde karot narinliği, karot çapı, yatay-düşeylik, örselenme, boşluk oranı, donatı etkisi, numune nemliliği gibi bir çok faktör göz önüne alınırken, geri sıçramalı çekiç verilerinde üsteki faktörler bile değerlendirmeye alınmamaktadır.

Mevcut binalardaki beton dayanımının tespiti amacıyla yapılan çalışmaların çoğunda geri sıçramalı çekiç ile karot numunelerinin verdikleri beton basınç dayanımları arasında büyük farklılıklar ortaya çıktığı bilinmektedir. Bir üniversite binasında yapılan çalışmada geri sıçramalı çekiç ile karot numunelerinden elde edilen beton dayanımların büyük sapma göstermesi eksenel yük düzeyinin de etkili olabileceğini göstermiştir [11]. Malzemelerin sahip oldukları dayanımlar (basınç ve çekme) malzeme parametrelerinin (elastisite modülü, kayma modülü ve poisson oranı) değerleri ile doğrudan ilişkilidir [4].

Bu araştırma, deneyim ve gözlemler sonucunda tasarlanmış, geri sıçramalı çekicinin çalışma prensibi de dikkate alınarak deneysel bir çalışmaya gidilmiştir. Dayanım ile elastisite modelinin ilişkisi geri sıçramalı çekicinin teorisini ve çalışma prensibini oluşturur. Bu durumda betonarme elemanın üzerinde etkili eksenel yük düzeyi geri sıçramalı çekicinin verilerini etkileyen faktörlerden biri olmalıdır. Ancak yukarıda da belirttiği gibi literatür taramalarında böyle bir düzeltme faktörüne rastlanmamıştır. Deneysel çalışmanın da temelini bu bulgular oluşturmuştur.

II. DENEY

Deneyde üç ayrı beton basınç dayanımı elde etmek amacıyla üç ayrı beton karışımı hazırlanmıştır (Tablo 1). Geri sıçramalı çekici etkileyen faktörler nedeniyle en büyük tane çapları da tabloya ilave edilmiştir.

Tablo 1. Deney Elemanlarına Ait Malzeme Karışım Oranları

| Deney Elemanları | $f_{ck}=14$ (MPa) | $f_{ck}=20$ (MPa) | $f_{ck}=24$ (MPa) |
|---------------------------------|----------------------|----------------------|----------------------|
| Su/Çimento (kg/m ³) | 0.50 | 0.50 | 0.55 |
| Su (kg/m ³) | 150 | 188 | 248 |
| Çimento (kg) | 300 | 375 | 450 |
| Çakıl (kg) | 1166 | 1094 | 1010 |
| Kum (kg) | 685 | 643 | 593 |
| %Çakıl | 63 | 63 | 63 |
| %Kum | 37 | 37 | 37 |
| D _{max} (mm) | 15 | 15 | 15 |

Bu deneysel çalışmada, $f_{ck}=14$ MPa, $f_{ck}=20$ MPa ve $f_{ck}=24$ MPa olarak 3 deney elemanı üretilmiştir. Deney çerçevesi dikkate alınarak elemanın boyutları 160x160x780 mm olarak tasarlanmıştır. Deney elemanlarının gerçek dayanımlarının tespit edilebilmesi için her elemanın betonunun dökümü sırasında beşer adet standart silindir numunesi alınmış ve deney elemanlarıyla aynı koşullar altında küre tabii tutulmuştur. Deney elemanlarına, deney tarihinde kırılan silindirlerin dayanımlarına göre isim verilmiştir. Silindir dayanımı ortalaması 13.8 MPa bulunan deney elemanı $f_{ck}=14$ MPa olarak, ortalaması 20.0 MPa buluna deney elemanı $f_{ck}=20$ MPa ve ortalaması 23.8 MPa bulunan deney elemanı ise $f_{ck}=24$ MPa olarak adlandırılmıştır.

Her elemanın aksel yük taşıma gücü (N_0) dikkate alınarak, 0.01 N_0 -0.2 N_0 -0.3 N_0 -0.4 N_0 -0.5 N_0 -0.6 N_0 -0.7 N_0 yük düzeylerinde her dört yüzeyinden en az beşer adet geri sıçramalı çekiç okuması alınması planlanmıştır. Deney elemanları, yük ölçer ile yükleme krikosu arasına yerleştirilmiştir. Eksenelliğine dikkat edilerek, üst rijit levhanın üzerine yerleştirilen mafsalla da olası aksel yük merkezlenmiştir.

Deney aşamasında ilk okuma 0.01 N_0 da yapılması planlanmış olmasına rağmen elemanın sabitlemesi ve geri sıçramalı çekiç okuması sırasında elemanın hareket edebileceği de göz önüne alınarak ilk okumalar 0,013 N_0 'da eleman tutularak alınmıştır. Daha sonra sırasıyla 0.2 N_0 'dan 0.7 N_0 'a kadar her 0.1 N_0 'lık artışta her yüzeyden en az beşer geri sıçramalı çekiç okuması alınmıştır. Deney elemanlarında ilk çatlaklar $f_{ck}=24$ MPa ve $f_{ck}=20$ MPa elemanlarında 0.7 N_0 değerinde, $f_{ck}=14$ MPa elemanında ise 0.6 N_0 değerinde gözlenmiştir. Kırılma sonucu stabilite kaybı oluşmadan önce alınan son geri sıçramalı çekiç okumaları $f_{ck}=24$ MPa elemanında 0.7 N_0 'da, $f_{ck}=20$ MPa elemanında 0.65 N_0 'da ve $f_{ck}=14$ MPa elemanında ise 0.77 N_0 'da alınmıştır.



Şekil 2.(a) Deney elemanında okuma alınacak yüzeylerinin zımparalanışı. **(b)** $f_{ck}=14\text{MPa}$ elemanı geri sıçramalı çekiç okumaları

Deney elemanı brüt beton olmasına rağmen, yüzey pürüzlülüğünden kaynaklanan sapmaları en aza indirmek amacıyla, $f_{ck}=24\text{MPa}$ elemanında görüldüğü gibi tüm yüzeylerde geri sıçramalı çekiç zımpara taşı ile yüzey düzeltmesi yapılmıştır. (Şekil 2.a)



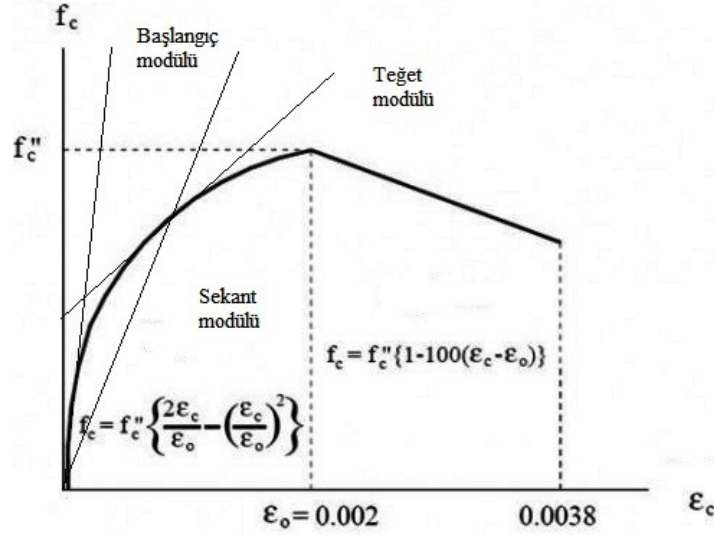


Şekil 3. (a) $f_{ck}=14\text{MPa}$ elemanında oluşan boyuna çatlaklar. **(b)** $f_{ck}=20\text{MPa}$ elemanında oluşan boyuna çatlaklar. **(c)** $f_{ck}=24\text{MPa}$ elemanında oluşan boyuna çatlaklar. **(d)** Her üç elemanın deney sonrası görünümü.

Deneyler aşamasında, $f_{ck}=14$, $f_{ck}=20$ ve $f_{ck}=24$ MPa deney elemanlarında $0.013N_0$ - $0.1N_0$ - $0.2N_0$ - $0.3N_0$ - $0.4N_0$ - $0.5N_0$ - $0.6N_0$ yük düzeylerinde her dört yüzeyinden en az beşer adet geri sıçramalı çekiç okuması alınmış, planlanan $0.7N_0$ okumaları ise $f_{ck}=24\text{MPa}$ elemanında $0.7N_0$ 'da, $f_{ck}=20\text{MPa}$ elemanında $0.65N_0$ 'da ve $f_{ck}=14\text{MPa}$ elemanında ise $0.77N_0$ 'da alınabilmektedir.

III. BULGULAR ve TARTIŞMA

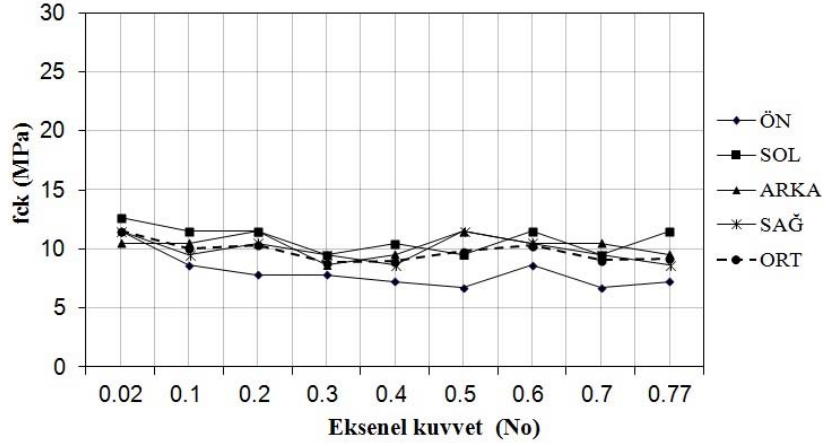
Geri sıçramalı çekiçin çalışma prensibi, elastisite modül ve kütleleri bilinen iki bilyenin belli bir hızda sürtünmesiz bir düzlemde çarpıştırılması sonucu geri sıçramalarının hesaplanabilir olmasıdır. Probleme tersten yaklaşıldığında, bilyelerden birinin elastisite modülü bilinmediği kabul edildiğinde, çarpışma sonrası elde edilen sıçrama okumasından hareketle elastisite modülü bilinmeyen bilyenin elastisite modül hesaplanabilmektedir. TS EN 12504-2/Aralık 2004'de de geri sıçramalı çekiçin çalışma prensibi "yay ile itilen ve serbest bırakıldığında beton yüzey ile temas eden çelik uça çarpan çelik çekiç ihtiva eden. Çelik çekiçin çelik uçtan geri sekme mesafesi, cihaz üzerine cetvelden okunur" şeklinde ifade edilmiştir. Anlaşılacağı gibi elastisite modülleri geri sıçramalı çekiçin çalışma prensibinde en önemli değerdir.



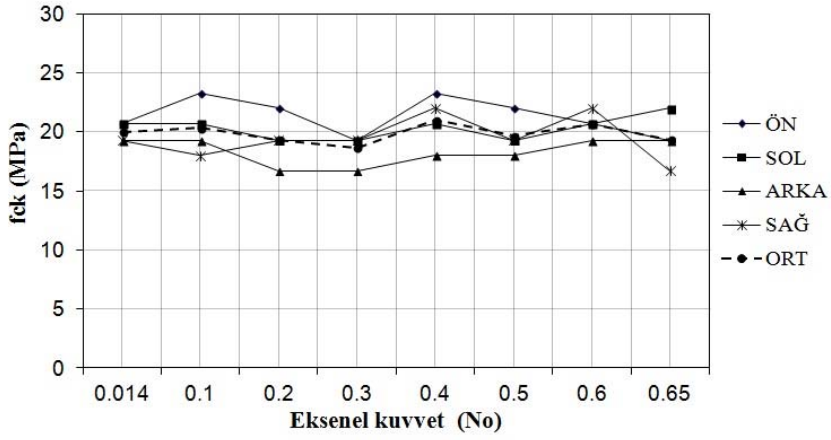
Şekil 4. Hognestad modeline göre betonun gerilme-birimde boy değişimi grafiği [1]

Beton elemanların sahip oldukları basınç ve çekme dayanımları ile betonun elastisite modülü, kayma modülü ve poisson oranının doğrudan ilişkili olduğu bilinmektedir [8]. Bütün bunların bilinmesine rağmen, geri sıçramalı çekiç verilerinin düzeltme faktörlerinin içinde aksel yük seviyesi ile ilgili her hangi bir faktör bulunmamaktadır. Betonun elastisite modülünün kullanım gerilmesine göre değişken olduğu bilinmektedir. Sargısız beton için en yaygın kullanılan beton modeli Hognestad modelidir. Bu modele göre betonun gerilme-birimde boy değişimi Şekil 4'teki gibidir. Gerilme – birim boy ilişkisindeki eğimini o malzemenin elastisite modülünü verdiği dikkate alındığında, beton için gerilmeye bağlı olarak değişen birçok elastisite modülünün olduğu görülmektedir. Gerilmenin sıfıra yakın olduğu durumlarda başlangıç modülü, daha büyük gerilmelerde ise teğet modülü kullanılmaktadır. Elastisite modülünün betonun gerilmesine bağlı olarak değişmesi, geri sıçramalı çekiçten elde edilen verilerin de değişeceğini göstermektedir. Gözlem, deneyim ve matematiksel modeller dikkate alınarak, beton dayanımı ve aksel yük düzeyi değişkenlerini içeren bu deneysel çalışma yapılmıştır.

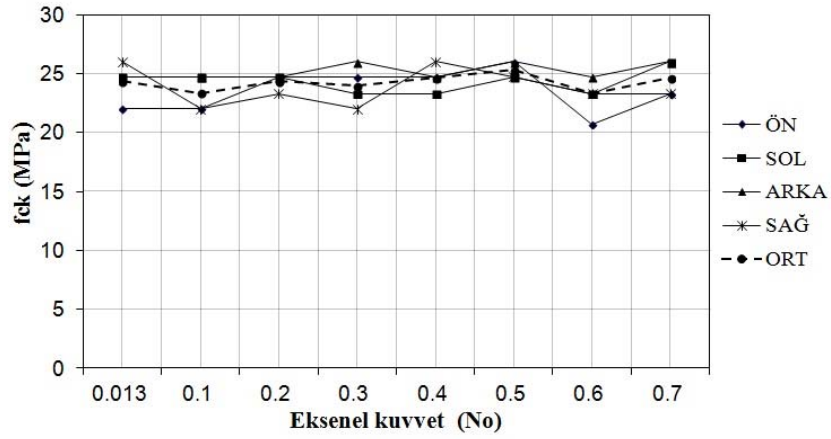
Deney elemanlarının her bir yüzeyi ayrı değerlendirmeye alınmıştır. Alınan geri sıçramalı çekiç okumalarının ortalamaları, maksimum ve minimum değerleri dikkate alınarak Yapı Merkezi-1992 [12], Öztekin, Suvakçı ve Öztürk-1993 [13] ve Bellander-1979 [14] yaklaşımlarına göre standart sapmaları hesaplanmış, sapmanın dışında kalan geri sıçramalı çekiç okumaları yok sayılmıştır.



Şekil 5. $f_{ck}=14\text{MPa}$ elemanı ÖN-SOL-ARKA-SAĞ yüzeyleri ve Ortalama beton dayanımları

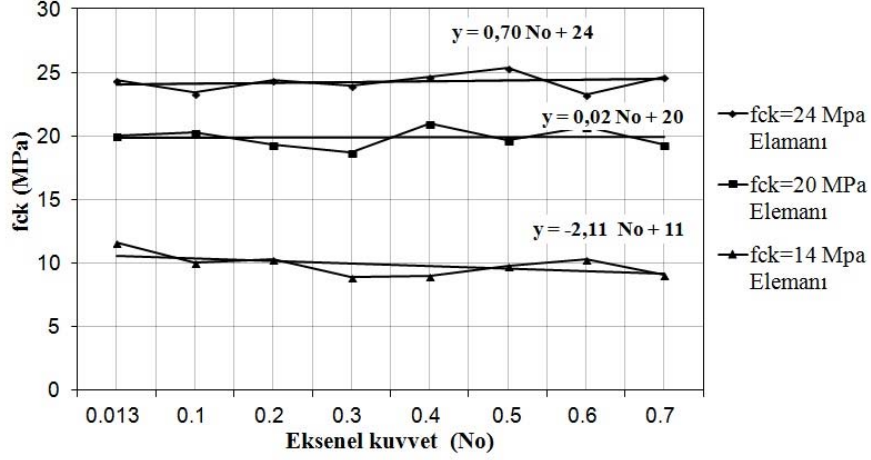


Şekil 6. $f_{ck}=20\text{MPa}$ elemanı ÖN-SOL-ARKA-SAĞ yüzeyleri ve Ortalama beton dayanımları



Şekil 7. $f_{ck}=24\text{MPa}$ elemanı ÖN-SOL-ARKA-SAĞ yüzeyleri ve Ortalama beton dayanımları

Deney elemanlarının her bir yüzeyinden elde edilen geri sıçramalı çekiç değer ortalamalarından beton dayanımı elde edilmiştir. Her bir yüzeyin (Sağ-Arka-Sol-Ön) beton dayanımları ile eksenel yük (N_0) değişimleri grafik haline getirilmiştir. Şekil 5'te $f_{ck}=20\text{MPa}$ elemanı, Şekil 6'da $f_{ck}=20\text{MPa}$ elemanı ve Şekil 7'de $f_{ck}=20\text{MPa}$ elemanı için ÖN-SOL-ARKA-SAĞ yüzeyleri ve ortalama (ORT) beton dayanımları, eksenel yük değişimine göre verilmiştir.



Şekil 8. $f_{ck}=14\text{MPa}$, $f_{ck}=20\text{MPa}$ ve $f_{ck}=24\text{MPa}$ elemanlarının ortalama beton dayanımları

Şekil 8'de her bir deney elemanın tüm yüzeylerinden alınan okumaların sapmaları çıkarıldıktan sonra ortalamaları alınmıştır. Üç farklı beton dayanımına sahip deney elemanı için, değişen eksenel yük seviyelerinde geri sıçramalı çekiçten elde edilen dayanımlar ile birlikte regresyon doğruları da verilmiştir.

$f_{ck}=14\text{MPa}$, $f_{ck}=20\text{MPa}$ ve $f_{ck}=14\text{MPa}$ elemanları ÖN-SOL-ARKA-SAĞ yüzeyleri beton dayanımlarını veren Şekil 5,6 ve 7'de her bir eksenel yüke karşı gelecek sapma genliği 4MPa olarak hesaplanmıştır.

Beton dayanımının 14MPa 'dan düşük olması durumunda, geri sıçramalı çekiçten elde edilen dayanım verilerine göre; eksenel yük düzeyi ne olursa olsun, % 20-30 daha düşük değerler elde edildiği gözlenmiştir.

Şekil 8'deki regresyon doğruları; beton dayanımının düşük olduğu elemanlarda, geri sıçramalı çekiç okumaları eksenel yük düzeyinden negatif şekilde etkilenmektedir. $f_{ck}=24\text{MPa}$ deney elemanından $y = -2,11N_0+11$ olarak elde edilen regresyon doğrusunun denklemi de bunu göstermektedir. Beton dayanımı 20MPa olduğunda denklem $y=0,02N_0+20$ olarak elde edilmiştir. Bu dayanım düzeyinde geri sıçramalı çekiç okumaları eksenel yük düzeyi değişiminden etkilendiği gözlenmiştir. Denklem N_0 değişkeninin çarpanı 0.02 'lik eğimi de bunu göstermektedir. Beton dayanımı 20MPa üzerinde olduğunda eksenel yük düzeyi ile geri sıçramalı çekiç okumaları artmaktadır. $f_{ck}=24\text{MPa}$ deney elemanının geri sıçramalı çekiç okumalarından elde edilen denklem $y=0,70N_0+24$ de bunu göstermektedir.

IV. SONUÇ

Geri sıçramalı çekicinin zorunlu durumlarda bile yalnız başına kullanılarak beton basınç dayanımının tespit edilmesi veya buna izin verilmesi son derece sakıncalıdır. Uygulamada ülkemizde yüzey sertliği metotlarında geri sıçramalı çekiç; kolaylığı, ekonomikliğı ve tahribatsızlığı nedeniyle tercih edilmektedir. Beton dayanımı en sağlıklı şekilde, karot alma yöntemi veya çekip çıkartma yöntemiyle belirlenebilmektedir. Bu yöntemlerden karot alma yöntemi ülkemizde kullanım açısından daha fazla tercih edilen bir yöntemdir. Bu yöntemin; tahribatlı, pahalı ve uygulanmasının zor olması bir dezavantajdır. Karot alma ve geri sıçramalı çekiç yöntemleri birlikte kullanılarak istenilen sayıda elemanın basınç dayanımlarını en az tahribatla hem ekonomik hem de yalnız tahribatsız yöntemle kıyasla daha hassas olarak belirlemek mümkündür. Karot alma yönteminde kullanılan düzeltme faktörleri gibi geri sıçramalı çekicinin de düzeltme faktörlerinin kullanılması gerekmektedir.

Bu çalışmada da; geri sıçramalı çekiç ile beton dayanımının elde edilmesinde eksenel yük düzeyinin de bir düzeltme faktörü olarak dikkate alınması gerektiğı deneysel olarak tespit edilmiştir.

Üç farklı beton dayanımına sahip deney elemanlarının rekrasyon doğruları dikkate alındığında, doğruların eğiminin beton dayanımına göre değıştiğı gözlenmiştir.

20MPa beton dayanımında, eksenel yük artışı ile geri sıçramalı çekiç okumalarının rekrasyon doğrusunun değışimi ihmal edilebilecek kadar azdır, daha düşük dayanımda eksenel yük artışından negatif etkilendiğı, daha yüksek beton dayanımında ise eksenel yük artışından pozitif etkilendiğı tespit edilmiştir.

Bu çalışmanın vurgulamak istediğı en önemli nokta; yalnızca karot alma yöntemi ile veya yalnızca geri sıçramalı çekiç yöntemi ile beton dayanımının tespit edilmesinin uygun veya ekonomik olmadığı, bir yapıda çok sayıda elemanın basınç dayanımını tespit etmek için her iki yöntemin de birlikte kullanılmasının gerekli olduğunu belirtmektir.

Geri sıçramalı çekiç kullanımında karot numunesi alınacak yerdeki okumalar ve diğere düzeltme faktörleri kullanımı sonucunda daha gerçekçi veriler elde edileceğı ortaya çıkmaktadır.

V. KAYNAKLAR

- [1] U. Ersoy, *Betonarme: Temel İlkeleri ve Taşıma Gücü Hesabı*, 1. Baskı, Evrim Yayınevi (1987).
- [2] Anonim, *Afet riski altındaki alanların dönüştürülmesi hakkında kanun*, **T.C. Resmi Gazete**, No: 6306, Tarih: 31/5/2012.
- [3] Anonim, *TS EN 12504-2 Yapılarda beton deneyleri Bölüm 2: Tahribatsız deneyler – Geri sıçrama değışerinin tayini*, **Türk Standartları Enstitüsü**, Tarih: 27/12/2004.
- [4] Ş. Yazıcı, A. Burak Göktepe, S. Altun, V. Karaman, DEÜ Mühendislik Fakültesi Fen ve Mühendislik Dergisi **8(1)** (2006) 119-128.
- [5] Heidelberg cement, *Determination and evaluation of concrete compressive strength on location Heidelberg*, (2014).
- [6] A.M. Neville, *Properties of Concrete*, 5. Edition, Kindle Edition (2012).
- [7] H.S. Shang, T.Hua Yi, L.S. Yang (2012), **DOI:10.1155/2012/345214**.
- [8] T.Y. Erdoğan, *Beton*, METU Yayınları (2003).

- [9] V.M. Malhotra, N.J. Carino, *Handbook on nondestructive testing of concrete*, 2. Edition, ASTM international West conshohocken, (2004)
- [10] Anonim, *ASTM C805 / C805M - 13a Standard Test Method for Rebound Number of Hardened Concrete*, Committee No: C09.64, Tarih: 15/01/ 2014
- [11] K. Taşkın, *Hasar görmüş önemli bir binanın onarım ve güçlendirilmesi*, Yüksek Lisans Tezi, Anadolu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Eskişehir-Türkiye,(2007).
- [12] E. Arıoğlu, N. Arıoğlu, *Betonarme karot deneyleri ve değerlendirilmesi*, Yapı Merkezi, Evrim yayınevi,(1998).
- [13] E. Öztekin, A. Suvakçı ve M. Öztürk, *İstanbul Betonarme Betonları Üzerinde Nitelik Denetim Çalışması*, **Türkiye İnşaat Mühendisliği XII. Teknik Kongresi**, Ankara-Türkiye, (1993) 597.
- [14] U. Bellander, *Concrete strength in finished structure; Part 3, NON-destructive testing methods. Investigation in laboratory and in-situ*, Swedish Cement and Concrete, (1991)