

T.C.  
VAN YÜZÜNCÜ YIL ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ  
İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

**MEVCUT BİNALARIN BETON DAYANIMININ ÇİVİ PENETRASYON  
YÖNTEMİ İLE BELİRLENMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

HAZIRLAYAN: Mehmet KOLTAŞ  
DANIŞMAN: Doç. Dr. Mücip TAPAN

VAN-2018



T.C.  
VAN YÜZÜNCÜ YIL ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ  
İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

**MEVCUT BİNALARIN BETON DAYANIMININ ÇİVİ PENETRASYON  
YÖNTEMİYLE BELİRLENMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

HAZIRLAYAN: Mehmet KOLTAŞ

VAN-2018



## KABUL VE ONAY SAYFASI

İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı'nda Doç.Dr. Mücip TAPAN danışmanlığında Mehmet KOLTAŞ tarafından sunulan "**Mevcut Binaların Beton Dayanımının Çivi Penetrasyon Yöntemi İle Belirlenmesi**" isimli bu çalışma Lisansüstü Eğitim ve Öğretim Yönetmeliği'nin ilgili hükümleri gereğince 19/12/2018 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oy birliği ile başarılı bulunmuş ve yüksek lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

Başkan: Doç.Dr. Ercan IŞIK

İmza:

Üye: Dr.Öğr.Üyesi Barış ERDİL

İmza:

Üye: Doç.Dr. Mücip TAPAN  
(Danışman)

İmza:

Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun 28/12/2018 tarih ve 2018/65-T Sayılı kararı ile onaylanmıştır.

İmza

Enstitü Müdürü



## TEZ BİLDİRİMİ

Tez içindeki bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edilerek sunulduğunu, ayrıca tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada bana ait olmayan her türlü ifade ve bilginin kaynağına eksiksiz atıf yapıldığını bildiririm.

(İmza)

Mehmet KOLTAŞ







## ÖZET

### MEVCUT BİNALARIN BETON DAYANIMININ ÇİVİ PENETRASYON YÖNTEMİ İLE BELİRLENMESİ

KOLTAŞ, Mehmet  
Yüksek Lisans Tezi, İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı  
Tez Danışmanı : Doç. Dr. Mücip TAPAN  
Aralık 2018, 53 sayfa

Bu tez çalışmasında, beton dayanımının çivi penetrasyon yöntemi ile belirlenebilmesi için farklı beton dayanımlarına sahip betonarme kolon, kiriş ve bağ kirişleri üretilerek çivi penetrasyon derinliği ile beton küp basınç dayanımları arasındaki ilişki araştırılmıştır. Çalışmada kullanılmak üzere farklı dayanımlara sahip hazır beton kullanılarak, her biri 30x30x100 cm boyutlarında olan bağ kirişlerinden oluşan temel sistemi ile kolonlardan ve kirişlerden oluşan 30x30x200 cm boyutlarında beş adet çerçeve sistem yerinde dökülerek hazırlanmıştır. Her bağ kirişi için üç adet ve her çerçeve sistem için dokuz adet 15x15x15 cm boyutlarındaki küp numune kalıpları kullanılarak numuneler alınmış, mevcut betonarme elemanda çivi penetrasyon yöntemi uygulanarak elde edilen penetrasyon değerleri beton küp basınç dayanımları ile kıyaslanarak aralarındaki ilişkiler incelenmiştir.

Bu çalışmada uygulanan yöntemden elde edilen sonuçlara göre çivi penetrasyon deneyi yöntemi ile beton dayanımının çok düşük hata payları ile belirlenebileceği ve beton dayanımının belirlenmesinde kullanılan diğer yöntemlere kıyasla daha yüksek kolaylık/güvenilirlik oranına sahip olduğu ve dolayısıyla mevcut betonarme elemanların beton dayanımlarının belirlenmesinde kullanılacak güvenilir bir yöntem olduğu sonucunu ortaya çıkarmıştır.

**Anahtar kelimeler:** Beton kalitesini belirleme, Betona çivi çakma, Çivi penetrasyonu.



## ABSTRACT

### DETERMINATION OF CONCRETE COMPRESSIVE STRENGTH OF EXISTING BUILDINGS WITH NAIL PENETRATION METHOD

KOLTAŞ, Mehmet  
M. Sc. Thesis, Civil Engineering  
Supervisor : Doç. Dr. Mücip TAPAN  
December 2018, 53 pages

In this thesis, the relationship between the penetration depth of the nail penetration and the concrete cubic compressive strengths was investigated by producing reinforced concrete columns, beams and girder beams with different strengths in order to determine the concrete strength by nail penetration method. It is prepared by pouring five pieces of 30x30x200 cm frame system consisting of columns and beams with a basic system consisting of 30x30x100 cm sizes of the beams, each of which has different strengths. Samples were taken using three 15x15x15 cm cube sample molds for each frame and three frames per frame system, the penetration values obtained by applying the nail penetration method in the existing reinforced concrete element were compared with the concrete strength of the concrete cubes and the relations between them were examined.

According to the results obtained from the method applied in this study, it can be determined by the nail penetration test method that the concrete strength can be determined with very low error margins and has a higher ease / reliability ratio compared to the other methods used in determining the concrete strength and therefore it is a reliable method which can be used to determine the concrete strength of the existing reinforced concrete elements. Revealed.

**Keywords:** Determination of concrete quality, Nail fastening to concrete, Nail penetration.



## ÖN SÖZ

Bu tez çalışmasında, her türlü ilgi ve yardımlarını esirgemeyen Sayın Doç. Dr. Levent SELÇUK ve danışmanım Sayın Doç. Dr. Mücip TAPAN'a teşekkür ederim. Ayrıca çalışma boyunca yanımda olan ve bana destek veren aileme, teşekkürlerimi sunarım.

2018

Mehmet KOLTAŞ



# İÇİNDEKİLER

	<b>Sayfa</b>
ÖZET .....	i
ABSTRACT .....	iii
ÖN SÖZ.....	v
İÇİNDEKİLER.....	vii
ÇİZELGELER LİSTESİ .....	ix
ŞEKİLLER LİSTESİ.....	xiii
SİMGELER VE KISALTMALAR .....	xv
1. GİRİŞ.....	1
1.1. Beton Dayanımının Belirlenmesi İçin Kullanılan Tahribatlı Test Yöntemleri .....	2
1.2. Beton Dayanımının Belirlenmesi İçin Kullanılan Tahribatsız Test Yöntemleri .....	2
1.2.1. Sertlik ve iz ölçümü deneyleri .....	2
1.2.2. Çekip çıkarma deneyi .....	2
1.2.3. Penetrasyon deneyi .....	3
1.2.4. Rezonans frekans tekniği deneyi .....	3
1.2.5. Mekanik ses dalga hızı tekniği deneyi.....	3
1.2.6. Ultrases hızı tekniği deneyi .....	4
2. KAYNAK BİLDİRİŞLERİ .....	5
3. MATERYAL VE YÖNTEM .....	9
3.1. Materyal.....	9
3.1.1. Gazlı çivi çakma tabancası materyali .....	9
3.1.2. Tabancaya uyumlu beton çivisi materyali .....	10
3.1.3. Dijital kumsap .....	10
3.1.4. Beton küp numune kalıbı.....	11
3.1.5. Beton test cihazı .....	11
3.1.6. Hazır beton .....	12
3.1.7. İnşaat demiri .....	12
3.1.8. Plywood kalıp .....	12
3.2. Yöntem .....	12
3.2.1. Deney düzeni .....	12

	<b>Sayfa</b>
3.2.2. Bağ kirişlerinin 8 gün yaş deneyi .....	16
3.2.3. Kolon ve kirişlerin 4. gün deneyi .....	17
3.2.4. Bağ kirişlerinin 18 gün deneyi .....	18
3.2.5. Kolon ve kirişlerin 14 gün deneyi .....	19
3.2.6. Bağ kirişlerinin 32 gün deneyi .....	20
3.2.7. Kolon ve kirişlerin 28 gün deneyi .....	20
3.2.8. Verilerin analizi .....	20
4. BULGULAR .....	23
4.1. Temel Betonunda Yapılan Çalışmalar.....	23
4.1.1. Temel numunelerinin 8 gün yaştaki çivi penetrasyonu .....	23
4.1.2. Temel numunelerinin 18 gün yaştaki çivi penetrasyonu .....	25
4.1.3. Temel numunelerinin 32 gün yaştaki çivi penetrasyonu .....	27
4.2. Kolon ve Kirişlerde Yapılan Çalışmalar .....	28
4.2.1. Kolon ve kiriş numunelerinin 4 gün yaştaki çivi penetrasyonu .....	28
4.2.2. Kolon ve kiriş numunelerinin 14 gün yaştaki çivi penetrasyonu .....	30
4.2.3. Kolon ve kiriş numunelerinin 28 gün yaştaki çivi penetrasyonu .....	33
5. TARTIŞMA.....	35
5.1. Kolonlarda Penetrasyon.....	35
5.2. Kirişlerde Penetrasyon.....	39
5.3. Bağ Kirişlerinde Penetrasyon .....	44
6. SONUÇ .....	49
KAYNAKLAR.....	51
ÖZGEÇMİŞ.....	53



## ÇİZELGELER LİSTESİ

Çizelge	Sayfa
Çizelge 3.1. Kolon ve kirişlerde kullanılan betona ait karışım miktarları.....	13
Çizelge 3.2. Bağ kirişlerinde kullanılan beton karışım miktarları.....	14
Çizelge 4.1. Bağ kirişi numunelerinin 8 gün yaşa ait basınç dayanımı ve 90 joule gücündeki tabanca ile çakılan çivilerin beton dışında kalan boylarının minimum ve maksimum değerleri .....	24
Çizelge 4.2. Bağ kirişi numunelerinin 8 gün yaşa ait basınç dayanımı ve 90 joule gücündeki tabanca ile uygulanan çivilerin penetrasyon ortalamaları.....	24
Çizelge 4.3. Bağ kirişi numunelerinin 18 gün yaşa ait basınç dayanımı ve 90 joule gücündeki tabanca ile çakılan çivilerin beton dışında kalan boylarının minimum ve maksimum değerleri .....	25
Çizelge 4.4. Bağ kirişi numunelerinin 18 gün yaşa ait basınç dayanımı ve 105 joule gücündeki tabanca ile çakılan çivilerin beton dışında kalan boylarının minimum ve maksimum değerleri .....	26
Çizelge 4.5. Temel betonuna ait numunelerin 18 gün yaştaki basınç dayanımı ve 90 joule ve 105 joule gücündeki tabancalar ile elde edilen çivi penetrasyon değerleri ortalamaları.....	26
Çizelge 4.6. Bağ kirişi numunelerinin 32 gün yaşa ait basınç dayanımı ve 105 joule gücündeki tabanca ile çakılan çivilerin beton dışında kalan boylarının minimum ve maksimum değerleri .....	27
Çizelge 4.7. Temel betonuna ait numunelerin 32 gün yaştaki basınç dayanımı ve 105 joule gücündeki tabanca ile elde edilen çivi penetrasyon değerleri ortalamaları .....	28
Çizelge 4.8. Kolon numunelerinin 4 gün yaşa ait minimum ve maksimum basınç dayanımlarını ve 90 joule gücündeki tabanca ile çakılan çivilerin beton dışında kalan boylarının minimum ve maksimum değerleri .....	29
Çizelge 4.9. Kiriş numunelerinin 4 gün yaşa ait minimum ve maksimum basınç dayanımlarını ve 90 joule gücündeki tabanca ile çakılan çivilerin beton dışından kalan boylarının minimum ve maksimum değerleri .....	29

Çizelge 4.10. Kolon ve kirişlere ait numunelerin 4 gün yaştaki basınç dayanımı ve 90 joule gücündeki tabanca ile elde edilen çivi penetrasyon değerleri ortalamaları .....	30
Çizelge 4.11. Kolon numunelerinin 14 gün yaşa ait minimum ve maksimum basınç dayanımlarını ve 90 joule gücündeki tabanca ile çakılan çivilerin beton dışında kalan boylarının minimum ve maksimum değerleri .....	31
Çizelge 4.12. Kolon numunelerinin 14 gün yaşa ait minimum ve maksimum basınç dayanımlarını ve 105 joule gücündeki tabanca ile çakılan çivilerin beton dışında kalan boylarının minimum ve maksimum değerleri .....	31
Çizelge 4.13. Kiriş numunelerinin 14 gün yaşa ait minimum ve maksimum basınç dayanımlarını ve 90 joule gücündeki tabanca ile çakılan çivilerin beton dışında kalan boylarının minimum ve maksimum değerleri .....	31
Çizelge 4.14. Kiriş numunelerinin 14 gün yaşa ait minimum ve maksimum basınç dayanımlarını ve 105 joule gücündeki tabanca ile çakılan çivilerin beton dışında kalan boylarının minimum ve maksimum değerleri .....	32
Çizelge 4.15. Kolonlara ait numunelerin 14 gün yaştaki basınç dayanımları ortalaması ile 90 ve 105 joule gücündeki tabancalar ile elde edilen çivi penetrasyon değerleri ortalaması ve kirişlere ait numunelerin 14 gün yaştaki basınç dayanımları ortalaması ile 90 ve 105 joule gücündeki tabanca ile elde edilen çivi penetrasyon değerleri ortalaması .....	32
Çizelge 4.16. Kolon numunelerinin 28 gün yaşa ait minimum ve maksimum basınç dayanımlarını ve 105 joule gücündeki tabanca ile çakılan çivilerin beton dışında kalan boylarının minimum ve maksimum değerleri .....	33
Çizelge 4.17. Kiriş numunelerinin 28 gün yaşa ait minimum ve maksimum basınç dayanımlarını ve 105 joule gücündeki tabanca ile çakılan çivilerin beton dışında kalan boylarının minimum ve maksimum değerleri .....	33
Çizelge 4.18. Kolon ve kirişlere ait numunelerin 28 gün yaştaki basınç dayanımı ve 105 joule gücündeki tabanca ile elde edilen çivi penetrasyon değerleri ortalamaları .....	34

Çizelge 5.1. 90 joule gücündeki tabanca kullanılarak kolonlarda elde edilen çivi penetrasyon sonucuna ilişkin oluşan hata payı .....	36
Çizelge 5.2. 105 joule gücündeki tabanca kullanılarak kolonlarda elde edilen çivi penetrasyon sonucuna ilişkin oluşan hata payı .....	38
Çizelge 5.3. 90 joule gücündeki tabanca kullanılarak kirişlerde elde edilen çivi penetrasyon sonucuna ilişkin oluşan hata payı .....	40
Çizelge 5.4. 105 joule gücündeki tabanca kullanılarak kirişlerde uygulanan çivi penetrasyonuna ilişkin oluşan hata payı .....	42
Çizelge 5.5. 90 joule gücündeki tabanca kullanılarak bağ krişlerine uygulanan çivi penetrasyonuna ilişkin oluşan hata payı .....	45
Çizelge 5.6. 105 joule gücündeki tabanca kullanılarak bağ krişlerine uygulanan çivi penetrasyonuna ilişkin oluşan hata payı .....	46



## ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil	Sayfa
Şekil 1.1. Çekip çıkarma deneyi aleti. ....	3
Şekil 3.1. 90 joule çivi çakma tabancası.....	9
Şekil 3.2. 105 joule çivi çakma tabancası.....	9
Şekil 3.3. Tabancaya uyumlu beton çivisi.....	10
Şekil 3.4. Dijital kumpas. ....	10
Şekil 3.5. Beton küp numune kalıbı. ....	11
Şekil 3.6. Beton test cihazı. ....	11
Şekil 3.7. Hazırlanan temel ve bağ kirişleri.....	12
Şekil 3.8. Hazırlanan kolon ve kiriş sistemi örneği.....	13
Şekil 3.9. Betonarme çerçeve sistem. ....	14
Şekil 3.10. Çivi çakma yeri tespiti.....	15
Şekil 3.11. Beton basınç dayanımı testine tabi tutulan N6-1 numaralı bağ kirişi .....	16
Şekil 3.12. Çivi çakılmış olan N7 numaralı bağ kirişi.....	17
Şekil 3.13. S3 kolonuna ait 5 numaralı numunenin beton basınç dayanımı testi.....	19
Şekil 5.1. Kolonlara ait, 90 joule gücündeki tabanca ile elde edilen penetrasyon değerleri ile mevcut dayanım değerleri arasındaki ilişki grafiği.....	35
Şekil 5.2. Kolonlara ait, 105 joule gücündeki tabanca ile elde edilen penetrasyon değerleri ile mevcut dayanım değerleri arasındaki bağlantı grafiği.....	37
Şekil 5.3. Kirişlere ait, 90 joule gücündeki tabanca ile elde edilen penetrasyon ile dayanım değerleri arasındaki bağlantı grafiği.....	39
Şekil 5.4. Kirişlere ait, 105 joule gücündeki tabanca ile elde edilen penetrasyon değerleri ile dayanım değerleri arasındaki bağlantı grafiği. ....	41
Şekil 5.5. Kolon ve kirişlerde 90 joule gücündeki tabanca ile elde edilen penetrasyon değerleri ile dayanım değerleri arasındaki bağlantı grafiği. ....	43

- Şekil 5.6. Kolon ve kirişlerde 105 joule gücündeki tabanca ile elde edilen penetrasyon değerleri ile dayanım değerleri arasındaki bağlantı grafiği. .... 43
- Şekil 5.7. Bağ kirişlerine ait, 90 joule gücündeki tabanca ile elde edilen penetrasyon değerleri ile dayanım değerleri arasındaki bağlantı grafiği. .... 44
- Şekil 5.8. Bağ kirişlerine ait, 105 joule gücündeki tabanca ile elde edilen penetrasyon değerleri ile mevcut dayanım değerleri arasındaki bağlantı grafiği..... 45



## SİMGELER VE KISALTMALAR

Bu çalışmada kullanılmış bazı simgeler ve kısaltmalar, açıklamaları ile birlikte aşağıda sunulmuştur.

### Simgeler

### Açıklama

<b>cm</b>	Santimetre
<b>lt</b>	Litre
<b>kg</b>	Kilo gram
<b>kN</b>	Kilo Newton
<b>MPa</b>	Mega Pascal
<b>m</b>	Metre
<b>mm</b>	Milimetre

### Kısaltmalar

### Açıklama

<b>C1</b>	Bağ Kirişi Kontrol Numunesi
<b>KS1</b>	1 Numaralı Kolon Kirişi
<b>KS2</b>	2 Numaralı Kolon Kirişi
<b>KS3</b>	3 Numaralı Kolon Kirişi
<b>KS4</b>	4 Numaralı Kolon Kirişi
<b>KS5</b>	5 Numaralı Kolon Kirişi
<b>min.</b>	Minimum
<b>mak.</b>	Maksimum
<b>N1</b>	1 Numaralı Bağ Kirişi
<b>N2</b>	2 Numaralı Bağ Kirişi
<b>N3</b>	3 Numaralı Bağ Kirişi
<b>N4</b>	4 Numaralı Bağ Kirişi
<b>N5</b>	5 Numaralı Bağ Kirişi
<b>N6</b>	6 Numaralı Bağ Kirişi
<b>N7</b>	7 Numaralı Bağ Kirişi
<b>N8</b>	8 Numaralı Bağ Kirişi

**Kısaltmalar****Açıklama****N9**

9 Numaralı Bağ Kirişi

**ort.**

Ortalama

**S1**

1 Numaralı Kolon

**S2**

2 Numaralı Kolon

**S3**

3 Numaralı Kolon

**S4**

4 Numaralı Kolon

**S5**

5 Numaralı Kolon





## 1. GİRİŞ

İnşaat sektörü, insanoğlunun yeryüzündeki varlığını sürdürebilmesi için beslenme ihtiyacından sonra karşılamak zorunda olduğu barınma ihtiyacı uygarlık tarihindeki önemli gelişmelerin de itici gücü olmuştur. İnsanoğlunun ilk barınakları olan mağaralardan başlayıp günümüzün gökdelenlerine kadar ilerleyen bu süreçte iki temel buluştan; çimento ve betondan söz edilebilir.

Çimento ve betonun tarihteki yolculuğu, kimileri günümüze kadar ulaşmış uygarlık yapılarının yer aldığı, farklı ülkelerden bilim insanlarının katkıları ile hızla gelişen ve zenginleşen bir yolculuk olmuştur.

Bugünkü anlamıyla çimentonun, betonun ve betonarmenin ortaya çıkması 19. Yüzyılda olmuştur. Louis Vicat 1812 yılında Fransa'da ilk yapay çimentoyu üretti. Akabinde Joseph Aspdin isimli İngiliz "Portland Çimentosu"nu geliştirdiğinde yıl 1824'tü. Yıl 1850'yi gösterdiğinde ise Fransız Joseph Monier isimli bir bahçıvan daha sağlam saksılar elde edebilmek için betona demir çubuklar yerleştirince betonarme ortaya çıkmıştır. Bu buluşların ardından çimento ve betonun kullanımına ilişkin yenilikler birbirini izleyerek gelmiştir. İlk olarak 1879 yılında İskoçya'da beton yollar portland çimentosu kullanılarak yapılmıştır. Bunu, 1889 yılında Fransa'da yapılan ilk betonarme köprü izlemiştir. Fransız mimar August Perret 1902 yılında, taşıyıcı sistemi duvar yerine kolon, kiriş ve döşemelerin kullanıldığı ilk apartmanı tasarlamış ve inşa etmiştir.

Bütün bu süreçler doğrultusunda beton gelişimini sürdürmüş ve günümüze kadar gelmiştir. Günümüzde de beton, gelişimini devam ettirmekte olup modellenen yapıya göre farklı dayanımlarda kullanılmaktadır. Beton dayanımının test edilebilir olması, yapı inşası sırasında ve sonrasında önemlidir. Yapılarda beton dayanımının belirlenmesi ihtiyacı, beton dökümü yapılırken kalite denetiminin yapılmamış ve/ve ya yapılamamış olması, uygulamadan kaynaklı hataları, ortam koşullarına bağlı olarak oluşan hataları, yapının kullanım amacının değiştirilecek olması, doğal afetler sonucu güncellenen deprem yönetmeliklerine göre binaların deprem performanslarının belirlenmesi gibi sebeplerden dolayı gereklidir.

Beton dayanımının elde edilebilmesi için geliştirilen test yöntemleri, tahribatlı ve tahribatsız test yöntemleri olarak iki gruba ayrılmıştır.

### **1.1. Beton Dayanımının Belirlenmesi İçin Kullanılan Tahribatlı Test Yöntemleri**

Tahribatlı test yöntemleri, uygulandıkları alanlarda tahribat oluşturan, sonradan tamir edilmesi gereken boşluklar bırakan bir yöntemdir. Yerinde dökme betondan numune alımında ise 28 gün beklenmesi gerektiğinden zaman kaybı yaşanmaktadır.

Mevcut betonarme yapılarında beton dayanımının hesaplanması ile birlikte, yapının, kullanmaya engel teşkil edecek bir güvenlik sorununun olmaması, güçlendirilmesi ve ya yıkılması kararı verilebilir. Bu kararın kısa bir sürede verilebilmesi hem işleri hızlandıracak hem de olası riskleri azaltacaktır.

### **1.2. Beton Dayanımının Belirlenmesi İçin Kullanılan Tahribatsız Test Yöntemleri**

Tahribatsız test yöntemleri içerisinde yer alan başlıca deneyler; sertlik ve iz ölçümü deneyleri, çekip çıkarma deneyi, penetrasyon deneyi, rezonans frekans tekniği, mekanik ses dalga hızı tekniği ve ultra ses hızı deneyleridir.

#### **1.2.1. Sertlik ve iz ölçümü deneyleri**

Sertlik ve iz ölçümü deneyleri, schmidt çekici yönteminde, mekanizmadaki yay gerilerek beton yüzeyine çarpması sağlanır. Çarpma sonucu geri tepme miktarı ölçülerek tespit yapılmaktadır (İlhan, 2000). Schmidt çekici yöntemi kullanılırken yüzeyin pürüzsüz olmasına ve beton yüzeyindeki sıva, boya gibi yapı malzemelerinin temizlenmiş olmasına dikkat edilmelidir.

İz ölçme yöntemi ise çelik bilyenin yük altında beton yüzeyinde oluşturduğu izin çapı ile dayanım arasındaki ampirik bağlantı yardımıyla belirlenmesi ile uygulanır (Durmuş, 1996).

#### **1.2.2. Çekip çıkarma deneyi**

Çekip çıkarma deneyi, beton içerisine yerleştirilmiş olan metali çekerek çıkarmak için uygulanması gerek en yüksek güce bağlı olarak hesaplanan bir yöntemdir (ASTM

C900-15, 2015). Beton içerisine yerleştirilen metalin yüzeyine ve betondaki aderansa bağlı olarak değişiklik gösterebilir (Şekil 1.1).



Şekil 1.1. Çekip çıkarma deneyi aleti.

### 1.2.3. Penetrasyon deneyi

Penetrasyon deneyi, çelik çubukların özel bir tabancayla betona ne kadar etki etmesine bağlı olarak kullanılan bir yöntemdir. Bu yöntemde, özel üretilmiş bir tabanca kullanılır. Çelik çubukların betona girme miktarları beton dayanımı için belirleyicidir (Ergün ve Kürklü, 2005).

### 1.2.4. Rezonans frekans tekniği deneyi

Rezonans frekans tekniği deneyi yöntemi ile beton dayanımı, sürekli olarak oluşturulan yapay titreşimlerin yardımı ile rezonans frekansı belirlenen malzemenin frekansına bağlı olarak belirtilen bağlantılar kullanılarak betona ait hesaplanan dinamik elastisite modülüne bağlı dinamik elastisite modülü – dayanım ilişkisi ile belirlenmektedir (Ergün ve Kürklü, 2005).

### 1.2.5. Mekanik ses dalga hızı tekniği deneyi

Mekanik ses dalga hızı tekniği deneyi yöntemi, bir ve ya birden fazla çekiç darbesiyle oluşan ses dalgalarının betonun içerisinden geçerek alıcı ile verici arasında ne kadar bir zaman dilimde geçtiğine bağlı olarak çalışan bir sistemdir (Durmuş, 1996). Ultra

ses yöntemiyle arasındaki fark darbe ekosu yönteminde ses frekansının daha düşük olmasıdır.

#### **1.2.6. Ultrases hızı tekniği deneyi**

Ultrases hızı yöntemi betona gönderilen titreşimli enerjinin hızına bağlı olarak çalışan bir yöntemdir. Verici başlıktan gönderilen titreşimli dalga betonun diğer ucundaki alıcı başlığa ulaşır. Dalga, alıcı başlık tarafından algılandığı anda geçiş süresini elektronik saat gösterir (Ergün ve Kürklü, 2005). Beton içerisindeki ultrases hızı, alıcı ile verici arasındaki direk mesafenin ulaşma süresine bölünmesi ile elde edilir (Akçay, 2000). Her ne kadar tahribatsız bir yöntem olmuş olsa da daha belirleyici olabilmesi için tahribatlı bir yönleme ihtiyaç duyulur (Ergün ve Kürklü, 2005).

## 2. KAYNAK BİLDİRİŞLERİ

Bu çalışmada çivi penetrasyon derinliği ile tek eksenli sıkışma dayanımı arasındaki ilişki araştırılmış; çalışmanın bütünlüğü açısından nokta yükleme deneyi ve Schmidt sertlik çekicinden elde edilen dayanım deneyleri de kullanılmıştır. Yapılan çalışmada tek eksenli sıkışma dayanımının dolaylı yöntemlerle belirlenmesinde ortaya çıkan zorlukların giderilmesi için özellikle zayıf ve çok zayıf kayalara uygulanmak üzere yeni bir yöntem önerilmiştir. Bu yöntemin ana bileşeni, farklı uzunluklara sahip çiviler üzerinde 130 J kuvvet uygulayan bir beton çivi çakıcısıdır.

Çalışmada kullanılan kayalar jips, tuf, ignimbirit, andezit ve mermerden oluşmuştur. Ankara civarı ve Orta Anadolu'dan toplanan 65 kaya bloğu üzerinde dört çeşit deney yapılmıştır. Tek eksenli sıkışma deneyi 2-3 silindirik örnek üzerinde yapılmıştır. L ve N tipi Schmidt sertlik çekiçlerinin her ikisi de çalışmada kullanılmıştır. Schmidt çekiçlerinin her birisiyle her blokta 10 adet geri sıçrama değeri kaydedilmiş ve öncelikle bu değerlerin ortalaması alınmıştır. Bu ortalama değerden 7 ve daha fazla sayıda sapma gösteren geri sıçrama değerleri çıkartılarak kalan değerler içerisinde tekrar ortalama alınmıştır. Diğer yandan, nokta yükleme deneyi silindirik karot ve blok örnekler üzerinde gerçekleştirilmiştir. Tek bir kayaç için 10 adet örnek bu amaçla hazırlanmıştır. Yine her bir kayaç için beton çivi çakıcısıyla 5 adet atış yapılmıştır. Elde edilen penetrasyon derinlikleri, bu değerlerin ortalamasının alınmasıyla belirlenmiştir.

Elde edilen sonuçlar tek eksenli sıkışma dayanımı ile çivi penetrasyon derinliği arasında çok iyi bir ilişkinin ( $R^2= 0,91$ ) olduğunu göstermiştir. Karşılaştırmalar aynı zamanda tek eksenli sıkışma dayanımına karşı Schmidt sertliği ve nokta yükü dayanım indeksi değerleri arasında da yapılmıştır. Bu karşılaştırmalardan, tek eksenli sıkışma dayanımının (schmidt sertlik değeri ve nokta yükü indeks değerleriyle karşılaştırmasına göre) çivi penetrasyon derinliği ile daha iyi bir korelasyon sağladığı görülmüştür (Kayabalı ve Selçuk, 2010).

Benzer olarak, betonlar üzerinde yapılan çalışmada beton kalitesinin belirlenmesinde çivi penetrasyon deneyinin güvenilirliğini test etmek amaçlanmıştır. Betonun basınç dayanımını test etmek için gazlı çivi tabancası kullanılmıştır. Yapılan bu

çalışmada, penetrasyon derinliği ile beton basınç dayanımı arasındaki ilişki araştırılmıştır. Bu çalışmada önerilen yöntemin üstünlüğünü karşılaştırmalı olarak göstermek için Schmidt ribaund çekici, ultrasonic darbe hızı ve penetrasyon testleri gibi diğer tahribatsız test yöntemlerini de çalışmada kullanılmıştır. Çivi penetrasyonu testinin güvenilirliğini ve doğruluğunu Schmidt ribaund çekici ve diğer penetrasyon yöntemlerinden daha yüksek görmektedirler. Bununla birlikte önerilen test yöntemi kullanımına bağlı olarak çabukluk, tahribatsızlık, sağlamlık ve düşük maliyet gibi temel avantajlara da sahiptir. Dayanımları basınç deneyi ile belirlenen beton küp numune örnekleri üzerinde bu çalışmayı yapmış ve beton küp basınç dayanımı ile çivi penetrasyon derinliği arasında kabul edilebilir bir ilişki olduğunu ortaya koymuşlardır. Çivi penetrasyon derinliği beton basınç dayanımının düşmesiyle birlikte artış göstermiştir (Selçuk ve ark., 2012).

Yapılan çalışmada püskürtme betonun kullanım şekli, yerleri ve önemi hakkında bilgiler verilmiş ve püskürtme betonun erkenden dayanımının belirlenmesinde çivi penetrasyon ve sonrasında çekip çıkarma deneyinin kullanımı araştırılmıştır. Bu yöntemde beton yüzeyine çivi ateşlendikten ve nüfuz etme derinliği ölçüldükten sonra ayrıca çiviyi çıkarmak için hilti çekme testi uygulanması gereklidir. Bu işlem de çivi ucuna somun vidalanarak çivi çekilir. Çekme kuvvetinin penetrasyon derinliğine oranı hesaplanarak beton mukavemetini belirlemek üzere hazırlanmış olan kalibrasyon şemasında karşılaştırılır. Hilti tabancası test yönteminde belirtilen aralık 0,5 MPa ile 16 MPa olduğundan ve iki aşamalı olduğundan dolayı bu yöntem püskürtme betonunun kalitesinin belirlenmesinde uygun görülmemektedir (Mohajerani ve ark., 2015).

Yapılan bir başka çalışmada ülkemizde, hasar görmüş ve/veya görmemiş binaların, beton basınç dayanımını belirlemek için yaygın olarak ucuz ve kolay olan Schmidt çekici yönteminin kullanıldığı belirtilmektedir. Schmidt çekici yöntemi ile yaşlı ilerlemiş betonlarda basınç dayanımlarının büyük sapma ile belirlendiğini ve dolayısıyla bu yöntemin mevcut binalarda beton basınç dayanımını belirlemek için uygun olmadığı söylenmektedir. Amerika'da ve Avrupa ülkelerinde yaygın olarak kullanılan, Windsor Probe Penetrasyon Testi (WPPT) ile betonun basınç dayanımının daha güvenilir bir şekilde elde edilebileceğini belirtmektedir. Ayrıca, belirlenen basınç dayanım değerlerini diğer bazı tahribatsız deney metotları ve karot numunelerden elde edilen basınç dayanım değerleriyle karşılaştırarak, karot numunelerin preste kırılmasıyla elde edilen basınç

dayanımlarını, WPPT ile ortalama % 2.5 yaklaşıklıkla belirlediğini bildirmiştir (Erdal, 2002).

Çeşitli karakteristik basınç dayanımına sahip betonların kontrolleri tahribatlı ve tahribatsız muayene yöntemleriyle belirlenerek, betonun basınç dayanımları ile Schmidt geri tepme değeri ve ultrasonik dalga hızları arasındaki olası ilişkileri araştırılmıştır. Bu amaca yönelik, 150x150x150 mm<sup>3</sup> boyutlarında 101 beton numunesi hazırlanmıştır. 7 ve 28 gün kür edildikten sonra, tahribatsız yöntemlerden Schmidt geri tepme ve ultrases dalga hızı deneyleri uygulanmıştır. Daha sonra bu numuneler basınç cihazında kırılarak basınç dayanımları belirlenmiştir. Ultrases dalga hızı, Schmidt geri tepme değeri ve basınç dayanımı arasında çoklu regresyon analizi yapılarak yeni formülasyonlar ve abak elde edilmiştir. Bu numunelerin, 90 ve 180 gün sonunda yerinde tahribatsız deney ölçümleri yapılarak, 28 günlük deney sonuçlarıyla karşılaştırılmıştır. Ayrıca mevcut yapılardan karot numuneler alınarak elde edilen formül ve abağın uygunabilirliği ve doğruluğu araştırılmıştır. Çalışma sonucunda elde edilen denklemler ve abak yardımıyla beton dayanımı tahribatsız olarak % 85 doğruluk oranıyla belirlenebildiği ve abak yardımıyla yüksek dayanımlı numuneler için % 1.6 hata oranı ile beton dayanımının tespit edilebileceği belirtilmiştir. Karot numuneler üzerinde yapılan tahribatsız deneylerde ise % 7.3 hata oranı belirlenmiştir. Bu sonuçlar, tahribatsız testlerin, yerinde beton dayanımını belirlemek için çok iyi bir alternatif olduğunu göstermektedir (Bingöl, 2013).





### 3. MATERYAL VE YÖNTEM

#### 3.1. Materyal

##### 3.1.1. Gazlı çivi çakma tabancası materyali

Çalışmada, farklı güçlere sahip tabancaların etkisini görebilmek ve ölçebilmek için Powers Trak-IT marka C3 ve C5 tipi gazlı çivi çakma tabancaları kullanılmıştır.

##### 3.1.1.1. Gazlı çivi çakma tabancası

Çalışmada, 90 joule gücünde C3 ve 105 joule gücünde C5 tipi gazlı çivi çakma tabancası kullanılmıştır (Şekil 3.1 ve 3.2).



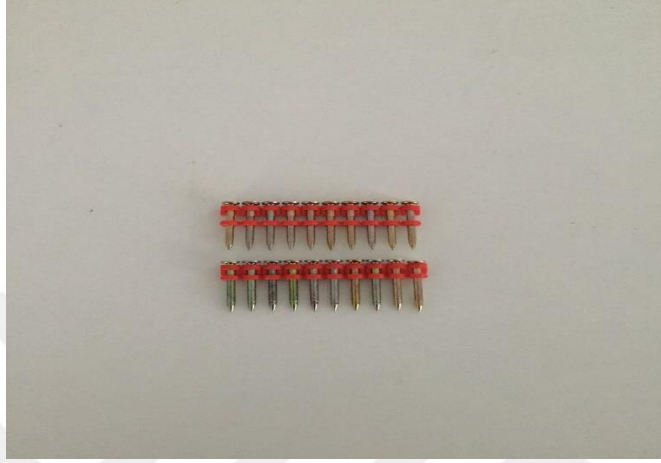
Şekil 3.1. 90 joule çivi çakma tabancası.



Şekil 3.2. 105 joule çivi çakma tabancası.

### 3.1.2. Tabancaya uyumlu beton çivisi materyali

Çalışmada, 3 mm çapında 38 mm boyunda tabancaya uyumlu beton çivisi kullanılmıştır (Şekil 3.3).



Şekil 3.3. Tabancaya uyumlu beton çivisi.

### 3.1.3. Dijital kumsap

Çalışmada, gazlı çivi çakma tabancası ile çakılan çivilerin boylarını ölçmek için kullanılmıştır (Şekil 3.4).



Şekil 3.4. Dijital kumsap.

### 3.1.4. Beton küp numune kalıbı

Çalışma kapsamında üretilen kolon, kiriş ve bağ kirişlerinde kullanılan farklı dayanımlara sahip betonların basınç dayanımını test etmek amacıyla numune alımı için kullanılmıştır (şekil 3.5).



şekil 3.5. Beton küp numune kalıbı.

### 3.1.5. Beton test cihazı

Çalışmada, farklı dayanımlarda dökülen betonlardan alınan numunelerin dayanımını belirlemek amacıyla numunelerin kırılması için kullanılmıştır (şekil 3.6).



şekil 3.6. Beton test cihazı.

### 3.1.6. Hazır beton

Çalışmada, kalıbı yapılan kolon, kiriş ve bağ kirişinden oluşan çerçeve sisteminde, dayanımları C10 ile C30 arasında değişen hazır beton kullanılarak kolon, kiriş ve bağ kirişleri üretilmiştir.

### 3.1.7. İnşaat demiri

Çalışmada, oluşturulan betonarme çerçeve sistemde Ø8, Ø10 ve Ø12 çaplarında betonarme donatısı kullanılmıştır.

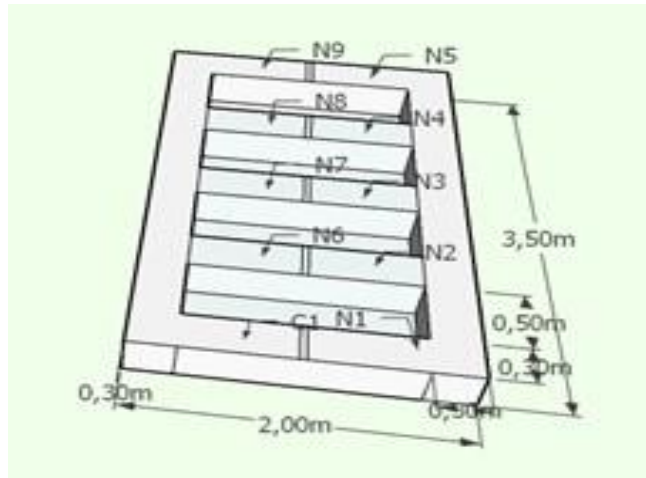
### 3.1.8. Plywood kalıp

Çalışmada, betonarme sistemin beton kalıbı için plywood kalıp kullanılmıştır.

## 3.2. Yöntem

### 3.2.1. Deney düzeni

Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Mühendislik Mimarlık Fakültesi bahçesinde kurulan çalışma sahasında ilk olarak 30x30x200 cm'lik beş adet bağ kirişinden oluşan boyutları 200x350 cm olan bir temel kalıbı, hazırlandı (Şekil 3.7).



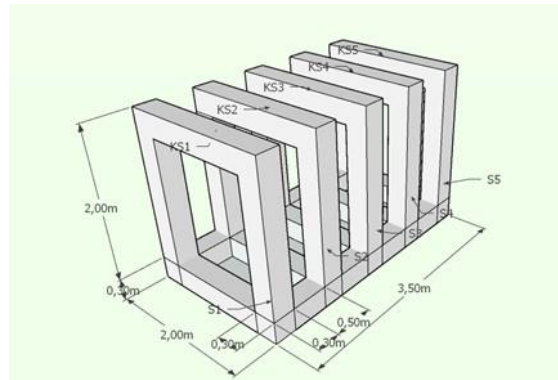
Şekil 3.7. Hazırlanan temel ve bağ kirişleri.

200 cm boyundaki bağ kirişlerini, 30x30 cm boyutlarında tahta parçalarıyla iki bölüme ayırarak toplamda 10 adet bağ kirişi elde ettikten sonra temel kalıbına, dayanımları C10 ile C30 arasında değişen, reçetesine göre hazırlanmış (Çizelge 3.2), hazır beton, her bağ kirişine farklı dayanımlara sahip beton bırakılacak şekilde uygulandı. Her bağ kirişi için dökülen betonlardan üçer adet numune kalıbına beton numunesi alındı. Alınan numuneler, temel betonu ile aynı şartlarda tutulabilmesi için temel ile aynı ortamda bırakıldı.

Çizelge 3.1. Kolon ve kirişlerde kullanılan betona ait karışım miktarları

Dayanım MPa	Agrega Kg	Çimento Kg	Su Lt	Katkı Kg	Su/Çimento s/ç
30	1850	320	150	1.2	0.47
25	1850	320	180	1.2	0.56
20	1850	320	225	1.2	0.70
15	1850	320	300	1.2	0.94
10	1850	320	450	1.2	1.41

Her bir çerçeve, 30x30x200 cm'lik iki adet kolonlardan ve 30x30x200 cm'lik bir adet kirişten oluşacak şekilde toplamda beş adet hazırlandı (Şekil 3.8). Daha sonra hazırlanmış olan bu kalıplara, dayanımları C10 ile C30 arasında değişen, reçetesine göre hazırlanmış (Çizelge 3.1), beş farklı dayanıma sahip beton dökme işlemi gerçekleştirildi (Şekil 3.8). Her bir çerçeve sisteme dökülen farklı dayanımdaki beton örneklerinden dokuz adet numune alındı.



Şekil 3.8. Hazırlanan kolon ve kiriş sistemi örneği.

Alınan numuneler de bağ kirişi numunelerinde olduğu gibi dökülen beton ile aynı şartlara maruz kalmaları için aynı ortamda bırakıldı. Böylece çalışma yapılacak sistem kurulmuş oldu.

Çizelge 3.2. Bağ kirişlerinde kullanılan beton karışım miktarları

Dayanım MPa	Agrega Kg	Çimento Kg	Su Lt	Katkı Kg	Su/Çimento s/ç
30	1850	320	150	1.2	0.47
29	1850	320	155.17	1.2	0.48
27	1850	320	166.66	1.2	0.52
25	1850	320	180	1.2	0.56
24	1850	320	187.50	1.2	0.59
21	1850	320	214.28	1.2	0.67
19	1850	320	236.84	1.2	0.74
16	1850	320	281.25	1.2	0.88
13	1850	320	346.15	1.2	1.08
10	1850	320	450	1.2	1.41



Şekil 3.9. Betonarme çerçeve sistem.

Daha fazla farklı dayanımda beton elde edebilmek amacı ile alınan numuneler farklı gün yaşlarında test edilmeleri için hazırlandı. Bağ kirişleri için beton dökümünden sonraki 8., 18. ve 32. gün yaşlarında, kolon ve kirişler için de beton dökümünden sonraki 4., 14. ve 28. gün yaşlarında basınç dayanımlarının, beton test cihazı yardımı ile tespit edilebilmeleri için hazırlandı.

Beton yüzeyine çivi çakma işleminin yapılabilmesi için çivilerin yerlerinin tespiti, çalışmalarda kullanılan en düşük dayanıma sahip betondan daha düşük dayanıma sahip beton numuneleri üzerinde çivi tabancası ile deneme atışları yapılarak çivinin betona tesir ettiği alan incelemeleri yapıldı. Yapılan gözlemler neticesinde yatayda ve düşeydeki çiviler arasında, ayrıca başlangıç ve bitiş noktaları ile çiviler arasında minimum 7,50 cm boşluklar bırakılarak çalışmanın yapılması gerekliliğinin tespiti yapıldı. Beton kenarlarında hasara sebep vermemek adına ve de kenar bölümlerinde patlamaları engellemek amacı ile çivi çakılacak yapı elemanında baştan ve sondan 7,50 cm boşluk kalacak şekilde baştaki ve sondaki işaretlemeler yapıldı. Yatayda ve düşeyde çakılacak olan çiviler için de her çivinin tabanca ile çakıldığı anda sahip olduğu basınçtan dolayı beton içinde bir tesir alanı olacağından dolayı çiviler arasında 7,50 cm'lik aralıklar bırakılarak işaretlemeler yapıldı (Şekil 3.10).



Şekil 3.10. Çivi çakma yeri tespiti.

### 3.2.2. Bağ kirişlerinin 8 gün yaş deneyi

İlk olarak, bağ kirişlerine beton döküldükten sonraki 8. günde; her bir bağ kirişinin beton basıncı dayanımı, alınan numunelerden birer tanesinin 5kN/s'lik yükleme hızı altında beton basıncı dayanımı test cihazı ile belirlendi (şekil 3.11).



şekil 3.11. Beton basıncı dayanımı testine tabi tutulan N6-1 numaralı bağ kirişi numunesi.

Numunelerin basıncı dayanımları belirlendikten sonra, şekil 3.10'da gösterildiği gibi çivilerin çakma işleminin uygulanacağı yüzeyde uygulama noktaları, belirlenen kurallara göre yapıldı. İşaretlenen noktalara Power Fastener C3 tabancası ile her bağ kirişine altı adet çivi uygulanacak şekilde toplamda on adet bağ kirişine altmış adet çivi, tabanca, bağ kirişine 90 derecelik dik bir aı ile duracak şekilde gaz yüklemesi bitene kadar beklendikten sonra tabancanın tetiği çekilerek akıldı (şekil 3.12). akılan ivilerin penetrasyon derinliğini tespit etmek için dijital kumpas ile çivinin, betonun dışında kalan kısmını, kumpasın alt tarafı çivinin baş kısmına değecek şekilde tuttuktan sonra uygulama yüzeyine doğru dik açı ile ilerletilerek kumpasın ucunun beton yüzeyine değdiği andaki



elde edilen ölçüm değerlerinin okuması yapılarak gerçekleştirildi. Beton dışında kalan kısımların ölçümleri tamamlanarak ölçümler not edildi.



Şekil 3.12. Çivi çakılmış olan N7 numaralı bağ kirişi.

### 3.2.3. Kolon ve kirişlerin 4. gün deneyi

Kolon ve kirişlerin beton dökümünden 4 gün sonra deneye kolon ve kirişlerde devam edildi. Her bir kolon ve kiriş takımı için alınan beton numunelerinden olan S1 kolon ve kirişine ait S1-7, S1-8 ve S1-9 kodlu, S2 kolon ve kirişine ait S2-7, S2-8 ve S2-9 kodlu, S3 kolon ve kirişine ait S3-7, S3-8 ve S3-9 kodlu, S4 kolon ve kirişine ait S4-7, S4-8 ve S4-9 kodlu, S5 kolon ve kirişine ait S5-7, S5-8 ve S5-9 kodlu beton numunelerinden üçer tanesinin kırılmaları basınç test cihazına yerleştirilerek yükleme hızı 5 kN/s olacak şekilde gerçekleştirildi. Her bir kolona ait üç adet numunenin sahip oldukları değerlerin aritmetik ortalaması alınarak, numunelerin 4 gün yaşta sahip oldukları beton basınç dayanımları belirlendi. Belirlenen beton basınç dayanımları not edildi. Kolonlarda çivi uygulaması, daha sağlıklı işlem yapılabilmesi için yerden yaklaşık olarak 1,50 m yükseklikte önceden belirlenen şekilde çivi çakmak için her taraftan 7,50 cm boşluk bırakılarak ve her kolona on adet çivi uygulanabilecek şekilde işaretlemeler yapıldı. Kolonlarda da Power Fastener C3 çivi çakma tabancası kullanılarak her kolona

on adet çivi, tabanca kolon yüzeyine dik konumda olacak şekilde işaretlenen noktalara uygulandı.

KS1, KS2, KS3,KS4 ve KS5 kirişlerinin de betonları, kolonlar ile birlikte aynı dayanıma sahip betonlardan döküldüğü için beton basınç dayanımları da ait oldukları kolonlarla aynı olacağından kolonlarda tespit edilen beton basınç dayanımları kirişlerdeki incelemelerde kullanılmak üzere not edildi. Her kirişe altışar adet çivi olacak şekilde belirlenen çivi işaretleme yöntemi ile işaretlemeleri yapılarak Power Fastener C3 tabancası ile tabanca kiriş yüzeyine dik olacak şekilde çivi çakma işlemi yapıldı. Daha sonra kolonlarda ve kirişlerde dijital kumpas yardımı ile bağ kirişlerindeki gibi penetrasyon derinliğinin tespiti için beton dışında kalan çivi miktarlarının okuması yapılarak elde edilen ölçümler not edildi. Böylece bağ kirişleri için 8. gününde on farklı beton basınç dayanımına sahip, kolonlar ve kirişler için ise 4 yaş gününde beş farklı beton basınç dayanımına sahip betonların çivi penetrasyon değerleri elde edilmiş oldu.

#### **3.2.4. Bağ kirişlerinin 18 gün deneyi**

Bağ kirişlerinin betonlarının dökümünden 18 gün geçtikten sonra C1 bağ kirişine ait C1-2 kodlu, N1 bağ kirişine ait N1-2 kodlu, N2 bağ kirişine ait N2-2 kodlu, N3 bağ kirişine ait N3-2 kodlu, N4 bağ kirişe ait N4-2 kodlu, N5 bağ kirişine ait N5-2 kodlu, N6 bağ kirişine ait N6-2 kodlu, N7 bağ kirişine ait N7-2 kodlu, N8 bağ kirişine ait N8-2 kodlu ve N9 bağ kirişine ait N9-2 kodlu numunelerin kırılmaları beton test cihazı yardımı ile saniyede 5 kN/s'lik hızda yük yükleme yapılarak numunelerin 18 gün yaştaki sahip oldukları beton basınç dayanımları belirlenmiştir. Beton basınç dayanımları belirlendikten sonra aynı gün her bir bağ kirişine altı adet çivi uygulanacak şekilde belirlenen çivi işaretleme yöntemi ile işaretlemeler yapıldıktan sonra Power Fastener C3 çivi çakma tabancası ile altışar adet çivi çakılmıştır. Farklı güce sahip çivi çakma makinelerinin, aynı basınç dayanımına sahip betonlar üzerinde oluşturacakları penetrasyonları da incelemek amacı ile aynı bağ kirişlerine daha sonra yine her bir bağ kirişine altı adet çivi çakılacak şekilde işaretleme yapıldıktan sonra yine aynı gün bu sefer kullanılan çivi aynı olmak üzere, Power Fastener C5 çivi çakma tabancası kullanılarak çivi çakma işlemi gerçekleştirilmiştir. Böylece 18 gün yaştaki bağ kirişlerinde, Power Fastener C3 çivi çakma tabancası ile altmış adet, Power Fastener C5 çivi çakma tabancası

ile de altmış adet olmak üzere toplamda bağ kirişlerine yüzüymü adet çivi çakma işlemi gerçekleştirilmiştir. Çakılan çivilerin penetrasyon derinliğinin tespiti için yine dijital kumpas ile çivilerin betonun dışında kalan kısımlarının okuması yapılarak belirlenmiştir.

### 3.2.5. Kolon ve kirişlerin 14 gün deneyi

Kolon ve kiriş dökümünü takip eden 14. günde, S1 kolon ve kirişinde S1-4, S1-5 ve S1-6 kodlu, S2 kolon ve kirişinde S2-4, S2-5 ve S2-6 kodlu, S3 kolon ve kirişinde S3-4, S3-5 ve S3-6 kodlu, S4 kolon ve kirişinde S4-4, S4-5 ve S4-6 kodlu, S5 kolon ve kirişinde ait S5-4, S5-5 ve S5-6 kodlu beton numuneleri beton test cihazında test edilmiş ve kolon ve kirişlerin 14 gün yaşlarına ait beton basınç dayanımları tespit edilmiştir (Şekil 3.13).

Beton basınç dayanımları tespit edilmiş olan kolon ve kirişlerde çivi işaretlemeleri her taraftan 7,50 cm boşluk kalacak şekilde yapılmış ve kolonlarda Power Fastener C3 çivi çakma tabancası ile altışar adet Power Fastener C5 çivi çakma tabancası ile de altışar adet olacak şekilde çiviler çakılmıştır. KS kodlu kolon kirişlerine ise çivi işaretlemeleri her tarafında 7,50 cm boşluk kalacak şekilde yapıldıktan sonra Power Fastener C5 ve Power Fastener C3 çivi çakma tabancaları ile her kirişe her bir tabanca ile altışar adet olacak şekilde çivi atışları yapılmıştır. Çakılan çivilerin okuması dijital kumpas ile yapılmıştır. Böylece, 18 gün yaştaki bağ kirişlerinde on farklı beton basınç dayanımına sahip betonarme bağ kirişlerinde, 14 gün yaştaki kolonlarda ve kirişlerde ise beş farklı beton basınç dayanımına sahip betonarme kolon ve kiriş numunelerinde, iki farklı güce sahip çivi çakma tabancalarının çivi penetrasyon değerlerine ulaşılmıştır.



Şekil 3.13. S3 kolonuna ait 5 numaralı numunenin beton basınç dayanımı testi.

### 3.2.6. Bağ kirişlerinin 32 gün deneyi

Beton dökümünü takip eden 32. günde bağ kirişleri için C1 bağ kirişine ait C1-3 kodlu, N1 bağ kirişine ait N1-3 kodlu, N2 bağ kirişine ait N2-3 kodlu, N3 bağ kirişine ait N3-3 kodlu, N4 bağ kirişe ait N4-3 kodlu, N5 bağ kirişine ait N5-3 kodlu, N6 bağ kirişine ait N6-3 kodlu, N7 bağ kirişine ait N7-3 kodlu, N8 bağ kirişine ait N8-3 kodlu ve N9 bağ kirişine ait N9-3 kodlu numunelerinin beton basıncı dayanımları laboratuvarıda beton test cihazı yardımı ile belirlenmiştir.

Dayanımları belirlenen bağ kirişlerine çivi çakma işleminin yapılabilmesi için her bir çivinin dört bir tarafında 7,50 cm boşluk kalacak şekilde çivi işaretlemleri yapılmıştır. Var olan on adet bağ kirişine, her bir bağ kirişine altı adet ivi, Power Fastener C5 ivi çakma tabancası kullanılarak çakılmıştır. akılan ivilerde penetrasyon değerlerinin belirlenmesi için dijital kumpas ile çivilerin beton dışında kalan kısımlarının ölçümleri yapılmıştır.

### 3.2.7. Kolon ve kirişlerin 28 gün deneyi

Kolon ve kirişlerin beton dökümünden sonraki 28. günü deneye kolon ve kirişlerde devam edilmiştir. Kolon ve kirişlere ait S1 kolon ve kirişinde S1-1, S1-2 ve S1-3 kodlu, S2 kolon ve kirişinde S2-1, S2-2 ve S2-3 kodlu, S3 kolon ve kirişinde S3-1, S3-2 ve S3-3 kodlu, S4 kolon ve kirişinde S4-1, S4-2 ve S4-3 kodlu, S5 kolon ve kirişinde ait S5-1, S5-2 ve S5-3 kodlu beton numunelerinin beton basıncı dayanımları laboratuvarıda beton test cihazı yardımıyla belirlenmiştir. 28 gün yaşta beton basıncı değerleri belirlenmiş olan kolon ve kirişlerde çivi çakma işlemi için çivi işaretlemleri yapılarak Power Fastener C5 ivi çakma tabancası ile kolonlarda ve kirişlerde her birinde altı adet çivi olacak şekilde çiviler çakılmış, penetrasyon derinliğinin tespiti için beton dışında kalan çivilerin ölçümleri dijital kumpas ile yapılmıştır.

### 3.2.8. Verilerin analizi

Beton dökümünü takip eden farklı günlerde yapılan testler neticesinde on adet bağ kirişinde 8, 18 ve 32 gün yaşta olmak üzere otuz farklı beton basıncı dayanımına sahip

betonlarda çivi penetrasyon deneyi uygulanmıştır. Kolon ve kirişlerde ise 4, 14 ve 28 gün yaşta olmak üzere toplamda 15 farklı beton dayanımına sahip kolon ve kiriş betonunda çivi penetrasyon deneyi uygulanmıştır. Üç farklı konumda ve toplamda altmış adet farklı beton basınç dayanımına sahip betonarme numuneler üzerinde çivi penetrasyon derinlikleri tespit edilerek sonuçlar analiz edilmiştir.





## 4. BULGULAR

Karışım miktarları sabit tutularak sadece içerisindeki su miktarı artırılarak hazırlanmış olan farklı dayanımlardaki betonları, hazırlanan kalıplara dökmek suretiyle oluşturulan zeminde on farklı temel numunesinde, düşeyde beş farklı kolon numunesinde ve kolonlar arasında bağlantıyı sağlayan kirişler olmak üzere beş farklı kiriş numunesinde çivi penetrasyon deneyi uygulaması yapılmıştır. Deneylerimizde kıyaslama ve karşılaştırma yapabilmek adına dökülen her beton kütlesi için farklı sayılarda beton numuneleri alınarak, dökülen betonlara ait alınan küp numuneleri, oluşturulan betonarme sistem ile birlikte aynı şartlara maruz bırakılmıştır.

Her bir beton kütlesine çivi çakma işleminin uygulandığı gün, üzerinde çalışılan beton kütlesine ait numunelerin basınç dayanımları da test cihazı yardımı ile tespit edilerek penetrasyon değerleri dijital kumpas ile beton dışında kalan çivi boylarının belirlendikten sonra çivi boyundan çıkarılması ile elde edilmiştir. Değerlendirmede kullanılacak olan penetrasyon değerleri, her bir betonarme numunesine ait aynı gün yaştaki betonarme numunelerden elde edilen penetrasyon değerlerinin aritmetik ortalamaları hesaplanarak belirlenmiştir. Böylece tespiti yapılan penetrasyon değerleri ile sahip oldukları numunelerin basınç dayanımları arasındaki ilişki bulunmaya çalışılmıştır.

### 4.1. Temel Betonunda Yapılan Çalışmalar

#### 4.1.1. Temel numunelerinin 8 gün yaştaki çivi penetrasyonu

8 gün yaştaki her bir betonarme bağ kirişine ait numune, sahip olduğu basınç dayanımı belirlenmek üzere beton basınç test cihazında kırılarak sonuçlar kaydedilmiştir. Daha sonra 90 joule gücündeki çivi çakma tabancası ile deneylerde kullanılmak üzere belirlenmiş olan çiviler ile her betonarme bağ kirişine altı adet çivi uygulaması gerçekleştirilmiştir. Betonarme bağ kirişlerine ait beton basınç dayanımları ve beton dışındaki çivi boylarının minimum ve maksimum değerlerini gösteren aşağıda Çizelge 4.1'de verilmektedir.

Çizelge 4.1. Bağ kirişi numunelerinin 8 gün yaşa ait basınç dayanımı ve 90 joule gücündeki tabanca ile çakılan çivilerin beton dışında kalan boylarının minimum ve maksimum değerleri

No	Yük kN	Gerilme MPa	Dış Boy Okumaları mm	
			Min.	Mak.
C1-1	649.53	28.868	18.96	21.90
N1-1	494.53	21.979	13.99	21.46
N2-1	496.36	22.060	17.32	17.54
N3-1	468.28	20.812	15.86	20.20
N4-1	432.60	19.226	16.94	18.18
N5-1	429.23	19.077	13.06	18.78
N6-1	382.89	17.017	15.26	16.56
N7-1	358.83	15.948	15.60	15.97
N8-1	347.04	15.948	13.05	18.71
N9-1	340.93	15.152	13.58	14.59

Çizelge 4.1'deki değerler tespit edildikten sonra çivilerin penetrasyon değerleri, beton basınç dayanımı ile çivi penetrasyonu arasındaki ilişkinin tespitinde kullanılmak üzere, her numunede altı adet okuma yapıldıktan sonra dış çivi boylarının aritmetik ortalaması alınarak, çivinin tam boyu olan 38 mm'den çıkarılarak penetrasyon değerleri hesaplanmıştır (Çizelge 4.2).

Çizelge 4.2. Bağ kirişi numunelerinin 8 gün yaşa ait basınç dayanımı ve 90 joule gücündeki tabanca ile uygulanan çivilerin penetrasyon değerleri ortalamaları

No	Basınç Değerleri Ortalaması MPa	Çivi Dış Boy Ortalaması mm	Penetrasyon Ortalaması mm
C1-1	28.86	20.15	17.84
N1-1	21.97	17.97	20.02
N2-1	22.06	17.43	20.57
N3-1	20.81	17.31	20.68
N4-1	19.22	17.69	20.30
N5-1	19.07	16.16	21.44
N6-1	17.01	16.09	21.91
N7-1	15.94	15.78	22.21
N8-1	15.94	15.50	22.49
N9-1	15.15	14.05	23.94



#### 4.1.2. Temel numunelerinin 18 gün yaştaki çivi penetrasyonu

18. gün farklı güçlere sahip çivi çakma tabancalarının aynı basınç dayanımına sahip betonlar üzerindeki penetrasyon ilişkisini de belirlemek üzere çalışmanın daha kapsamlı hale getirilmesi adına temel betonuna çivi boyutunu değiştirmeden hem 90 joule hem de 105 joule gücündeki iki çivi çakma tabancası kullanılarak her bir tabanca ile her beton kütesine altı adet çivi çakılacak şekilde uygulama yapılmıştır. 18 gün yaştaki numunelerin beton basınç dayanımları ile beton dışındaki çivi boylarının minimum ve maksimum değerleri hesaplanmıştır (Çizelge 4.3 ve 4.4). Çivilerin dış boylarının değerleri kullanılarak 90 joule ve 105 joule tabancaları ile çakılmış olan çivilerin dış boylarının aritmetik ortalamaları hesaplanarak, çivi boyundan çıkarılmış ve betona tesir ettikleri miktar hesaplanmıştır (Çizelge 4.5).

Çizelge 4.3. Bağ kirişi numunelerinin 18 gün yaşa ait basınç dayanımı ve 90 joule gücündeki tabanca ile çakılan çivilerin beton dışında kalan boylarının minimum ve maksimum değerleri

No	Yük kN	Gerilme MPa	Dış Boy Okumaları mm	
			Min.	Mak.
C1-2	669.56	29.758	21.12	22.25
N1-2	572.05	25.423	15.27	23.80
N2-2	529.41	23.529	21.20	23.01
N3-2	506.62	22.516	17.15	23.11
N4-2	492.65	21.895	13.71	22.76
N5-2	477.24	21.210	16.57	19.72
N6-2	439.95	19.553	16.45	19.37
N7-2	437.30	19.435	15.51	17.21
N8-2	401.15	17.829	14.91	18.17
N9-2	382.01	16.978	13.55	15.27

Çizelge 4.4. Bağ kirişi numunelerinin 18 gün yaşa ait basınç dayanımı ve 105 joule gücündeki tabanca ile çakılan çivilerin beton dışında kalan boylarının minimum ve maksimum değerleri

No	Yük kN	Gerilme MPa	Dış Boy Okumaları mm	
			Min.	Mak.
C1-2	669.56	29.758	12.97	16.74
N1-2	572.05	25.423	12.77	16.03
N2-2	529.41	23.529	13.28	14.60
N3-2	506.62	22.516	14.18	14.61
N4-2	492.65	21.895	11.85	15.15
N5-2	477.24	21.210	11.62	13.65
N6-2	439.95	19.553	11.53	13.24
N7-2	437.30	19.435	10.53	11.47
N8-2	401.15	17.829	8.77	11.19
N9-2	382.01	16.978	10.11	11.15

Çizelge 4.5. Temel betonuna ait numunelerin 18 gün yaştaki basınç dayanımı ve 90 joule ve 105 joule gücündeki tabancalar ile elde edilen çivi penetrasyon değerleri ortalamaları

No	Basınç Değerleri Ortalaması MPa	Çivi Dış Boy Ortalaması 90 joule mm	Çivi Dış Boy Ortalaması 105 joule mm	Penetrasyon Ortalaması	
				90 joule mm	105 joule mm
C1-2	29.75	21.68	14.53	16.31	23.46
N1-2	25.42	20.97	14.11	17.03	23.89
N2-2	23.52	21.84	13.93	16.15	24.06
N3-2	22.51	20.98	14.39	17.01	23.60
N4-2	21.89	18.23	13.62	19.76	24.37
N5-2	21.21	18.54	12.63	19.45	25.36
N6-2	19.55	17.91	12.44	20.09	25.56
N7-2	19.43	16.36	11.00	21.64	27.00
N8-2	17.82	16.54	9.98	20.46	28.02
N9-2	16.97	14.41	10.59	23.59	27.40

#### 4.1.3. Temel numunelerinin 32 gün yaştaki çivi penetrasyonu

Beton dökümünü takip eden 32. günde temel betonuna, beton numunelerinin basınç dayanımları göz önünde bulundurularak beton mukavemeti arttığından dolayı 105 joule gücündeki çivi çakma tabancası kullanılarak tabanca ile her bağ kirişine altı adet çivi çakılacak şekilde uygulama yapılmıştır.

32. gün beton basınç dayanımları ile beton dışında kalan çivi boylarının minimum ve maksimum değerleri hesaplanmıştır (Çizelge 4.6). Beton dışındaki çivi boylarının değerleri göz önüne alınarak 105 joule tabancası ile çakılmış olan çivilerin dış boylarının aritmetik ortalamaları hesaplanmış ve çivi boyundan hesaplanan ortalama değer çıkarılarak çivi penetrasyon miktarları hesaplanmıştır (Çizelge 4.7).

Çizelge 4.6. Bağ kirişi numunelerinin 32 gün yaşa ait basınç dayanımı ve 105 joule gücündeki tabanca ile çakılan çivilerin beton dışında kalan boylarının minimum ve maksimum değerleri

No	Yük kN	Gerilme MPa	Dış Boy Okumaları mm	
			Min.	Mak.
C1-3	637.52	28.334	13.93	15.95
N1-3	588.97	26.176	14.72	14.95
N2-3	559.30	24.858	12.12	16.78
N3-3	557.77	24.790	13.08	15.68
N4-3	524.32	23.303	13.52	14.01
N5-3	506.82	22.525	11.40	15.40
N6-3	462.71	20.565	12.28	13.28
N7-3	476.25	21.160	12.85	13.09
N8-3	423.71	18.830	11.96	12.02
N9-3	401.10	17.826	10.92	12.81

Çizelge 4.7. Temel betonuna ait numunelerin 32 gün yaştaki basınç dayanımı ve 105 joule gücündeki tabanca ile elde edilen çivi penetrasyon değerleri ortalamaları

No	Basınç Değerleri Ortalaması	Çivi Dış Boy Ortalaması	Penetrasyon Ortalaması
	MPa	mm	mm
C1-3	28.33	14.98	23.01
N1-3	26.17	14.83	23.16
N2-3	24.85	14.45	23.55
N3-3	24.79	14.66	23.33
N4-3	23.30	13.76	24.23
N5-3	22.52	13.40	24.60
N6-3	20.56	12.78	25.22
N7-3	21.16	12.97	25.03
N8-3	18.83	11.99	26.01
N9-3	17.82	11.86	26.13

Çalışma yapılan betonarme bağ kirişi numuneleri üzerindeki penetrasyon değerleri belirlendikten sonra betonarme bağ kirişi numunelerinin 8, 18 ve 32 gün yaştaki basınç dayanımları ile çivi penetrasyonları arasındaki ilişki oluşturulmuştur.

## 4.2. Kolon ve Kirişlerde Yapılan Çalışmalar

### 4.2.1. Kolon ve kiriş numunelerinin 4 gün yaştaki çivi penetrasyonu

Temel betonuna ait 8 gün yaştaki numunelerin değerleri belirlendikten sonra kolonlar ve kirişler için olan 4 gün yaş numunelerinin deneyleri yapılmıştır. Kolonların ve kirişlerin beton dökme işlemi aynı anda yapıldığı için iki kolon ve bir kirişten oluşan her bir sistem için 4, 14 ve 28 gün yaşlardaki dayanımlarına göre test yapılacağından dolayı dokuz adet beton numunesi alınmıştır. 4 gün yaş beton numuneleri test cihazında kırılarak sonuçlar belirlenmiş ve kolon ve kirişlere 90 joule gücündeki çivi çakma tabancası ile her kolona on adet ve her kirişe altı adet çivi olacak şekilde 90 joule gücündeki çivi çakma tabancası ile çivi atışları yapılmıştır. Çivi atışlarının ardından

çivilerin, beton dışında kalan boyları ölçülmüştür. Ölçüm değerlerine ait minimum ve maksimum değerler ile numunelerin sahip oldukları yük ve gerilme değerleri hesaplanmıştır (Çizelge 4.8 ve 4.9).

Çizelge 4.8. Kolon numunelerinin 4 gün yaşa ait minimum ve maksimum basınç dayanımlarını ve 90 joule gücündeki tabanca ile çakılan çivilerin beton dışında kalan boylarının minimum ve maksimum değerleri

No	Yük kN		Gerilme MPa		Dış Boy Okuma mm	
	Min.	Mak.	Min.	Mak.	Min.	Mak.
S1-7-8-9	587.39	624.99	26.10	27.77	19.86	20.45
S2-7-8-9	519.88	576.33	23.10	25.62	18.52	21.57
S3-7-8-9	466.28	489.10	20.72	21.73	16.54	21.52
S4-7-8-9	417.69	479.32	18.56	21.08	13.12	21.53
S5-7-8-9	148.60	173.41	14.86	17.34	6.41	21.88

Çizelge 4.9. Kiriş numunelerinin 4 gün yaşa ait minimum ve maksimum basınç dayanımlarını ve 90 joule gücündeki tabanca ile çakılan çivilerin beton dışında kalan boylarının minimum ve maksimum değerleri

No	Yük kN		Gerilme MPa		Dış Boy Okuma mm	
	Min.	Mak.	Min.	Mak.	Min.	Mak.
KS1-7-8-9	587.39	624.99	26.10	27.77	17.18	23.43
KS2-7-8-9	519.88	576.33	23.10	25.62	17.81	21.20
KS3-7-8-9	466.28	489.10	20.72	21.73	15.58	23.15
KS4-7-8-9	417.69	479.32	18.56	21.08	16.48	17.25
KS5-7-8-9	148.60	173.41	14.86	17.34	14.34	20.19

Kolonlara ve kirişlere ait 4 gün yaştaki beton basınç dayanımları ve beton dışında kalan çivilerin boyları belirlendikten sonra her kolon ve kirişin üçer adet beton numunesi olduğundan kıyaslama yapacağımız değerlere ulaşmak için, her yapı elemanına ait dayanım değerlerinin aritmetik ortalamaları alınarak not edilmiştir. Çivi penetrasyon değerlerinin hesabı için de her numunede okuması yapılmış olan değerlerin aritmetik ortalaması alınarak kıyaslama yapılacak değerlere ulaşılmıştır. Daha sonra çivi penetrasyon değerleri, her kolon ve kirişte hesaplanan çivi boylarının hesaplanmış olan aritmetik ortalamasının kullanılan çivinin boyundan çıkarılarak hesaplanması ile elde edilmiştir (Çizelge 4.10).

Çizelge 4.10. Kolon ve kirişlere ait numunelerin 4 gün yaştaki basınç dayanımı ve 90 joule gücündeki tabanca ile elde edilen çivi penetrasyon değerleri ortalamaları

No	Basınç Değerleri Ortalaması	Çivi Dış Boy Ortalaması	Penetrasyon Ortalaması
	MPa	mm	mm
S1-7-8-9	27.16	20.10	17.89
S2-7-8-9	24.06	19.68	18.31
S3-7-8-9	21.08	18.45	19.54
S4-7-8-9	20.04	18.27	19.72
S5-7-8-9	16.28	17.00	20.99
KS1-7-8-9	27.16	19.64	18.35
KS2-7-8-9	24.06	19.35	18.65
KS3-7-8-9	21.08	18.61	19.39
KS4-7-8-9	20.04	16.84	21.15
KS5-7-8-9	16.28	16.85	21.15

Penetrasyon değerleri belirlenen kolon ve kirişlerin, 4 gün yaştaki beton numunelerinin basınç dayanımları ile 4 günlük çivi petenrasyonları arasındaki ilişki değerlerine böylece ulaşılmıştır.

#### 4.2.2. Kolon ve kiriş numunelerinin 14 gün yaştaki çivi penetrasyonu

Kolon ve kirişlerde beton dökümünü takip eden 14. günde temel betonundaki deneyde olduğu gibi çivi boyutunu değiştirmeden hem 90 joule hem de 105 joule gücündeki iki çivi çakma tabancası kullanılarak her bir tabanca ile her kolona altı adet çivi çakılacak şekilde uygulama yapılmıştır. 14. gün kolonlarda beton basınç dayanımlarının minimum ve maksimum değerleri ile beton dışında kalan çivi boylarının sahip oldukları minimum ve maksimum değerleri (Çizelge 4.11 ve 4.12), kirişlerde beton basınç dayanımı ile beton dışında kalan çivi boyları hesaplanmıştır (Çizelge 4.13 ve 4.14). Çizelge 4.11, 4.12, 4.13 ve 4.14'teki değerler göz önüne alınarak 90 joule ve 105 joule

tabancaları ile çakılmış olan çivilerin dış boylarının aritmetik ortalamaları hesaplanıp çivi boyundan çıkarılarak penetrasyon değerleri hesaplanmıştır (Çizelge 4.15).

Çizelge 4.11. Kolon numunelerinin 14 gün yaşa ait minimum ve maksimum basınç dayanımlarını ve 90 joule gücündeki tabanca ile çakılan çivilerin beton dışında kalan boylarının minimum ve maksimum değerleri

No	Yük kN		Gerilme MPa		Dış Boy Okuma mm	
	Min.	Mak.	Min.	Mak.	Min.	Mak.
S1-4-5-6	660.06	718.90	29.33	31.95	18.82	25.99
S2-4-5-6	621.18	635.03	25.36	28.22	18.35	23.04
S3-4-5-6	574.75	599.16	25.54	26.62	19.13	22.46
S4-4-5-6	556.13	561.09	24.71	24.93	19.67	20.65
S5-4-5-6	217.72	484.85	20.69	21.77	20.13	19.56

Çizelge 4.12. Kolon numunelerinin 14 gün yaşa ait minimum ve maksimum basınç dayanımlarını ve 105 joule gücündeki tabanca ile çakılan çivilerin beton dışında kalan boylarının minimum ve maksimum değerleri

No	Yük kN		Gerilme MPa		Dış Boy Okuma mm	
	Min.	Mak.	Min.	Mak.	Min.	Mak.
S1-4-5-6	660.06	718.90	29.33	31.95	13.41	16.01
S2-4-5-6	621.18	635.03	25.36	28.22	12.75	16.35
S3-4-5-6	574.75	599.16	25.54	26.62	11.12	16.96
S4-4-5-6	556.13	561.09	24.71	24.93	11.1	15.26
S5-4-5-6	217.72	484.85	20.69	21.77	9.13	11.34

Çizelge 4.13. Kiriş numunelerinin 14 gün yaşa ait minimum ve maksimum basınç dayanımlarını ve 90 joule gücündeki tabanca ile çakılan çivilerin beton dışında kalan boylarının minimum ve maksimum değerleri

No	Yük kN		Gerilme MPa		Dış Boy Okuma mm	
	Min.	Mak.	Min.	Mak.	Min.	Mak.
KS1-4-5-6	660.06	718.90	29.33	31.95	21.01	23.05
KS2-4-5-6	621.18	635.03	25.36	28.22	19.87	22.16
KS3-4-5-6	574.75	599.16	25.54	26.62	19.78	21.82
KS4-4-5-6	556.13	561.09	24.71	24.93	17.80	20.66
KS5-4-5-6	217.72	484.85	20.69	21.77	16.93	19.73

Çizelge 4.14. Kiriş numunelerinin 14 gün yaşa ait minimum ve maksimum basınç dayanımlarını ve 105 joule gücündeki tabanca ile çakılan çivilerin beton dışında kalan boylarının minimum ve maksimum değerleri

No	Yük kN		Gerilme MPa		Dış Boy Okuma mm	
	Min.	Mak.	Min.	Mak.	Min.	Mak.
KS1-4-5-6	660.06	718.90	29.33	31.95	10.68	17.31
KS2-4-5-6	621.18	635.03	25.36	28.22	11.57	16.63
KS3-4-5-6	574.75	599.16	25.54	26.62	12.19	15.33
KS4-4-5-6	556.13	561.09	24.71	24.93	10.74	14.87
KS5-4-5-6	217.72	484.85	20.69	21.77	8.76	13.04

Çizelge 4.15. Kolonlara ait numunelerin 14 gün yaştaki basınç dayanımları ortalaması ile 90 ve 105 joule gücündeki tabancalar ile elde edilen çivi penetrasyon değerleri ortalaması ve kirişlere ait numunelerin 14 gün yaştaki basınç dayanımları ortalaması ile 90 ve 105 joule gücündeki tabanca ile elde edilen çivi penetrasyon değerleri ortalaması

No	Basınç Değerleri Ortalaması	Çivi Dış Boy Ortalaması	Çivi Dış Boy Ortalaması	Penetrasyon Ortalaması	Penetrasyon Ortalaması
	MPa	90 joule mm	105 joule mm	90 joule mm	105 joule mm
S1-4-5-6	30.703	22.73	14.59	15.26	23.11
S2-4-5-6	27.065	21.10	14.12	16.89	23.87
S3-4-5-6	25.979	20.31	13.36	17.68	24.64
S4-4-5-6	24.810	20.12	12.33	17.87	25.66
S5-4-5-6	21.339	18.83	9.97	19.17	27.60
KS1-4-5-6	30.704	21.24	13.76	16.76	22.31
KS2-4-5-6	27.065	20.77	14.54	17.23	23.45
KS3-4-5-6	25.980	20.15	12.80	17.85	24.85
KS4-4-5-6	24.811	18.70	12.67	19.30	25.32
KS5-4-5-6	21.340	17.88	9.23	20.12	27.10

Böylece penetrasyon değerleri belirlenen kolon ve kirişlerin 14 gün yaştaki beton numunelerinin basınç dayanımları ile 14 günlük çivi penetasyonları arasındaki değerlere ulaşılmış oldu.



### 4.2.3. Kolon ve kiriş numunelerinin 28 gün yaştaki çivi penetrasyonu

Kolon ve kirişlerde beton dökümünün 28. günü beton numunelerinin dayanımlarının belirlenmesi için numunelerin test cihazı yardımıyla kırılmaları yapılarak deneye devam edilmiştir. 28. gün çalışmada beton mukavemeti artmış olduğundan deneyde, kolon ve kirişlerde 105 joule gücündeki çivi çakma tabancası kullanılarak her kolona ve kirişe altı adet çivi çakılacak şekilde uygulama yapılmıştır. 28. gün kolonlarda beton basınç dayanımları ile beton dışında kalan çivi boylarının sonuçları ve kirişlerde beton basınç dayanımı ile beton dışındaki çivi boyları hesaplanmıştır (Çizelge 4.16 ve 4.17). Çizelge 4.16 ve 4.17'deki değerler göz önüne alınarak 105 joule tabancası ile çakılmış olan çivilerin dış boylarının aritmetik ortalamaları hesaplanıp çivi boyundan çıkarılarak penetrasyon değerleri hesaplanmıştır (Çizelge 4.18).

Çizelge 4.16. Kolon numunelerinin 28 gün yaşa ait minimum ve maksimum basınç dayanımlarını ve 105 joule gücündeki tabanca ile çakılan çivilerin beton dışında kalan boylarının minimum ve maksimum değerleri

No	Yük kN		Gerilme MPa		Dış Boy Okuma mm	
	Min.	Mak.	Min.	Mak.	Min.	Mak.
S1-1-2-3	656.33	723.37	26.17	32.14	14.97	18.40
S2-1-2-3	634.04	674.91	28.17	29.99	13.42	16.03
S3-1-2-3	578.50	620.74	25.71	27.58	11.08	15.64
S4-1-2-3	556.39	594.36	24.72	26.41	11.93	13.65
S5-1-2-3	483.31	501.77	21.48	22.30	9.92	11.91

Çizelge 4.17. Kiriş numunelerinin 28 gün yaşa ait minimum ve maksimum basınç dayanımlarını ve 105 joule gücündeki tabanca ile çakılan çivilerin beton dışında kalan boylarının minimum ve maksimum değerleri

No	Yük kN		Gerilme MPa		Dış Boy Okuma mm	
	Min.	Mak.	Min.	Mak.	Min.	Mak.
KS1-1-2-3	656.33	723.37	26.17	32.14	13.82	14.90
KS2-1-2-3	634.04	674.91	28.17	29.99	13.56	15.57
KS3-1-2-3	578.50	620.74	25.71	27.58	13.52	14.50
KS4-1-2-3	556.39	594.36	24.72	26.41	11.44	14.04
KS5-1-2-3	483.31	501.77	21.48	22.30	11.64	13.43

Çizelge 4.18. Kolon ve kirişlere ait numunelerin 28 gün yaştaki basınç dayanımı ve 105 joule gücündeki tabanca ile elde edilen çivi penetrasyon değerleri ortalamaları

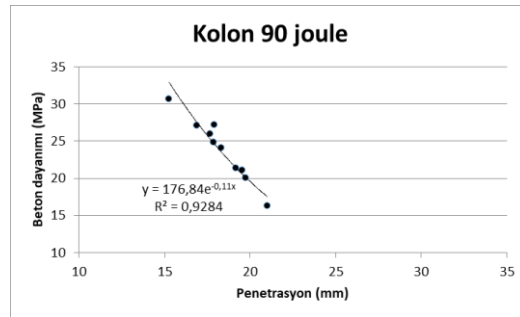
No	Basınç Değerleri Ortalaması MPa	Çivi Dış Boy Ortalaması mm	Penetrasyon Ortalaması mm
S1-1-2-3	31.966	16.17	21.82
S2-1-2-3	29.264	15.57	22.42
S3-1-2-3	26.364	13.78	24.21
S4-1-2-3	25.637	13.14	24.85
S5-1-2-3	21.879	11.45	26.55
KS1-1-2-3	31.966	14.37	23.10
KS2-1-2-3	29.264	14.37	23.63
KS3-1-2-3	26.364	14.01	23.99
KS4-1-2-3	25.637	12.74	24.42
KS5-1-2-3	21.879	12.64	26.08

## 5. TARTIŞMA

Yapılan test deneylerinde, çivi çakma tabancası ile temelde on farklı bağ kirişinden, küp basınç dayanımları 10 ile 30 MPa arasında değişen, otuz farklı dayanımda beton, kolon ve kirişlerde ise beş farklı kolon kiriş çerçeve sisteminden on beş farklı dayanımda beton elde edilerek bu betonlara çivi penetrasyonu deneyi uygulanarak beton dayanımı ve çivi penetrasyonu arasındaki ilişkiler belirlenmiştir. Yapılan tüm bu çalışmaların amacı, beton dayanımını tahribatsız bir şekilde hızlıca tespit ederek, zaman kaybından dolayı oluşabilecek riskleri en aza indirmek ve bunları, mevcut yöntemlere göre daha düşük maliyet ile yapabilmektir. Deney sonuçları, elde edilen penetrasyon değerleri ile basınç dayanımlarının arasındaki ilişkiyi oluşturulan grafiklerle aşağıdaki bölümlerde karşılaştırılmıştır.

### 5.1. Kolonlarda Penetrasyon

Kolonlar üzerinde yapılan çalışmada, farklı beton yaşlarındaki betonarme numuneler üzerinde 90 joule ve 105 joule gücündeki her iki tabanca da kullanılmıştır. Kolonlarda beton dökümünden itibaren 4., 14. ve 28. günlerde çalışmalar yapılmıştır. Kolonlarda beton basınç dayanımı ile çivi penetrasyonu arasındaki eğrisel bağlantı olup olmadığı incelenmiş ve elde edilen, 90 joule ve 105 joule gücündeki tabancaların sağladığı penetrasyonlar ile kolon numunelerinin sahip oldukları basınç dayanımları arasındaki bağlantıyı gösteren grafikler elde edilmiştir (Şekil 5.1 ve 5.2).



Şekil 5.1. Kolonlara ait, 90 joule gücündeki tabanca ile elde edilen penetrasyon değerleri ile mevcut dayanım değerleri arasındaki ilişki grafiği.

Kolonlarda, 90 joule gücündeki tabancalar ile beton dökümünden sonraki 4. ve 14. günlerde çalışılmıştır. 105 joule gücündeki tabanca ile de beton dökümünden sonraki 14. ve 28. günlerde çalışılmıştır.

Kolonlarda, 90 joule gücündeki tabanca ile yapılan çalışmalarda elde edilen çivi penetrasyonları ile beton basınç dayanımları arasında eğrisel bir bağlantı tespit edilmiştir. Bu bağlantı neticesinde elde edilen korelasyon 90 joule gücündeki tabanca kullanılan numunelerde % 93'e yakındır. Elde edilen sonuca göre, betonun sahip olduğu basınç dayanımı arttıkça betonda oluşan penetrasyon azalış göstermektedir. Kullanılan yöntemin sağladığı hem maddi faydalar hem de test yönteminin uygulanma hızına bağlı olarak kazandırdığı zaman göz önüne alınır ise küçümsenmeyecek derecede bir bağlantı olduğu kabul edilebilir. Elde edilen korelasyon kabul edilebilir düzeyde olduğu için kullanılması ön görüldüğünden dolayı oluşabilecek mutlak hata payları da ayrıca hesaplanmıştır (Çizelge 5.1 ve 5.2).

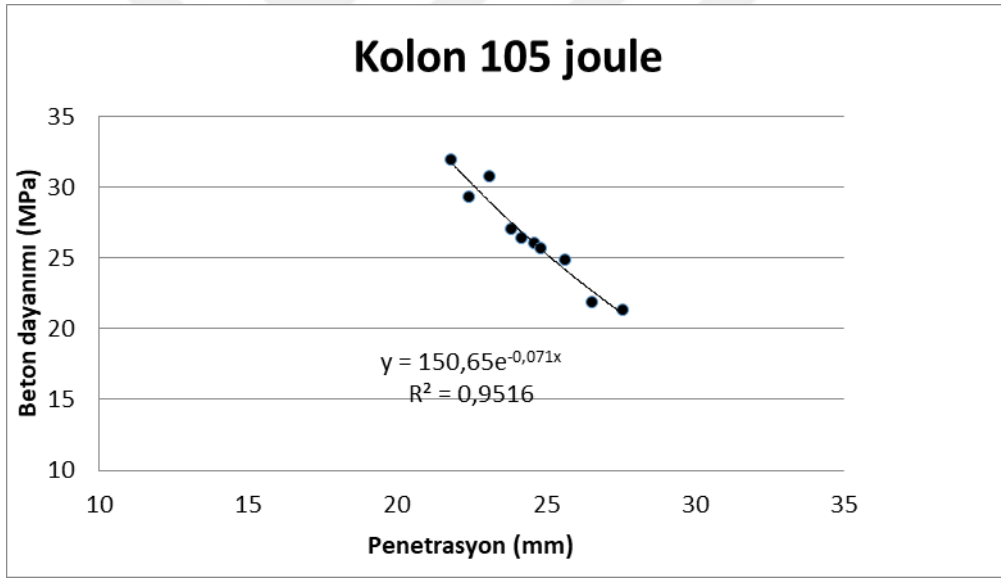
Çizelge 5.1. 90 joule gücündeki tabanca kullanılarak kolonlarda elde edilen çivi penetrasyon sonucuna ilişkin oluşan hata payı

Mevcut Dayanım MPa	Penetrasyon Ortalaması mm	Hesaplanan Dayanım MPa	Oluşan Hata Miktarı MPa	Oluşan Hata Yüzdesi %
27.60	17.89	24.69	2.462	9.064
23.10	18.31	23.58	0.481	2.000
20.72	19.54	20.60	0.479	2.276
20.47	19.72	20.19	0.151	0.755
14.86	20.99	17.56	1.272	7.810
29.33	15.26	32.99	3.656	11.908
27.60	16.89	27.56	0.038	0.142
25.54	17.68	25.27	0.267	1.029
24.93	17.87	24.75	0.178	0.720
20.69	19.17	21.46	0.769	3.603

90 joule gücündeki tabanca kullanılarak kolonlarda yapılan çalışmaya göre Şekil 5.1'deki grafikten elde edilen formüle göre penetrasyon ortalamaları kullanılarak numunelere ait dayanımlar hesaplanmıştır. Beton numunelerinin sahip oldukları basınç dayanımları 14.86 MPa ile 29.33 MPa arasında değişkenlik gösterirken elde edilen formüle göre hesaplanan dayanımların 17.56 MPa ile 32.99 MPa arasında değişkenlik

gösterdiği sonucu elde edilmiştir. Çizelge 5.1’de gösterilen, hesaplanan dayanımlar ile mevcut dayanımlar arasındaki mutlak farklar, oluşan hatalar olarak adlandırılmıştır. Oluşan hatalar mutlak değer olarak alınmıştır. Hesaplanan mutlak hatalar 0.038 ile 3.656 MPa arasında değişmektedir. Oluşan hataların yüzdeler dilimleri, mevcut dayanımlar ile oluşan mutlak hatalar kıyaslanarak hesaplanmıştır. Hesaplanan yüzdeler hata dilimleri % 0.142 ile % 11.90 aralığında gerçekleşmiştir. Oluşan hataların yüzdeler dilimleri dikkate alınarak aritmetik ortalamaları hesaplanmış ve yapılan bu hesaba göre, mutlak hata payı  $\pm\%$  3.93 olarak tespit edilmiştir. Uygulama yapılırken en az on adet çivi kullanılması önerilmektedir. Kullanılan penetrasyon yönteminde çivi adedinin artırılması daha kesin sonuçların elde edilmesine olanak sağlayacaktır.

Daha güvenilir sonuçlar, uygulama yapılacak alanın durumuna göre çivi sayısı artırılarak elde edilebilir.



Şekil 5.2. Kolonlara ait, 105 joule gücündeki tabanca ile elde edilen penetrasyon değerleri ile mevcut dayanım değerleri arasındaki bağlantı grafiği.

Kolonlarda 105 joule gücündeki çivi tabancası, 14 ve 28 gün yaşlarındaki betonarme kolon numuneleri üzerinde kullanılmıştır. Çivilerden elde ettiğimiz çivi penetrasyon değerleri ile kolonların sahip oldukları mevcut basınç dayanımı arasındaki ilişkiyi belirten grafik oluşturulmuştur (Şekil 5.2). Şekil 5.2’deki grafiğe göre, 14 ve 28 gün yaşlarındaki numuneler üzerinde yapılan çalışmalar neticesinde çivi penetrasyonu ile basınç dayanımı arasında eğrisel bir bağlantı olduğu tespit edilmiştir.

Elde edilen bağlantıya göre basınç dayanımı ile çivi penetrasyonu arasında yaklaşık olarak % 95 korelasyon bulunmuştur. Şekil 5.2'deki grafiğe göre geliştirilen formül kullanılarak elimizdeki verilerin hata oranları hesaplanmıştır (Çizelge 5.2).

Çizelge 5.2. 105 joule gücündeki tabanca kullanılarak kolonlarda elde edilen çivi penetrasyon sonucuna ilişkin oluşan hata payı

Mevcut Dayanım MPa	Penetrasyon Ortalaması mm	Hesaplanan Dayanım MPa	Oluşan Hata Miktarı MPa	Oluşan Hata Yüzdesi %
30.70	23.11	29.19	1.504	4.898
27.06	23.87	27.66	0.596	2.204
25.97	24.63	26.19	0.220	0.847
24.81	25.66	24.35	0.451	1.818
21.33	27.60	21.22	0.118	0.555
31.96	21.82	31.98	0.020	0.063
29.26	22.42	30.65	1.386	4.738
26.36	24.21	26.99	0.634	2.407
25.63	24.85	25.80	0.165	0.645
21.87	26.55	22.87	0.992	4.535

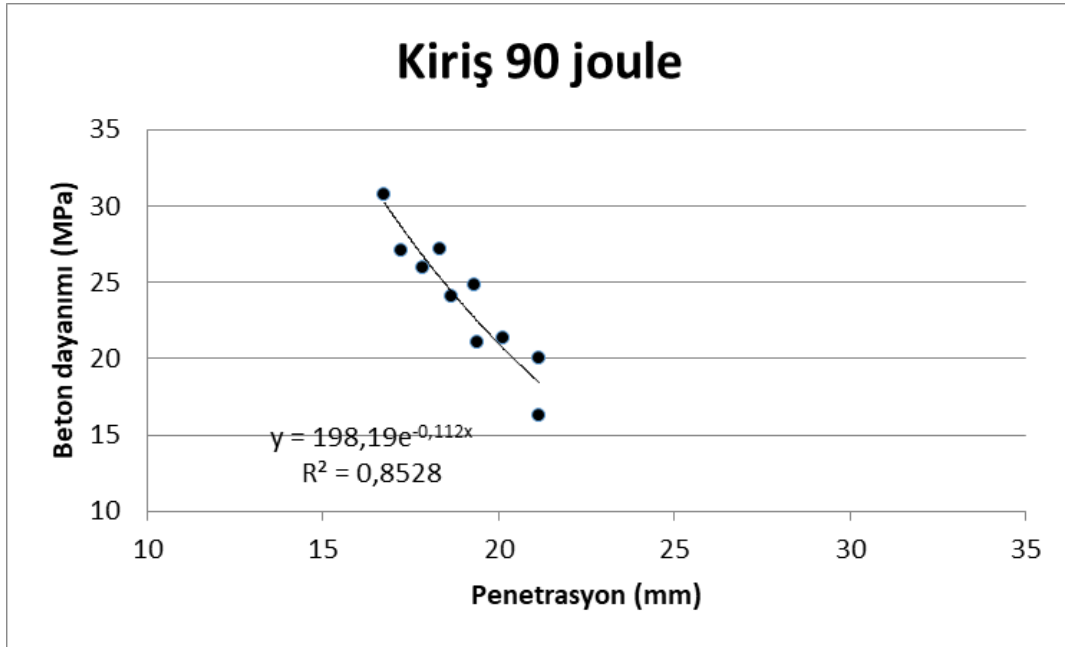
Şekil 5.2'deki grafiğe göre geliştirilen formül ile elde edilen penetrasyon değerleri kullanılarak betonarme kolon numunelerinin basınç dayanımları hesaplanmıştır. Hesaplanan basınç dayanımları sonuçlarına göre mevcut basınç dayanımları 21.33 MPa ile 31.96 MPa arasında değişkenlik gösterirken hesaplanmış olan basınç dayanımları 21.22 MPa ile 31.98 MPa arasında değişkenlik göstermiştir. Hata yüzdelerini hesaplayabilmek için hesaplanan basınç dayanımından mevcut basınç dayanımı çıkartılarak oluşan mutlak hata miktarları hesaplanmıştır. Oluşan hata miktarları üzerinden hata miktarlarının yüzdelerinin hesaplanmıştır. Mutlak hata yüzdelerinin %0.063 ile % 4.898 arasında değişkenlik gösterdiği görülmektedir. Mutlak hata yüzdelerinin aritmetik ortalaması hesaplanarak, kolonlara ait çivi penetrasyonu yönteminde kullanılmak üzere tespit edilmiştir. Oluşan hata miktarları üzerinden hesaplanan ortalama hata payı oranı  $\pm\% 2.27$ 'dir. Hesaplanmış olan hata payı değeri, 105 joule gücündeki tabanca ile kolonlarda basınç dayanımı tespiti yapılacak çalışmalar için geçerlidir. 90 joule kapasiteli tabancanın kullanıldığı numunelerden elde edilen hata payı oranı % 3.93 olurken, 105 joule kapasiteli tabancanın kullanıldığı numunelerden elde edilen hata payı oranının  $\pm\% 2.27$  olması, kolonlarda, basınç dayanımının çivi

penetrasyonu yöntemi kullanılarak belirlenmek istenmesi durumunda 105 joule kapasiteli tabancanın kullanılması daha güvenilir sonuçların alınmasında etkili olacaktır. Kolonlarda çivi penetrasyonu yöntemi ile uygulama yapılırken çivi miktarının artırılması hata payını en aza indirgeyecektir. Uygulamada en az on adet çivinin kullanılması önerilir.

## 5.2. Kirişlerde Penetrasyon

Kirişlerde çivi penetrasyonu deneyine yönelik çalışmalar, beton 4, 14 ve 28 gün yaşlarında iken yapılmıştır. Beton 4 gün yaşında iken 90 joule gücündeki tabanca ile çivi uygulamaları yapılırken, beton 14 ve 28 gün yaşlarında da 105 joule gücündeki tabanca ile uygulamalar yapılmıştır.

Kirişlerde de kolonlarda olduğu gibi uygulama yapılarak çivi penetrasyonları ile basınç dayanımı arasındaki bağlantı hesaplanmaya çalışıldı. Kirişlere uygulanan çivi penetrasyonları da iki farklı güçteki tabancaların tesirlerinin ayrı ayrı irdelenmesiyle yapıldı. 90 joule gücündeki tabancadan elde edilen verilerden oluşturulan grafik gösterilmiştir (Şekil 5.3).



Şekil 5.3. Kirişlere ait, 90 joule gücündeki tabanca ile elde edilen penetrasyon değerleri ile dayanım değerleri arasındaki bağlantı grafiği.

Beş farklı beton dayanımına sahip beş kirişe, beton dökümünün dördüncü günü 90 joule gücündeki çivi tabancası ile her kirişe altı adet çivi çakılarak toplamda otuz adet çivi uygulaması yapılmıştır. Elde edilen penetrasyon ve basınç dayanımı verileri kullanılarak hazırlanan Şekil 5.3'teki grafikte çivi penetrasyonları ile kirişlerin sahip olduğu mevcut basınç dayanımları arasında eğrisel bir ilişki olduğu tespit edilmiştir. Grafikte de görüldüğü üzere kirişlere ait çivi penetrasyonu ile basınç dayanımı arasında %85 korelasyon tespit edilmiştir. Elde edilen formül ile beraber daha güvenli sonuçlar elde etmek için 90 joule gücündeki tabanca ile kiriş numunelerine uygulanarak elde edilen çivi penetrasyonları ile basınç dayanımları hesaplanmış ve hesaplanan basınç dayanımlarının hata oranları, mevcut basınç dayanımı ile hesaplanan basınç dayanımı arasındaki mutlak fark belirlenerek hesaplanmıştır. Mutlak fark ile mevcut dayanım verileri kullanılarak oluşan hataların mutlak hata yüzdeleri hesaplanmıştır (Çizelge 5.3).

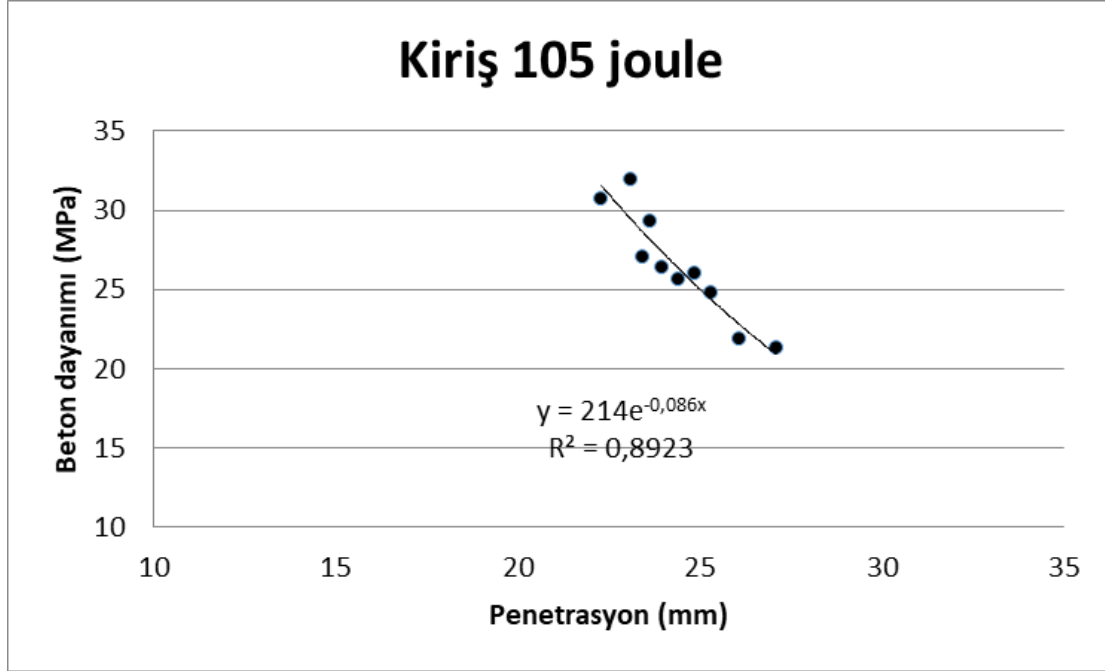
Çizelge 5.3. 90 joule gücündeki tabanca kullanılarak kirişlerde elde edilen çivi penetrasyon sonucuna ilişkin oluşan hata payı

Mevcut Dayanım MPa	Penetrasyon Ortalaması mm	Hesaplanan Dayanım MPa	Oluşan Hata Miktarı MPa	Oluşan Hata Yüzdesi %
27.16	18.35	25.37	1.787	6.580
24.06	18.65	24.54	0.481	1.999
21.08	19.39	22.59	1.506	7.144
20.04	21.15	18.54	1.498	7.478
16.29	21.14	18.55	2.264	13.903
30.70	16.76	30.32	0.374	1.219
27.06	17.23	28.77	1.708	6.313
25.97	17.85	26.84	0.863	3.325
24.81	19.30	22.81	1.990	8.024
21.33	20.12	20.81	0.522	2.448

Kirişlerde 90 joule gücündeki tabanca kullanılarak yapılan çalışmada elde edilen formül ile hesaplanan basınç dayanımlarının elde edilmesinde oluşan mutlak hata miktarları 0.374 ile 2.264 MPa arasında değişkenlik gösterirken mutlak hata yüzdeleri % 1.219 ile % 8.024 arasında değişmektedir. Oluşan hata yüzdelerinin aritmetik ortalamaları alınarak 90 joule kapasiteli tabanca ile betonarme kiriş numuneleri üzerinde yapılan çivi penetrasyonu yöntemine ilişkin mutlak hata oranı  $\pm\%$  5.84 olarak hesaplanmıştır.



Kirişlerde, beton 14 ve 28 gün yaşlarında iken çivi penetrasyonu deneyi uygulamasına 105 joule gücündeki tabanca ile devam edilmiştir. Bu uygulamalardan elde edilen veriler ile çivi penetrasyonu ile basınç dayanımı arasındaki bağlantıyı gösteren grafik oluşturulmuştur (Şekil 5.4).



Şekil 5.4. Kirişlere ait, 105 joule gücündeki tabanca ile elde edilen penetrasyon değerleri ile dayanım değerleri arasındaki bağlantı grafiği.

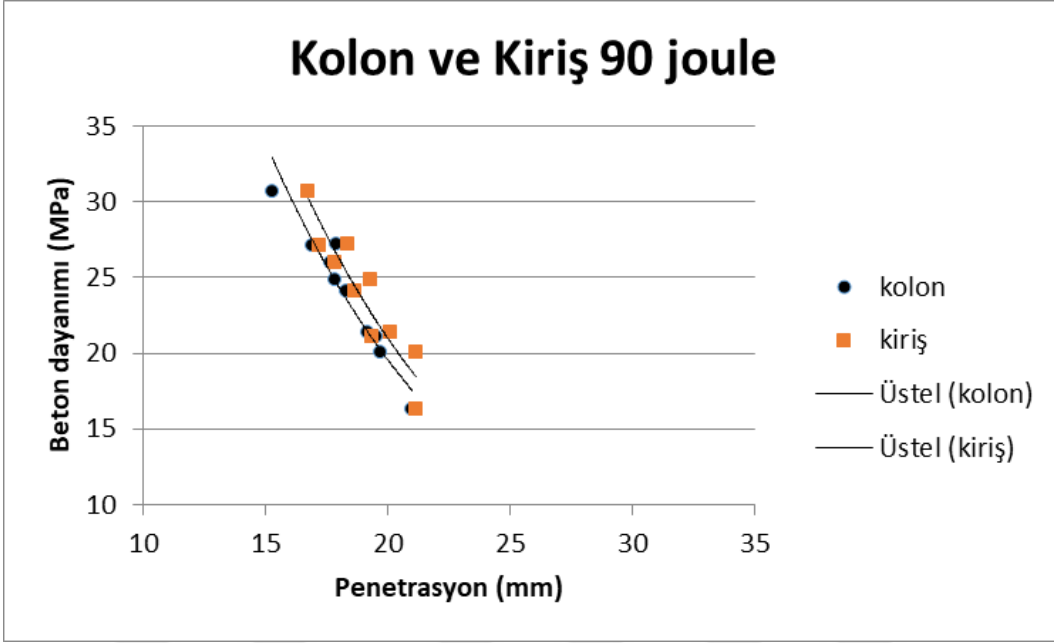
Kiriş numuneleri üzerinde, 14 ve 28 gün yaşlarında 105 joule gücündeki tabanca kullanılarak yapılan çalışma sonucunda elde edilen penetrasyon değerleri ile kirişlere ait beton numunelerinin test sonuçları kullanılarak hazırlanan Şekil 5.4'te gösterilen grafikte görüldüğü gibi veri sonuçları amaçlandığı gibi eğrisel bir dizilişe sahiptir. Elde edilen eğrisel grafiğe göre numunelerin basınç dayanımları ile 105 joule kapasiteli çivi tabancasının kullanıldığı numunelerin çivi penetrasyonu arasında %89'luk korelasyon bulunmuştur. Kirişlerde 105 joule gücündeki tabanca kullanılarak yapılan çalışmada elde edilen formül ile hesaplanan basınç dayanımlarının elde edilmesinde oluşan hata miktarları ve yüzdelik oranları hesaplanmıştır (Çizelge 5.4).

Çizelge 5.4. 105 joule gücündeki tabanca kullanılarak kirişlerde uygulanan çivi penetrasyonuna ilişkin oluşan hata payı

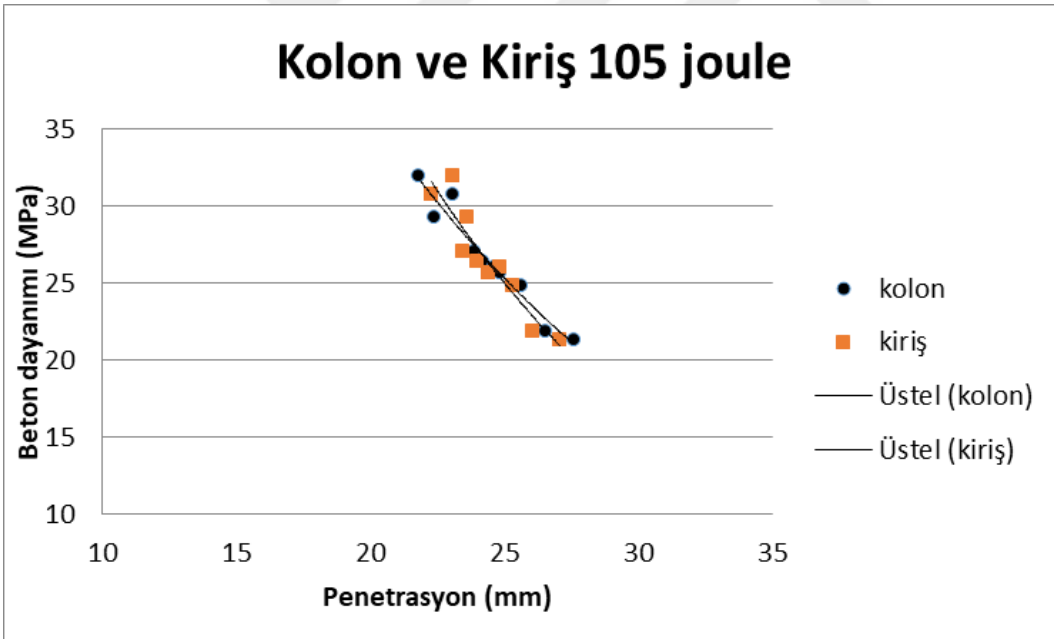
Mevcut Dayanım MPa	Penetrasyon Ortalaması mm	Hesaplanan Dayanım MPa	Oluşan Hata Miktarı MPa	Oluşan Hata Yüzdesi %
30.70	22.31	31.41	0.712	2.320
27.06	23.45	28.46	1.404	5.190
25.97	24.85	25.25	0.728	2.803
24.81	25.32	24.23	0.575	2.318
21.33	27.10	20.80	0.531	2.488
31.96	23.10	29.35	2.613	8.176
29.26	23.63	28.04	1.219	4.167
26.36	23.99	27.18	0.825	3.129
25.63	24.42	26.20	0.564	2.203
21.87	26.08	22.70	0.827	3.781

Çizelge 5.4'e göre oluşan hata yüzdeleri mutlak değer olarak hesaplanmıştır. Oluşan hata miktarlarına göre yüzdeler hata miktarları hesaplanmıştır. Yapılan hesaba göre de kirişlerde 105 joule gücünde çivi tabancası kullanılarak yapılan penetrasyon deneylerinde sonuç hesaplanırken, %2.20 ile %8.17 arasında hata payı elde edilmiş olup, ortalama hata payı  $\pm\%3.65$  elde edilmiştir. Kirişlerde elde edilen 90 joule kapasiteli tabancanın kullanıldığı betonarme numuneler üzerindeki çivi penetrasyon değerleri üzerinden hesaplanan basınç dayanımlarında oluşan hata payı oranı  $\pm\% 5.84$  iken 105 joule kapasiteli tabancanın kullanıldığı numuneler üzerinde uygulanan çivi penetrasyonu değerleri kullanılarak hesaplanan basınç dayanımlarında hata payı oranı  $\pm\% 3.65$  olmuştur. Hata payı oranları ile orantılı olarak, 90 joule kapasiteli tabanca ile elde edilen korelasyon % 85 olurken 105 joule kapasiteli tabanca ile % 89 korelasyon elde edilmiştir. İki tabanca arasındaki korelasyon değerleri ile hata payı oranlarının değerleri kıyaslandığı zaman 105 joule kapasiteli tabanca ile daha yüksek korelasyon sağlandığından dolayı kirişlerde de beton basınç dayanımı, çivi penetrasyonu yöntemi ile belirlenmek istendiği zaman 105 joule kapasiteli tabancanın tercih edilmesi daha güvenilir sonuçların elde edilmesine olanak sağlayacaktır. Kolon numunelerinde olduğu gibi kiriş numuneleri üzerinde çivi penetrasyonu yöntemi uygulanırken kullanılacak çivinin sayısının artırılması ve 105 joule kapasiteli tabancanın tercih edilmesi önerilir.

Kolonlarda ve kirişlerde, çivi penetrasyonu ile basınç dayanımı arasındaki her iki tabancaya ait ilişkiyi gösteren grafikler hazırlanmıştır (Şekil 5.5 ve 5.6).



Şekil 5.5. Kolon ve kirişlerde 90 joule gücündeki tabanca ile elde edilen penetrasyon değerleri ile dayanım değerleri arasındaki bağlantı grafiği.

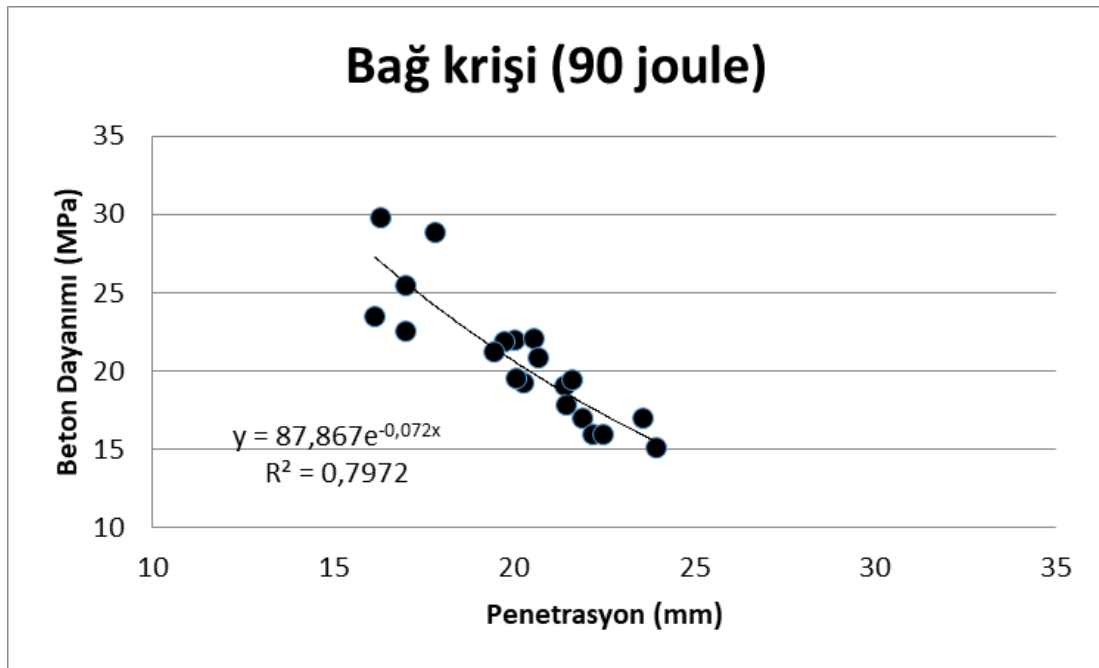


Şekil 5.6. Kolon ve kirişlerde 105 joule gücündeki tabanca ile elde edilen penetrasyon değerleri ile dayanım değerleri arasındaki bağlantı grafiği.

Şekil 5.5 ve 5.6'daki grafiklere bakıldığında kolon ve kirişlerde elde edilen verilerin kesişme noktaları ve yoğunlaştıkları bölgelerin aynı olduğu görülmektedir. Bu sonuca göre de tabancanın sahip olduğu açının, tabanca kullanılırken penetrasyon sonucunu etkilemediği söylenebilir.

### 5.3. Bağ Kirişlerinde Penetrasyon

Bağ kirişleri için elde edilen basınç dayanımları ile çivi penetrasyonları değerleri kullanılarak, 90 joule gücündeki tabanca ile elde edilen veriler ile 105 joule gücündeki tabanca ile elde edilen veriler ayrı ayrı incelenmiş ve inceleme sonucunda basınç dayanımı ile penetrasyon değerleri arasındaki ilişkiyi gösteren grafikler oluşturulmuştur (şekil 5.7 ve 5.8).



şekil 5.7. Bağ kirişlerine ait, 90 joule gücündeki tabanca ile elde edilen penetrasyon değerleri ile dayanım değerleri arasındaki bağlantı grafiği.

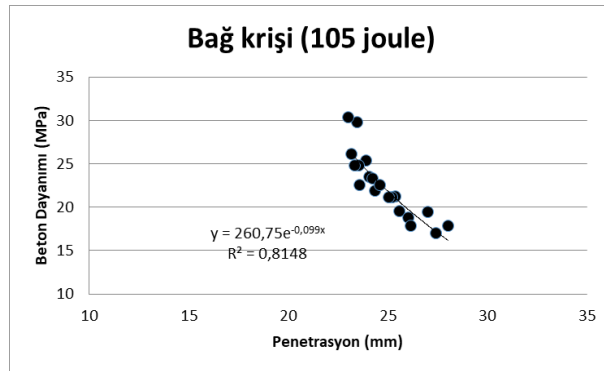
Bağ krişi numuneleri üzerinde, beton dökümünden itibaren 8. ve 18. günlerde 90 joule gücündeki tabanca kullanılarak yapılan çalışma sonucunda elde edilen penetrasyon değerleri ile bağ kirişlerine ait beton numunelerinin test sonuçları kullanılarak hazırlanan grafikte görüldüğü gibi veri sonuçları eğrisel bir ilişki içerisinde-dir. Görüldüğü üzere elde edilen korelasyon katsayısı yaklaşık 0.79 olmuştur.

şekil 5.7'deki grafikten elde edilen formül ile bağ kirişlerine ait penetrasyon değerleriyle basınç dayanımları, basınç dayanımına bağlı hata miktarları ve hata oranları hesaplanmıştır (izelge 5.5).

Çizelge 5.5. 90 joule gücündeki tabanca kullanılarak bağ krişlerine uygulanan çivi penetrasyonuna ilişkin oluşan hata payı

Mevcut Dayanım MPa	Penetrasyon Ortalaması mm	Hesaplanan Dayanım MPa	Oluşan Hata Miktarı MPa	Oluşan Hata Yüzdesi %
28.86	17.84	24.32	4.546	15.750
21.97	20.02	20.78	1.191	5.418
22.06	20.57	19.98	2.079	9.425
20.81	20.68	19.82	0.989	4.753
19.22	20.30	20.37	1.146	5.963
19.07	21.44	18.76	0.309	1.621
17.01	21.91	18.14	1.125	6.615
15.94	22.21	17.75	1.807	11.333
15.94	22.49	17.40	1.453	9.111
15.15	23.94	15.67	0.523	3.454
29.75	16.31	27.15	2.604	8.753
25.42	17.03	25.78	0.358	1.409
23.52	16.15	27.46	3.938	16.738
22.51	17.01	25.81	3.301	14.664
21.89	19.76	21.18	0.714	3.263
21.21	19.45	21.65	0.448	2.113
19.55	20.09	20.68	1.130	5.780
19.43	21.64	18.49	0.936	4.816
17.82	21.46	18.74	0.911	5.113
16.97	23.59	16.07	0.902	5.312

Çizelge 5.5'teki veriler incelendiğinde mevcut dayanımları 15.15 MPa ile 29.75 MPa arasında değişkenlik gösterirken, elde edilen penetrasyonlar kullanılarak hesaplanan dayanımlar 15.67 MPa ile 27.46 MPa arasında değişkenlik göstermektedir. Oluşan mutlak hata miktarlarına bakıldığında ise aralığın 0.309 MPa ile 4.546 MPa olduğu görülmektedir. Oluşan mutlak hata miktarları üzerinden oluşan mutlak hata yüzdesi hesaplanarak ortalama mutlak hata yüzdesi  $\pm\%$  7.07 olarak bulunmuştur. Penetrasyon düştükçe mutlak hata payının arttığı görülmektedir.



Şekil 5.8. Bağ krişlerine ait, 105 joule gücündeki tabanca ile elde edilen penetrasyon değerleri ile mevcut dayanım değerleri arasındaki bağlantı grafiği.

Betonun 18 ve 32 gün yaşlarındaki bağ kirişi numuneleri üzerinde, 105 joule gücündeki tabanca ile yapılan çalışmanın verileriyle hazırlanmış olan grafik gösterilmektedir (Şekil 5.8).

Elde edilen grafiğe göre, 105 joule gücündeki tabanca ile elde edilen çivi penetrasyonları ile basınç dayanımları arasında eğrisel olan bir bağlantı saptanmıştır. Bu grafikte beton basınç dayanımları ile çivi penetrasyonları arasında 0.81'lik bir korelasyon katsayısı değeri elde edilmiştir.

Şekil 5.8'deki grafiğe göre geliştirilen formül kullanılarak hata oranları hesaplanmıştır (Çizelge 5.6).

Çizelge 5.6. 105 joule gücündeki tabanca kullanılarak bağ krişlerine uygulanan çivi penetrasyonuna ilişkin oluşan hata payı

Mevcut Dayanım MPa	Penetrasyon Ortalaması mm	Hesaplanan Dayanım MPa	Oluşan Hata Miktarı MPa	Oluşan Hata Yüzdesi %
29.75	23.46	25.55	4.198	14.108
25.42	23.89	24.49	0.928	3.653
23.52	24.06	24.08	0.556	2.364
22.51	23.60	25.20	2.691	11.951
21.89	24.37	23.35	1.462	6.678
21.21	25.36	21.17	0.033	0.158
19.55	25.56	20.76	1.208	6.180
19.43	27.00	18.00	1.432	7.368
17.82	28.02	16.27	1.554	8.721
16.97	27.40	17.30	0.326	1.920
30.33	23.01	26.72	3.605	11.888
26.17	23.16	26.33	0.153	0.586
24.85	23.55	25.33	0.475	1.910
24.79	23.33	25.89	1.100	4.44
23.30	24.23	23.68	0.380	1.633
22.52	24.60	22.83	0.306	1.361
21.18	25.22	21.47	0.292	1.381
21.16	25.03	21.88	0.713	3.370
18.83	26.01	19.85	1.025	5.444
17.82	26.13	19.62	1.796	10.075

Bağ kirişlerine ait, 105 joule kapasiteli tabanca ile çalışan numunelerden elde edilmiş olan verilere göre ortalama mutlak hata payı oranı  $\pm\%$  5.25 olarak bulunmuştur. Bağ kirişlerinde elde edilen genel sonuçlara bakıldığında anlamlı ilişkiler elde edilmiş

olsa bile bağ kirişlerinde elde edilen korelasyon değerlerinin kolon ve kirişlerde elde edilen korelasyon değerlerine göre daha düşük olmasının sebebi, bağ kirişlerinin yüzeylerinin przly olması ve yüzeylerin przly olmasına bağlı olarak çivi atışlarında sapmaların olmasına sebep olması gösterilebilir. ivi uygulamalarının yapıldığı yüzeyin pürüzsüz olması atış pozisyonunun doğru bir şekilde yapılmasını sağlamakta ve daha güvenilir penetrasyon derinliklerinin elde edilmesi sağlanmaktadır.







## 6. SONUÇ

Mevcut betonların basınç dayanımlarının çivi penetrasyon yöntemi ile belirlenmesi deneysel olarak araştırılmıştır. Yatay ve düşey doğrultuda ( $0^0$ ,  $90^0$  ve  $180^0$ ) olacak şekilde çalışmalar gerçekleştirilmiştir. Denede kullanılması için temel, kolon ve kirişten oluşan betonarme yapı hazırlanmıştır. Temel bölümünde çalışmalar 8, 18 ve 32 gün yaşlardaki betonarme numuneler üzerinde yapılmışken kolon ve kirişlerde ise çalışmalar 4, 14 ve 28 gün yaşlardaki betonarme numuneler üzerinde yapılmıştır. Biri 90 joule diğeri 105 joule gücüne sahip iki farklı güçteki çivi çakma tabancaları kullanılmıştır. Her tabanca temelde, kolonda ve kirişte kullanılarak çivi penetrasyonu ile beton basınç dayanımı arasındaki ilişkiler belirlenmiştir.

Temelde her iki tabanca ile toplamda 30 farklı bağ kirişi numunesi üzerindeki yapılan dört çalışmada betonun basınç dayanımı ile çivi penetrasyonu arasında 90 joule kapasiteli tabanca deneylerinde korelasyon kat sayısı 0.79 olan ve 105 joule kapasiteli tabanca deneylerinde korelasyon katsayısı 0.81 olan eğrisel ilişki tespit edilmiştir. Tespit edilen korelasyon değerlerinin kolon ve kiriş numunelerine göre daha düşük olmasının sebebi, bağ kirişi numunelerinin yüzeylerinin pürüzlü olması nedeniyle atışlar yapılırken sapmalara sebep olması olarak değerlendirilmiştir.

Kolonlarda, 90 joule kapasiteli tabanca ile yapılan çalışma neticesinde kolon betonu basınç dayanım değerleri ile çivi penetrasyonu arasında, %92 korelasyon bulunmuştur. 105 joule kapasiteli tabanca ile yapılan çalışmalar neticesinde ise basınç dayanımı ile çivi penetrasyonu arasında %95'lik bir korelasyon bulunmuştur. Kolonlarda tespit edilen yüksek korelasyon değerlerine karşılık mutlak hata oranları, 90 joule kapasiteli çivi çakma tabancasında  $\pm\%3.93$  olurken 105 joule kapasiteli çivi çakma tabancasında ise  $\pm\%2.27$  olarak bulunmuştur. Bu sonuçlara göre çivi penetrasyonu deneyi yöntemi, binaların ana taşıyıcıları olan kolonlar üzerinde uygulanabilir. Deney uygulaması yapılırken hataları en aza indirmek amacıyla yüzey temizlenmeli, tabanca yüzeye dik olarak konumlandırılmalı ve çivi sayısı artırılmalıdır.

Kiriş numunelerinde, 90 joule gücündeki çivi çakma tabancası ile elde edilen korelasyon %85 olurken, 105 joule kapasiteli çivi çakma tabancası ile elde edilen korelasyon % 89 bulunmuştur. Kirişlerdeki mutlak hata oranları 90 ve 105 joule kapasiteli

tabancalarda sırası ile  $\pm\%5.84$  ve  $\pm\%3.65$  olarak tespit edilmiştir. Tespit edilen bağlantılara göre kirişlerde basınç dayanımı, çivi penetrasyonu deneyi yöntemi ile belirlenmek istendiği zaman 105 joule gücündeki çivi çakma tabancasının kullanılması önerilmektedir.

Bağ kirişleri için 90 joule kapasiteli tabanca verileri ile elde edilen korelasyon değeri % 79 bulunurken bu değere karşılık mutlak hata payı  $\pm\% 7.07$  bulunmuştur. 105 joule kapasiteli tabancanın kullanıldığı numunelerden ise el edilen korelasyon değeri % 81 olurken buna karşılık mutlak hata oranının  $\pm\% 5.25$  olduğu tespit edilmiştir.

Sonuç olarak çivi penetrasyonu yöntemi kullanılarak, düşük beton dayanımlarına sahip kolon, kiriş ve bağ kirişlerinin beton dayanımlarının düşük hatalarla tespit edilebileceği yapılan çalışmalar neticesinde belirlenmiştir. Tahribatsız, kolay uygulanabilir ve çok düşük maliyetli bir yöntem olan çivi penetrasyon deneyinin kullanımı, mevcut binaların beton dayanımlarının belirlenmesinde kolay ve hızlı çözümler yapılmasına katkı sağlayacaktır.

## KAYNAKLAR

- Akçay, B., 2000. *İstanbul Binalarında Karot Yardımıyla Beton Nitelik Denetimi* (yüksek lisans tezi, basıldı). Kocaeli Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Kocaeli.
- ASTM C900-15, Standard Test Method for Pullout Strength of Hardened Concrete, <https://www.astm.org/index-b.html> ASTM International, West Conshohocken, PA, 2015.
- Bingöl, Ş., 2013. *Beton Basınç Dayanımının Birleştirilmiş Tahribatsız Yöntemlerle Belirlenmesi* (yüksek lisans tezi, basıldı). Gümüşhane Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Gümüşhane.
- Durmuş, M., 1996. *Yük Geçmiş Ve Donatının Beton Karot Numune Dayanımı Üzerindeki Etkiler* (yüksek lisans tezi, basıldı). KTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Erdal, M., 2002. *Beton Basınç Dayanımının Bazı Tahribatsız Test Yöntemleriyle Belirlenmesi* (yüksek lisans tezi, basıldı). Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Ergün, A., Kürklü, G., Mevcut betonarme yapılarda beton dayanımının belirlenmesi, *Deprem Sempozyumu*, 23-25 Mart 2005, Kocaeli. 817-820.
- İlhan, İ., 2000. Beton (Schmidt) çekici ne işe yarar, 7. *Türkiye Mühendislik Haberleri* sayı 410. İnşaat Mühendisleri Odası, 45/2000-6, Türkiye. 3.
- Mohajerani, A., Rodrigues, D., Ricciuti, C., Wilson, C., 2015. Early-Age strength measurement of shotcrete. *Journal of Materials*, **470160**, **10**.
- Kayabalı, K., Selçuk, L., 2010. Nail penetration test for determining the uniaxial compressive strength of rock. *International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences*, **47**: 265-271.
- Selçuk, L., Kayabalı, K., 2015. Evaluation of the unconfined compressive strength of rocks using nail guns. *Engineering Geology*, **195**: 164-171.
- Selçuk, L., Gökçe, H.S., Kayabalı, K., Şimşek, O., 2012. A nondestructive testing technique: nail penetration test. *Acı Structural Journal*, **109**: 246-250.



## ÖZGEÇMİŞ

Mehmet KOLTAŞ 1987 yılında Van'da doğdu. İlköğretimini Van Atatürk İlköğretim Okulu'nda, Lise eğitimini Van Şehit Koray Akoğuz Lisesi'nde bitirdi. 2004 yılında yerleştiği Isparta Süleyman Demirel Üniversitesi, Mühendislik-Mimarlık Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü'nü 2009 yılında bitirdi. Ardından Mart 2016 yılında Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı'nda Yüksek Lisans öğrenimine başladı.



T.C VAN YÜZÜNCÜ YIL ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ LİSANSÜSTÜ TEZ ORJİNALLİK RAPORU	
<b>Tarih:</b> 27/12/2018	
Tez Başlığı / Konusu: Mevcut Binaların Beton Dayanımının Çivi Penetrasyon Yöntemi İle Belirlenmesi	
<p>Yukarıda başlığı/konusu belirlenen tez çalışmamın Kapak sayfası, Giriş, Ana bölümler ve Sonuç bölümlerinden oluşan toplam 30 sayfalık kısmına ilişkin, 27/12/2018 tarihinde şahsım/tez danışmanım tarafından TURNITIN intihal tespit programından aşağıda belirtilen filtreleme uygulanarak alınmış olan orijinallik raporuna göre, tezin benzerlik oranı % 0 (Yüzde sıfır)' dir.</p> <p>Uygulanan filtreler aşağıda verilmiştir:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Kabul ve onay sayfası hariç,</li> <li>- Teşekkür hariç,</li> <li>- İçindekiler hariç,</li> <li>- Simge ve kısaltmalar hariç,</li> <li>- Gereç ve yöntemler hariç,</li> <li>- Kaynakça hariç,</li> <li>- Alıntılar hariç,</li> <li>- Tezden çıkan yayımlar hariç,</li> <li>- 7 kelimeden daha az örtüşme içeren metin kısımları hariç (Limit inatch size to 7 words)</li> </ul> <p>Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi Lisansüstü Tez Orijinallik Raporu Alınması ve Kullanılmasına İlişkin Yönergeyi inceledim ve bu yönergede belirtilen azami benzerlik oranlarına göre tez çalışmamın herhangi bir intihal içermediğini; aksinin tespit edileceği muhtemel durumda doğabilecek her türlü hukuki sorumluluğu kabul ettiğimi ve yukarıda vermiş olduğum bilgilerin doğru olduğunu beyan ederim.</p> <p>Gereğini bilgilerinize arz ederim.</p>	
<p>27.12.2018 Tarih ve İmza</p>	
<p>Adı Soyadı: Mehmet KOLTAS Öğrenci No: 159101136 Anabilim Dalı: İnşaat Mühendisliği Programı: İnşaat Mühendisliği Statüsü: Y. Lisans <input checked="" type="checkbox"/> Doktora <input type="checkbox"/></p>	
<p><b>DANIŞMAN ONAYI</b> UYGUNDUR Doç. Dr. Müccip TAPAN (Unvan, Ad Soyad, İmza)</p>	<p><b>ENSTİTÜ ONAYI</b> UYGUNDUR Prof. Dr. Suat GENSOY (Unvan, Ad Soyad, İmza)</p>