

T.C.
İSTANBUL AYDIN ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ



**BETONARMA KOLONLARIN DEPREM SONRASI SİSMİK
PERFORMANSININ TAHRİBATSIZ YÖNTEMLERLE İNCELENMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

UMUT ATAY

**İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı
İnşaat Mühendisliği Programı**

Temmuz 2019



T.C.
İSTANBUL AYDIN ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ



**BETONARMA KOLONLARIN DEPREM SONRASI SİSMİK
PERFORMANSININ TAHRİBATSIZ YÖNTEMLERLE İNCELENMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**UMUT ATAY
(Y1613.090007)**

**İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı
İnşaat Mühendisliği Programı**

Tez Danışmanı: Doç. Dr. Cem AYDEMİR

Temmuz 2019





T.C.
İSTANBUL AYDIN ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLER ENSTİTÜSÜ MÜDÜRLÜĞÜ

Yüksek Lisans Tez Onay Belgesi

Enstitümüz İnşaat Mühendisliği Ana Bilim Dalı İnşaat Mühendisliği Tezli Yüksek Lisans Programı **Y1613.090007** numaralı öğrencisi **UMUT ATAY**' ın "**BETONARME KOLONLARIN DEPREM SONRASI SİSMİK PERFORMANSININ TAHRİBATSIZ YÖNTEMLERLE İNCELENMESİ**" adlı tez çalışması Enstitümüz Yönetim Kurulunun 25.07.2019 tarih ve 2019/15 sayılı kararıyla oluşturulan jüri tarafından **ayr. w. p.** ile Tezli Yüksek Lisans tezi olarak **Kabul** edilmiştir.

Öğretim Üyesi Adı Soyadı

İmzası

Tez Savunma Tarihi : 31/07/2019

1) Tez Danışmanı: Doç. Dr. Cem AYDEMİR

2) Jüri Üyesi : Doç. Dr. Müberra ESER AYDEMİR

3) Jüri Üyesi : Prof. Dr. Güray ARSLAN

.....
.....
.....

Not: Öğrencinin Tez savunmasında **Başarılı** olması halinde bu form **imzalanacaktır**. Aksi halde geçersizdir.



YEMİN METNİ

Yüksek Yüksek Lisans tezi olarak sunduğum “Betonarme Kolonların Deprem Sonrası Sismik Performansının Tahribatsız Yöntemlerle İncelenmesi” adlı çalışmamın, tezin proje safhasından sonuçlanmasına kadarki bütün süreçlerde bilimsel ahlak ve geleneklere aykırı düşecek bir yardıma başvurulmaksızın yazıldığını ve yararlandığım eserlerin Bibliyografya’da gösterilenlerden oluştuğunu, bunlara atıf yapılarak yararlanılmış olduğunu belirtir ve onurumla beyan ederim.(31/07/2019)

UMUT ATAY







Anneme ve Babama ve Kız Kardeşime



ÖNSÖZ

Yüksek lisans tezimin başlangıcından sonuna kadar her zaman yardımcı oldukları ve desteklerinden ötürü çok değerli hocalarıma Doç. Dr. Cem AYDEMİR'e, Doç. Dr. Müberra ESER AYDEMİR'e; arkadaşlarım Ahmet Çağatay TAHAOĞLU, Fatih MALKOÇ, Hüseyin TEKİN ve Ümit EVLİYAOĞLU verdikleri emekler için sonsuz teşekkür eder saygılarımı sunarım.

Temmuz 2019

Umut ATAY
(İnşaat Mühendisi)





İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖNSÖZ	ix
İÇİNDEKİLER	xi
KISALTMALAR	xiii
ÇİZELGE LİSTESİ	xv
ŞEKİL LİSTESİ	xvii
1. GİRİŞ	1
1.1 Çalışmanın Kapsamı.....	4
1.2 Çalışmanın Amacı.....	4
1.3 Literatür Araştırması.....	6
2. İNCELENEN YAPISAL SİSTEM	9
2.1 İncelenen Kolonun Genel Özellikleri.....	9
3. YÖNTEM	13
3.1 Ultrasonik Puls Hız Ölçümleri.....	13
3.2 LDTVT İle Ölçümler.....	16
4. ANALİZ SONUÇLARI	19
4.1 Akma, Ezilme ve Belirgin Kabul Akma Anında Kolonlardaki Ses Geçiş Hızları.....	19
4.1.1 S45035 kolonu.....	19
4.1.2 S45020 Kolonu.....	24
4.1.3 S45010 Kolonu.....	28
4.1.4 S45020b Kolon.....	33
4.1.5 S45010b Kolonu.....	37
4.1.6 S35020 Kolonu.....	42
4.1.7 S35010 Kolonu.....	47
4.2 Kolonlardaki 3 Farklı Kotta Ölçülen Hız Değerlerinin Ötelemeye Göre Değişimi.....	51
4.2.1 S45020 Kolonu.....	51
4.2.2 S45010 Kolonu.....	53
4.2.3 S45010b Kolonu.....	55
4.2.4 S45010b Kolonu.....	57
4.2.5 S35020 Kolonu.....	59
4.2.6 S35010 Kolonu.....	61
4.2.7 S45035 Kolonu.....	63
4.3 Kolonlardaki Ses Geçiş Hızlarındaki Değişimin Karşılaştırılması.....	65
4.4 Akma, Ezilme ve Belirgin Kabuk Akma Esnasında Kolonlardaki Ölçülen Ses Geçiş Hızlarının Karşılaştırılması.....	67
5. SONUÇ VE ÖNERİLER	72
KAYNAKLAR	74
ÖZGEÇMİŞ	76



KISALTMALAR

LDVT	: Doğrusal Değişken Fark Transformatörü
E_c	: Beton Elastisite Modülü
E_s	: Donatı Çeliğinin Elastisite Modülü
f_{ck}	: Betonun Karakteristik Silindir Basınç Dayanımı
f_{yk}	: Donatı Çeliğinin Karakteristik Akma Dayanımı
AHY	: Ağırlıklı Hasar Yüzdesi
WPPT	: Windsor Probe Penetrasyon Testi
EN 13 791	: Türk Standartı
C	: Beton Sınıfı
V	: Ultra Ses Geçiş Hızı



ÇİZELGE LİSTESİ

Sayfa

Çizelge 1.1: Hasar Limit Durumunun Görsel Gözleme İlişkisi.....	5
Çizelge 2.1: Numune bilgileri.....	10
Çizelge 3.1: Ultra ses cihazıyla yapılan ölçüm sonuçları	15
Çizelge 4.1: S45035 kolonunun ezilme anında kotlardaki hız değerleri.....	19
Çizelge 4.2: S45035 kolonunun belirgin kabuk akma anında kotlardaki hız değerleri	21
Çizelge 4.3: S45035 kolonunun burkulma anında kotlardaki hız değerleri	22
Çizelge 4.4: S45020 kolonunun ezilme anında kotlardaki hız değerleri.....	24
Çizelge 4.5: S45020 kolonunun ezilme anında kotlardaki hız değerleri.....	25
Çizelge 4.6: S45020 kolonunun belirgin kabuk akma anında kotlardaki hız değerleri	27
Çizelge 4.7: S45010 kolonunun akma anında kotlardaki hız değerleri.....	28
Çizelge 4.8: S45010 kolonunun ezilme anında kotlardaki hız değerleri.....	30
Çizelge 4.9: S45010 kolonunun belirgin kabuk akma anında kotlardaki hız değerleri	31
Çizelge 4.10: S45020b kolonunun akma anında kotlardaki hız değerleri.....	33
Çizelge 4.11: S45020b kolonunun ezilme anında kotlardaki hız değerleri.....	34
Çizelge 4.12: S45020b kolonunun belirgin kabuk akma anında kotlardaki hız değerleri.....	36
Çizelge 4.13: S45010b kolonunun akma anında kotlardaki hız değerleri.....	37
Çizelge 4.14: S45010b kolonunun ezilme anında kotlardaki hız değerleri.....	39
Çizelge 4.15: S45010b kolonunun belirgin kabuk akma anında kotlardaki hız değerleri.....	40
Çizelge 4.16: S45010b kolonunun burkulma anında kotlardaki hız değerleri.....	41
Çizelge 4.17: S35020 kolonunun akma anında kotlardaki hız değerleri.....	43
Çizelge 4.18: S35020 kolonunun ezilme anında kotlardaki hız değerleri.....	44
Çizelge 4.19: S35020 kolonunun belirgin kabuk akma anında kotlardaki hız değerleri	45
Çizelge 4.20: S35010 kolonunun akma anında kotlardaki hız değerleri.....	47
Çizelge 4.21: S35010 kolonunun ezilme anında kotlardaki hız değerleri.....	48
Çizelge 4.22: S35010 kolonunun belirgin kabuk akma anında kotlardaki hız değerleri	50
Çizelge 4.23: S45020 kolonunun + öteleme değerleri	51
Çizelge 4.24: S45020 kolonunun - öteleme değerleri	51
Çizelge 4.25: S45010 kolonunun + öteleme değerleri	53
Çizelge 4.26: S45010 kolonunun - öteleme değerleri	53
Çizelge 4.27: S45020b kolonunun + öteleme değerleri	55
Çizelge 4.28: S45020b kolonunun - öteleme değerleri	55
Çizelge 4.29: S45010b kolonunun + öteleme değerleri	57
Çizelge 4.30: S45010b kolonunun - öteleme değerleri	57

Çizelge 4.31: S35020 kolonunun + öteleme değerleri.....	59
Çizelge 4.32: S35020 kolonunun - öteleme değerleri.....	59
Çizelge 4.33: S35010 kolonunun + öteleme değerleri.....	61
Çizelge 4.34: S35010 kolonunun - öteleme değerleri.....	61
Çizelge 4.35: S45035 kolonunun + öteleme değerleri.....	63
Çizelge 4.36: S45035 kolonunun - öteleme değerleri.....	63
Çizelge 4.37: Ses geçiş hızlarındaki değişimin tablosu	65
Çizelge 4.38: Akma durumunda hız değerleri ve hız oranları tablosu.....	67
Çizelge 4.39: Ezilme durumunda hız değerleri ve hız oranları tablosu	68
Çizelge 4.40: Belirgin kabuk akma durumunda hız değerleri ve hız oranları tablosu	70



ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 1.1: Deprem sonrası oluşan hatalar [3]	1
Şekil 1.2: Hasar tablosu	6
Şekil 2.1: Deney numunesinin geometrisi ve donatı detayı	10
Şekil 3.1: Ultra ses Cihazı[10]	13
Şekil 3.2: Ölçüm yöntemleri [11].....	14
Şekil 3.3: Ultra ses cihazıyla yapılan ölçümler.....	15
Şekil 3.4: LVDT cihazı[14]	16
Şekil 3.5: LVDT ile yapılan ölçümler	17
Şekil 4.1: S45035 Yükseklik-Hız grafiği.....	20
Şekil 4.2: S45035 Hız ölçüm kotu/L – Hız oranı grafiği.....	20
Şekil 4.3: S45035 Yükseklik-Hız grafiği.....	21
Şekil 4.4: S45035 Hız ölçüm kotu/L – Hız oranı grafiği.....	22
Şekil 4.5: S45035 Yükseklik-Hız grafiği.....	23
Şekil 4.6: S45035 Hız ölçüm kotu/L – Hız oranı grafiği.....	23
Şekil 4.7: S45020 Yükseklik-Hız grafiği.....	24
Şekil 4.8: S45020 Hız ölçüm kotu/L – Hız oranı grafiği.....	25
Şekil 4.9: S45020 Yükseklik-Hız grafiği.....	26
Şekil 4.10: S45020 Hız ölçüm kotu/L – Hız oranı grafiği.....	26
Şekil 4.11: S45020 Hız ölçüm kotu/L – Hız oranı grafiği.....	27
Şekil 4.12: S45020 Yükseklik-Hız grafiği.....	28
Şekil 4.13: S45010 Hız ölçüm kotu/L – Hız oranı grafiği.....	29
Şekil 4.14: S45010 Yükseklik-Hız grafiği.....	29
Şekil 4.15: S45010 Yükseklik-Hız grafiği.....	30
Şekil 4.16: S45010 Hız ölçüm kotu/L – Hız oranı grafiği.....	31
Şekil 4.17: S45010 Yükseklik-Hız grafiği.....	32
Şekil 4.18: S45010 Hız ölçüm kotu/L – Hız oranı grafiği.....	32
Şekil 4.19: S45020b Yükseklik-Hız grafiği.....	33
Şekil 4.20: S45020b Hız ölçüm kotu/L – Hız oranı grafiği.....	34
Şekil 4.21: S45020b Hız ölçüm kotu/L – Hız oranı grafiği.....	35
Şekil 4.22: S45020b Yükseklik-Hız grafiği.....	35
Şekil 4.23: S45020b Yükseklik-Hız grafiği.....	36
Şekil 4.24: S45020b Hız ölçüm kotu/L – Hız oranı grafiği.....	37
Şekil 4.25: S45010b Yükseklik-Hız grafiği.....	38
Şekil 4.26: S45010b Hız ölçüm kotu/L – Hız oranı grafiği.....	38
Şekil 4.27: S45010b Yükseklik-Hız grafiği.....	39
Şekil 4.28: S45010b Hız ölçüm kotu/L – Hız oranı grafiği.....	40
Şekil 4.29: S45010b Yükseklik-Hız grafiği.....	40
Şekil 4.30: S45010b Hız ölçüm kotu/L – Hız oranı grafiği.....	41
Şekil 4.31: S45010b Yükseklik-Hız grafiği.....	42
Şekil 4.32: S45010b Hız ölçüm kotu/L – Hız oranı grafiği.....	42

Şekil 4.33: S35020 Yükseklik-Hız grafiği	43
Şekil 4.34: S35020 Hız ölçüm kotu/L – Hız oranı grafiği	43
Şekil 4.35: S35020 Yükseklik-Hız grafiği	44
Şekil 4.36: S35020 Hız ölçüm kotu/L – Hız oranı grafiği	45
Şekil 4.37: S35020 Yükseklik-Hız grafiği	46
Şekil 4.38: S35020 Hız ölçüm kotu/L – Hız oranı grafiği	46
Şekil 4.39: S35010 Yükseklik-Hız grafiği	47
Şekil 4.40: S35010 Hız ölçüm kotu/L – Hız oranı grafiği	48
Şekil 4.41: S35010 Yükseklik-Hız grafiği	49
Şekil 4.42: S35010 Hız ölçüm kotu/L – Hız oranı grafiği	49
Şekil 4.43: S35010 Yükseklik-Hız grafiği	50
Şekil 4.44: S35010 Hız ölçüm kotu/L – Hız oranı grafiği	51
Şekil 4.45: S45020 Δ istemi – hız oranı grafiği.....	52
Şekil 4.46: S45020 Δ istemi – hız oranı grafiği.....	52
Şekil 4.47: S45020 Δ istemi – hız oranı grafiği.....	53
Şekil 4.48: S45010 Δ istemi – hız oranı grafiği.....	54
Şekil 4.49: S45010 Δ istemi – hız oranı grafiği.....	54
Şekil 4.50: S45010 kolonu Δ istemi – hız oranı grafiği.....	55
Şekil 4.51: S45020b kolonu Δ istemi – hız oranı grafiği.....	56
Şekil 4.52: S45020b kolonu Δ istemi – hız oranı grafiği.....	56
Şekil 4.53: S45020b kolonu Δ istemi – hız oranı grafiği.....	57
Şekil 4.54: S45010b kolonu Δ istemi – hız oranı grafiği.....	58
Şekil 4.55: S45010b kolonu Δ istemi – hız oranı grafiği.....	58
Şekil 4.56: S45010b kolonu Δ istemi – hız oranı grafiği.....	59
Şekil 4.57: S35020 kolonu Δ istemi – hız oranı grafiği.....	60
Şekil 4.58: S35020 kolonu Δ istemi – hız oranı grafiği.....	60
Şekil 4.59: S45010 kolonu Δ istemi – hız oranı grafiği.....	61
Şekil 4.60: S35010 kolonu Δ istemi – hız oranı grafiği.....	62
Şekil 4.61: S35010 kolonu Δ istemi – hız oranı grafiği.....	62
Şekil 4.62: S35010 kolonu Δ istemi – hız oranı grafiği.....	63
Şekil 4.63: S45035 kolonu Δ istemi + hız oranı grafiği.....	64
Şekil 4.64: S45035 kolonu Δ istemi – hız oranı grafiği.....	64
Şekil 4.65: S45035 kolonu Δ istemi \pm hız oranı grafiği.....	65
Şekil 4.66: Hız oranı – Hasar oranı grafiği	66
Şekil 4.67: Yükseklik-Hız grafiği.....	67
Şekil 4.68: Hız ölçüm kotu/L – Hız oranı grafiği.....	68
Şekil 4.69: Yükseklik-Hız grafiği.....	69
Şekil 4.70: Hız ölçüm kotu/L – Hız oranı grafiği.....	69
Şekil 4.71: Yükseklik-Hız grafiği.....	70
Şekil 4.72: Hız ölçüm kotu/L – Hız oranı grafiği.....	71

BETONARME KOLONLARIN DEPREM SONRASI SİSMİK PERFORMANSININ TAHRİBATSIZ YÖNTEMLERLE İNCELENMESİ

ÖZET

Yapılan bu çalışmada deprem sonrası sismik performansının tahribatsız yöntemlerle hesaplanması amaçlanmıştır. Bu amaç doğrultusunda farklı betonarme kolonlara uygulanan farklı yükler altındaki davranışlarının analizi yapılmıştır. Çalışmada, 7 farklı betonarme kolon numunesinin farklı yükler altındaki zamanla değişen performansları cihazlarla kayıt altına alınmıştır. Ultra ses cihazı ile kolonların iki ucu arasındaki ses geçiş hızları ölçülüp excel programı üzerinde grafiklendirilmiştir. Yapılan deneyler sonucu tespit edilen akma, ezilme ve belirgin ezilme durumları ile ses geçiş hızları arasındaki bağlantılar excel programında incelenmiş olup grafik haline getirilmiştir.

Anahtar Kelimeler: *Ultra ses cihazı, sismik performans, akma, ezilme, ses geçiş hızları.*



ANALYSING OF THE SEISMIC PERFORMANCE OF REINFORCED CONCRETE COLUMNS BY EARTHQUAKE

ABSTRACT

The purpose of this study is calculating the seismic performance after an earthquake with undamaging methods. Within this purpose, the actions under different forces that are applied to different concrete columns are analysed. In this study, the performances of 7 different concrete columns are recorded and these performances differ gradually based on different forces that are applied. Sound movement speed between the two edges of the columns are calculated with an ultra sound device and the graphics are shown on the excel programme. The connections between flow, crushing and apparent crushing conditions and sound transition velocities determined as a result of the experiments were examined in excel program and graphed.

Keywords: *ultra sound device, seismic performance, flowing, crushing, sound movement speeds.*



1. GİRİŞ

Yerkabuğundaki kırılmalar nedeniyle ani ortaya çıkan titreşimlerin dalgalar halinde yayılarak geçtikleri ortamları sarsma olayına deprem denir. Dünya üzerinde en çok can ve mal kaybına sebep olan doğal felaketlerin başında deprem gelmektedir [1]. Ülkemizde kullanılan deprem yönetmeliğine göre binaların deprem sırasında hasar alması ama yıkılmaması kabul edilebilir sınırlar içerisinde. Bu yüzden gerçekleşen deprem sonrasında binaların kolonlarında çatlaklar oluşması beklenen bir durumdur. Taşıyıcı elemanlarda hasar tespitinin yapılması sayesinde, bu elemanlarda deprem sonrasında oluşacak hasar sınıfı belirlenir. Belirlenen hasar sınıfına göre iyileştirme yöntemlerinden hangisinin uygulanacağı ya da binanın kullanılmayacak halde olmasına karar verilir [2].



Şekil 1.1: Deprem sonrası oluşan hatalar [3]

Deprem sonrası hasarlı binalarda ilk olarak yapılacak işlemlerin ilki, gözle yapılan tespitler ve anında alınması gereken önlemler, yapının boşaltılması ya da bazı bölümlerin askıya alınmasıdır. Taşıyıcı ve taşıyıcı olmayan elemanların üzerindeki her türlü hasarın fotoğraf ya da kroki olarak kağıda geçirilmesi, çatlakların genişliğinin ölçülmesi ve işaretlenmesi, bunların yerinin daha sonra

karişmaması için işaretlenmesi bir sonraki adımdır. Düşey elemanlardaki kalıcı yatay ötelemeler vedüşeyden sapmaların ölçülmesi, yatay elemanlardaki düzeçten uzaklaşmalar ve düşey deformasyon ve sehimler ölçülür. Yapı elemanlarının boyutlarının projesinde öngörülenden farklı yapılmış olması durumunda gerçek kesit ve boyutları ölçülerek belirlenir. Yapıdan malzeme örnekleri alınarak bunların dayanım ve gerilim-birim deformasyon özellikleri belirlenir. Gerektiğinde betonarme yapılarda donatıların üstündeki beton örtü kaldırılarak donatının yeri, çap ve miktarı belirlenir. Yapının deprem ya da hasar öncesi durumu hakkında bilgi toplanması, özellikle hangi koşullarda yapıldığı, daha önce deprem etkisinde kalıp kalmadığı, önceki hasar, onarım ve değişiklikler belirlenmelidir. Yapının dinamik özelliklerinin, doğal periyot ve sönüm oranı, ölçülmesi, yapı elemanlarına statik yükleme deneyleri yapılmalıdır.

Yapı çevresindeki zeminin özelliklerinin saptanması, bunun için gereken sondaj, ölçme ve benzeri işlemler yapılmalıdır. Son olarak da yakın çevredeki benzer yapılar karşılaştırma amacıyla incelenmelidir [4].

Tüm yapı türlerinde hasar görmüş olan her türlü yapı elemanları beş hasar seviyesinde incelenir. Bu sınıflandırmaların tanımı ve etkili hasar puanları aşağıda verilmiştir.

O. Hasarsız 0.00

A. Az Hasarlı 0.15

B. Orta Hasarlı 0.35

C. Ağır Hasarlı 0.65

D. Yıkık 1.00

Düşey taşıyıcı elemanların en kesit alanlarından yararlanılarak aşağıdaki bağıntı kullanılarak Düşey Taşıyıcı Elemanların Ağırlıklı Hasar Yüzdesi (Düşey AHY) hesaplanır. Bağıntıda yer alan O, A, B, C ve D, betonarme ve yığma yapılar için ilgili hasar seviyesindeki düşey elemanların alanlarını göstermektedir.

Düşey AHY

$$= \frac{[A * 0.15 + B * 0.35 + C * 0.65 + D * 1.00] * 100}{O + A + B + C + D}$$

Yatay taşıyıcı elemanların en kesit alanlarından yararlanılarak aşağıdaki bağıntı kullanılarak Yatay Taşıyıcı Elemanların Ağırlıklı Hasar Yüzdesi (Yatay AHY) hesaplanır.

$$\text{Yatay AHY} = \frac{[KC * 0,65 + KD * 1,00] * 100}{KO + KA + KB + KC + KD}$$

Bağıntıda yer alan KO, KA, KB, KC ve KD, ilgili hasar seviyesindeki yatay elemanların sayılarını göstermektedir.

Hesaplanan Düşey AHY ve Yatay AHY değerleri;

- Düşey AHY %0 ve %20 arasında ise ve/veya Yatay AHY %0 ve %75 arasında ise yapı AZ HASARLI,
- Düşey AHY %20 ve %50 arasında ise veya Yatay AHY %75 ve daha büyük ise yapı ORTA HASARLI,
- Düşey AHY %20 - %50 arasında ise ve Yatay AHY %75 ve daha büyük ise yapı AĞIR HASARLI,
- Düşey AHY %50 ve daha büyük ise yapı AĞIR HASARLI, olarak sınıflandırılır [5].

Hasar tespit yöntemleri; tahribat yaratan yöntemler ve tahribatsız yöntemler olarak ikiye ayrılırlar. Tahribat yaratan yöntem deprem sonrası binadan numune (karot) alınmasıdır.

Tahribatsız yöntemler;

- Görsel gözlem,
- Beton içindeki demirlerin potansiyel korozyonunun belirlenmesi için kullanılan elektrik potansiyel yöntemi,
- Betonun yüzeysel sertliğinin değerlendirilmesi amacıyla Schmidt çekici testi,
- Beton içinde suyun akışını ölçmek için kullanılan Permeabilite Testi,
- Betonun içindeki demirlerin yerlerinin belirlenmesi için Covermeter Testi,
- Radyografik Testi,

- Betonun basınç mukavemetini test etmek amacıyla betonun ses hızının ölçümüne dayanan Ultrasonik puls hız ölçümleri,
- Yer radarı ölçümleri,
- Infrared Termografi ölçümleri gibi bazı tipik uygulama yöntemleri kullanılmaktadır [1].

1.1 Çalışmanın Kapsamı

Yapılan çalışmanın birinci kısmında çalışma ile ilgili genel bilgiler konu hakkında giriş yapılmaktadır. Daha önceden yapılmış bazı çalışmaların literatür tarama sonuçları verilmiştir.

İkinci kısmında ise yapı ile ilgili genel bilgiler verilmiştir. Çalışmada incelenen kolonların kesit ve donatı detayları verilmiştir.

Üçüncü adımda yapılan çalışmada kullanılan yöntemler ve bu yöntemlerde kullanılan terminolojik kavramların tanıtımı yapılmaktadır.

Dördüncü adımda kolonlara yatay yük etki ettirerek akma, ezilme ve belirgin kabuk akma durumları hesaplanarak çözümlenmiştir.

Beşinci ve son bölümde ise tez kapsamında ele alınan betonarme kolonların deprem sonrası sismik performansının analizi ve sonuçlarıyla ilgili değerlendirme yapılmıştır.

1.2 Çalışmanın Amacı

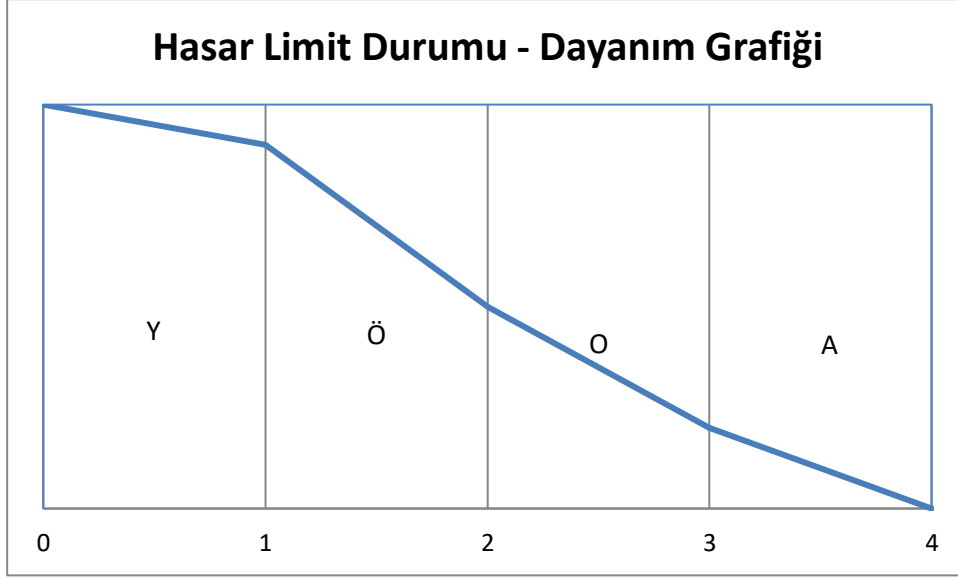
Bu çalışmada deprem sonrası sismik performansının tahribatsız yöntemlerle hesaplanması amaçlanmıştır. Bu amaç doğrultusunda farklı betonarme kolonlara uygulanan farklı yükler altındaki davranışlarının analizi yapılmıştır. Çalışmada, 7 farklı betonarme kolon numunesinin farklı yükler altındaki zamanla değişen performansları cihazlarla kayıt altına alınmıştır. Ultra ses cihazı ile kolonların iki ucu arasındaki ses geçiş hızları ölçülüp excel programı üzerinde grafiklendirilmiştir. Deprem esnasında gerçekleşen ötelemelerden sonra betonarme yapı elemanı dışarıdan bakıldığında eskisi gibi gözükse de artık bu yapıda kalıcı şekil değiştirmeler meydana gelmiştir. Donatıda burkulma

gerçekleşse bile bu durum yatay etki ortadan kalktığına bazen dışarıdan bakıldığında gözlemlenemeyebilir. Bu gibi durumlarda yapı elemanlarında oluşan hasarın mertebesini gözle görülemezse bile tespit edilmelidir. Burkulma gerçekleşmiş yapı elemanları taşıma özelliğini yitirdiğinden bu tespit çok önem taşımaktadır.

Bu çalışmada betonarme kolonların deprem sonrası sismik performansının tahribatsız yöntemlerle incelenmesi tanıtılacaktır. Bu çalışmada kullanılan tahribatsız yöntem ultra ses geçiş hızı olup, farklı öteleme ve basınç durumları altındaki ses geçiş hızları ölçülmüştür. Bu ölçümler sonucunda hasarsız durum ve akma ezilme ve belirgin ezilme durumları esnasındaki ses geçiş hızlarındaki değişim ve bu değişimlerden elde edilen sonuçlar irdelenecektir.

Çizelge 1.1: Hasar Limit Durumunun Görsel Gözlemle İlişkisi

Hasar Göstergesi	Hasar Sınıfı	Tanım	Testlere Dayalı Görsel Gözlem
Y	Yok	Gözle görülür bir hasar yok	Görülür çatlak yok
Ö	Önemsiz	Hasar estetik onarımdan fazlasını gerektirmez. Yapısal onarıma gerek yok	Küçük yüzey çatlakları, açığa çıkmış donatı yok.
O	Orta Dereceli	Tamir edilebilir hasar meydana geldi. Yıkılma ve yenileme olmadan tamir edilebilir hasar.	Aşırı yüzey çatlakları, Açığa çıkmış donatı, Boyuna donatılarda bükülme yok
A	Ağır	Hasar o kadar büyük ki, elemanların onarımı mümkün değildir veya büyük bir yıkım ya da değiştirme gerektirmektedir.	Boyuna donatılarda bükülme



Şekil 1.2: Hasar tablosu

Şekil 1.1’de gösterilen hasar göstergelerinin temsil ettiği hasar sınıfları Çizelge 1.1’de açıklanmıştır.

- 1: Akma Durumu
- 2: Ezilme Durumu
- 3: Belirgin Kabuk Akma Durumu
- 4: Burkulma Durumundaki sınırları temsil etmektedir.

1.3 Literatür Araştırması

Arıöz (2004) Bu çalışmada farklı beton karışımlarından üretilen beton numuneler üzerinde standart silindir ve küp basınç dayanımı testleri, karot dayanımı testleri yapılmış, ses üstü atım hızı, beton çekici, çekip çıkarma ve beton olgunluk yöntemleri kullanılmıştır, elde edilen sonuçlar beton dayanımlarının imalat esnasında ve sonrasında en uygun şekilde belirlenebilmesi analiz edilmiştir.[2].

Erdal (2002) Bu çalışmanın amacı; Amerika’da ve Avrupa ülkelerinde yaygın olarak kullanılan fakat ülkemizde henüz yeterince tanınmayan tahribatsız deney metodlarından, Windsor Probe Penetrasyon Testi (WPPT) ile betonun basınç dayanımını belirlemektir. Ayrıca, belirlenen basınç dayanımı değerlerini diğer bazı tahribatsız deney metodları ve karot numunelerinden elde edilen basınç dayanımı değerleriyle karşılaştırmaktır. Sonuç olarak, karot numunelerin preste

kırılmasıyla elde edilen basınç dayanımlarını, WPPT ortalama % 2.5 yaklaşıklıkla belirlemiştir. Bu yaklaşıklık Schmidt çekicinde % 5.4, bileşik metotta ise % 3.5'dir [3].

Uyanık, Gülay ve Tezcan (2012) yapılan çalışmada betonun V_p – ultrases boyuna dalga hızını, ultrason âleti ile ölçerek, beton dayanımının nasıl tayin edildiği, ayrıntıları ile anlatılmıştır. Ayrıca, EN 13 791 Avrupa Normunda önerilen ve ultrason hızı ile beton dayanımı arasındaki ilişkiyi veren eğrinin yetersizliğine işaret edilmiştir. [4].





2. İNCELENEN YAPISAL SİSTEM

Bu bölümde 7 farklı betonarme kolona farklı yükler uygulanmış olup, bu yükler altındaki davranışları LDVT ekipmanları ve Ultra ses cihazı ile kayıt altına alınmıştır. Bu veriler excel programı yardımıyla incelenmiş olup betonarme yapıların deprem sonrasındaki performanslarını hasarsız tespit edebilmek amaçlanmıştır. Sonuçların karşılaştırılması sırasında dikkate alınan parametreler;

- Akma
- Ezilme
- Belirgin kabuk akma
- Burkulma
- Ses geçiş hızları
- Kirişlerdeki kesme kuvvetidir.

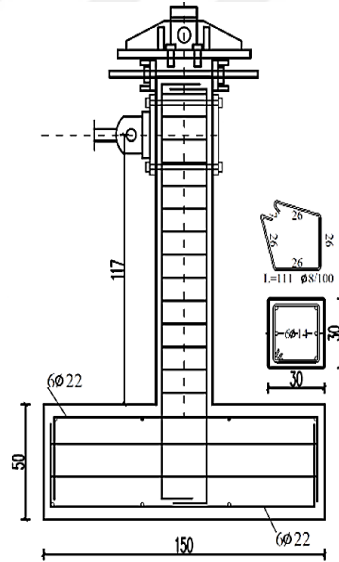
2.1 İncelenen Kolonun Genel Özellikleri

Yapılan çalışmada ele alınan betonarme kolonlar 1,17 metre yüksekliğinde olup 0,30 metre genişlik ve derinliğe sahiptir. Yapılan kolonların beton sınıfı C30'dur. Boyuna donatı olarak 6 adet 14mm çapında donatılar kullanılmış olup, boyuna donatı oranı 0,0103'tür. Enine donatı olarak 10cm aralıklarla 8mm çapında etriye kullanılmıştır. Tasarlanan Betonarme kolonların beton sınıfı C30 olup, donatı akma dayanımları 420 MPa'dır.

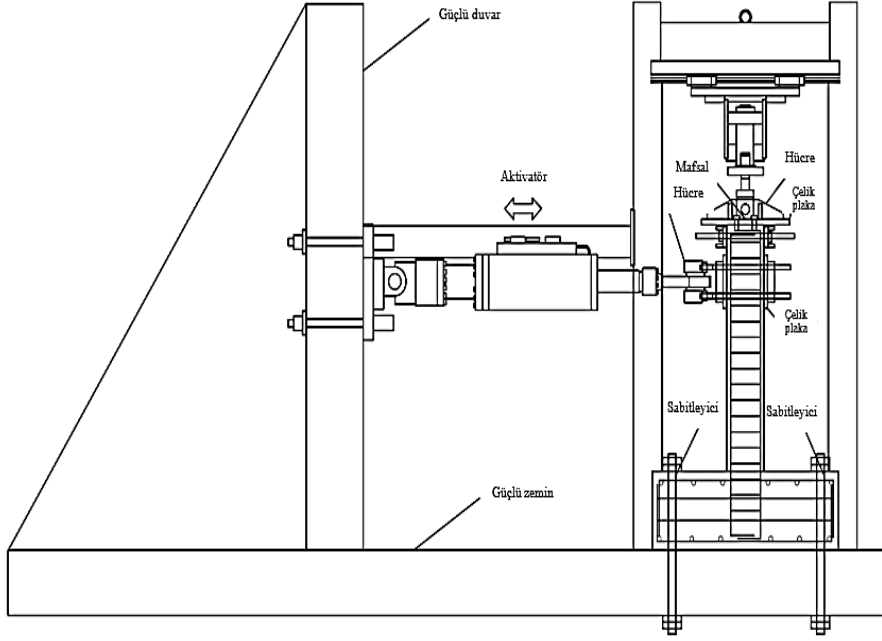
Çizelge 2.1: Numune bilgileri

Numune adı	Karakteristik Malzeme Dayanımları		Boyuna Donatı		Enine Donatı		Kesme Açıklığı	Eksenel Yük
	f_{ck} (MPa)	f_{yk} (MPa)	Adet/Çap	ρ_l	Çap/Aralık	ρ_h		
S35035	30	420	6 ϕ 14	0.01	ϕ 8/10	0.008	3.5	0.35
S35020	30	420	6 ϕ 14	0.01	ϕ 8/10	0.008	3.5	0.20
S35010	30	420	6 ϕ 14	0.01	ϕ 8/10	0.008	3.5	0.10
S45035	30	420	6 ϕ 14	0.01	ϕ 8/10	0.008	4.5	0.35
S45020	30	420	6 ϕ 14	0.01	ϕ 8/10	0.008	4.5	0.20
S45010	30	420	6 ϕ 14	0.01	ϕ 8/10	0.008	4.5	0.10
S45010b	30	420	6 ϕ 14	0.01	ϕ 8/15	0.005	4.5	0.10

Numune adları belirlenirken kullanılan yöntem şu şekildedir. Numune adındaki ilk 3 rakam numunedeki kesme oranının 100 katını, numune adındaki son iki rakam ise numunedeki eksenel yük düzeyinin 100 katını temsil etmektedir. S45010b kolonu için; kesme oranı 4.5, eksenel yükü 0.10 olup sondaki b harfi ise aynı kesme oranı ve eksenel yüke sahip ikinci numune olduğunu ifade etmektedir.



Şekil 2.1: Deney numunesinin geometrisi ve donatı detayı



Şekil 2.2: Test düzeni



3. YÖNTEM

3.1 Ultrasonik Puls Hız Ölçümleri

Ultrasonik test cihazı, alıcı ve verici arasında oluşturulan ultrasonik ses dalgalarının beton içerisindeki geçiş süresinin belirlenmesi esasına dayanır. Bu hasarsız yöntem, çok sayıda nokta üzerinden okuma yapılabilmesi, zamandan tasarruf sağlanması ve taşıyıcı elemanlara zarar vermemesi açısından tercih edilir.

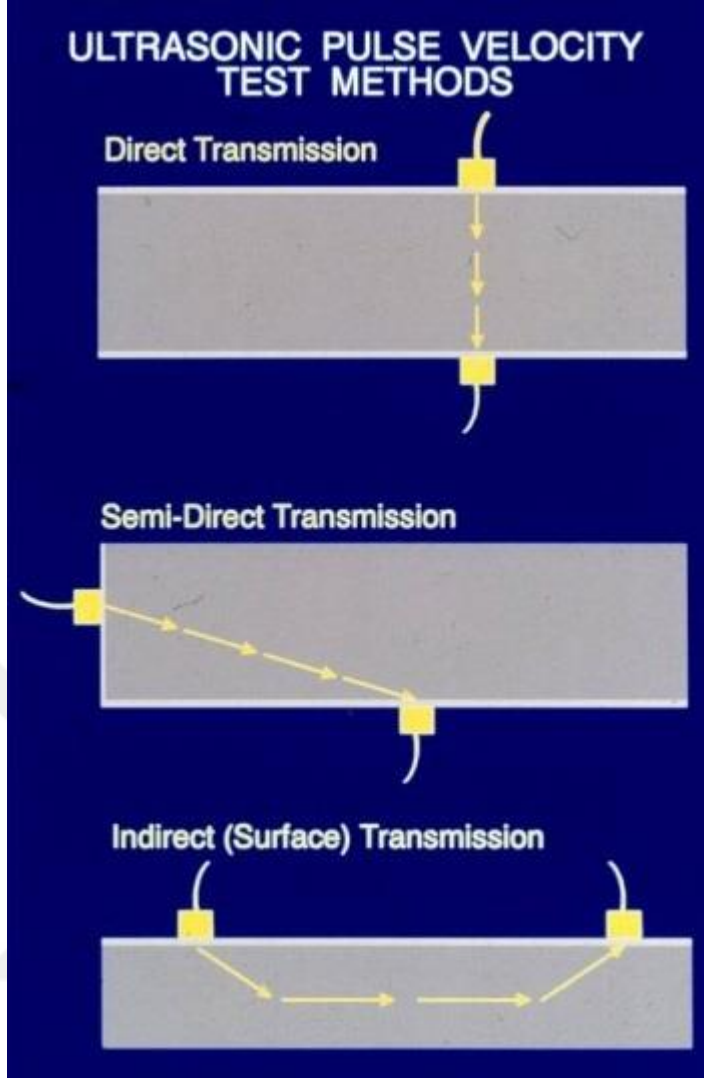
Ultra-ses dalgalarının betonda yayılma hızları ölçülerek;

- Betonun homojenliği
- Betonda kusur, çatlak vb.
- Elastisite modülü
- Beton dayanımı hakkında veriler elde edilebiliriz.



Şekil 3.1: Ultra ses Cihazı[6]

Ölçüm yöntemleri; direkt ölçüm, yarı direkt ölçüm ve indirekt ölçümdür.



Şekil 3.2: Ölçüm yöntemleri [7]

Direkt ölçüm; alıcı ve verici, test edilecek beton elemanın birbirine paralel yüzeylerine yerleştirilerek ses dalgasının geçiş süresi ve hızı ölçülür [8].



Şekil 3.3: Ultra ses cihazıyla yapılan ölçümler

Betonarme elemana uygulanan itme ve çekme kuvvetlerinin maksimum ve yüklemenin sıfır olduğu anlarda, betonarme elemanın 5 farklı noktasından ultra ses cihazıyla direkt ölçümler yapıldı. Farklı basınç ve etriye aralıkları altında ultra ses cihazından gönderilen ses dalgaları farklı noktalarda ölçülerek ses dalgasının hızı ve varış süreleri ölçülmüştür.

Çizelge 3.1: Ultra ses cihazıyla yapılan ölçüm sonuçları

Yükleme	Ultrasonik Ses Geçiş Hızı(m/sn) ve Süresi(μ s)									
	1		2		3		4		5	
Düşey Yük=0	4513	66,7	4401	68,4	3854	78,1	3844	78,3	3352	89,8
Düşey Yükten Sonra	4325	69,6	4331	69,5	3730	80,7	4222	71,3	4192	71,8
(+)2 mm	3758	80,1	4288	70,2	3716	81	4204	71,6	3730	80,7
(-)2 mm	4312	69,8	3767	79,9	4135	72,8	4140	72,7	3693	81,5
(+)4 mm	4343	69,3	3772	78,8	4123	73	4181	72	4157	72,4
(-)4 mm	4362	69	3786	79,5	3689	81,6	4239	71	4169	72,2
(+)8 mm	4270	70,5	3781	79,6	4233	71,1	3698	81,4	4263	70,6
(-)8 mm	4331	69,5	4343	69,3	4198	71,7	4198	71,7	4181	72
(+)12 mm	2834	106,2	4251	70,8	4192	71,8	4169	72,2	4169	72,2
(-)12 mm	4175	72,1	4239	71	4169	72,2	4210	71,5	4233	71,1
(+)16 mm	2774	108,5	3671	82	4146	72,6	4181	72	4181	72
(-)16 mm	4118	73,1	4306	69,9	4343	69,3	4216	71,4	4198	71,7
(+)24 mm	2917	103,2	4112	73,2	4181	72	4192	71,8	4204	71,6
(-)24 mm	2593	116,1	2348	128,4	4175	72,1	4181	72	4228	71,2
(+)32 mm	1836	163,9	2457	122,5	4112	73,2	4133	72,8	4186	71,9
(-)32 mm	2299	130,9	1988	151,4	4106	73,3	4152	72,5	4233	71,1
(+)40 mm	1931	155,9	2695	111,7	4245	70,9	4169	72,2	4204	71,6
(-)40 mm	2661	113,1	1874	160,6	4282	70,3	4192	71,8	4251	70,8
(+)48 mm					4011	73,5				
(-)48 mm			1164	258,5	4073	73,9	4186	71,9	4222	71,3

3.2 LDTVT İle Ölçümler

Bir objenin doğrusal olan mekanik hareketini, elektrik sinyallerine dönüştüren elektromekanik bir dönüştürücüdür. LVDT yer değişimi algılayıcıları, 0.01 μ seviyelerindeki yer değişimlerini belirleyebilecek kapasitededir.

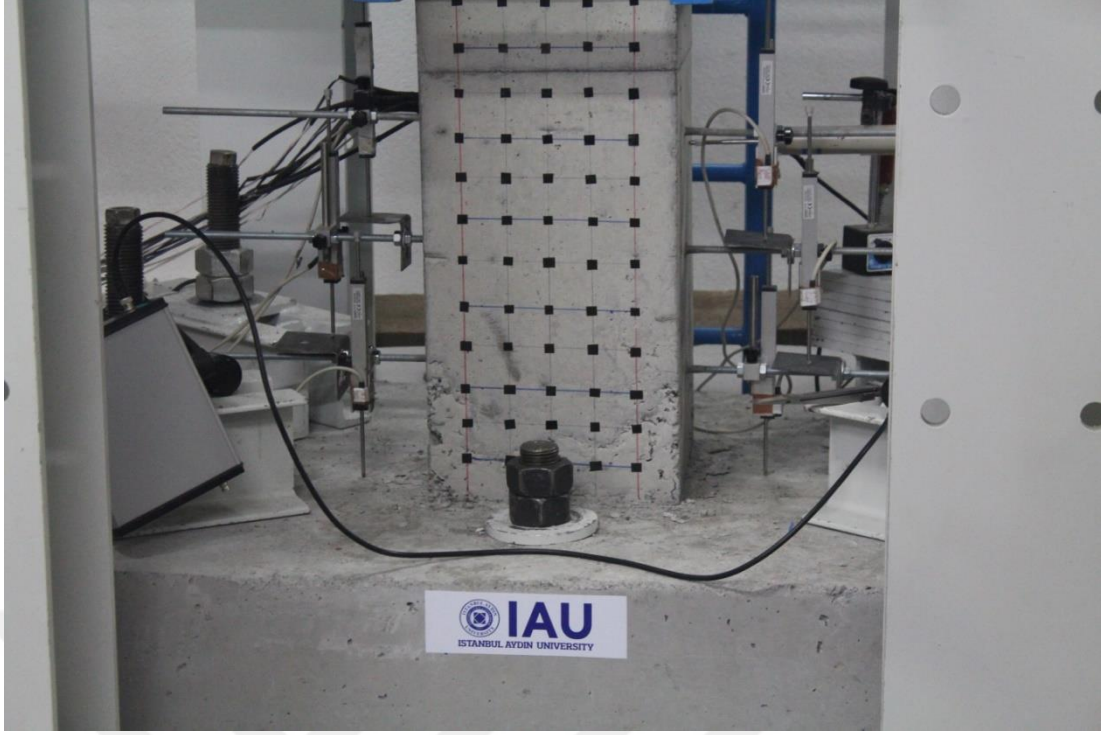
En basit haliyle bir LVDT primer, sekonder sargılar ve bunların merkezinde temas etmeden hareket eden bir çekirdekten meydana gelir. Primer sarımlar sabit genlikli bir Alternatif Akım ile beslendiğinde bu LVDT'nin merkezinde bir manyetik alan yaratır ve sekonder sarımlarda indüklenen akım ile çekirdeğin o anki konumu tespit edilir. Primer sarımlar sabit genlikli bir Alternatif Akım ile beslendiğinde bu LVDT'nin merkezinde bir manyetik alan yaratır ve sekonder sarımlarda indüklenen akım ile çekirdeğin o anki konumu tespit edilir.

Sekonder bobin sinyali önce faz hassasiyetine sahip bir demodülatör (primer bobin beslemesi ile aynı frekansa sahip) tarafından işlenir ve filtreleme, düzeltme ardından çekirdeğin SIFIR noktasına göre doğrultusu, uzaklığı ile orantılı bir doğru akım elde edilir [9].

LVDT'ler yardımı ile kolonlara yatay yük uygulanırken oluşan yer değiştirmeler 6 farklı noktadan ölçülmüştür.



Şekil 3.4: LVDT cihazı[10]



Şekil 3.5: LVDT ile yapılan ölçümler



4. ANALİZ SONUÇLARI

Yapılan çalışmada betonarme kolonlara farklı düşey ve yatay yükler uygulanmıştır. S45035, S45020, S45010, S45020B, S45010B, S35020 ve s35010 kolonlarına uygulanan kuvvetler sonucunda elde edilen veriler kullanılarak çalışmalar yapılmıştır. Yapılan çalışmada incelenen parametreler; akma, ezilme, belirgin kabuk akma, burkulma ve ses geçiş hızlarıdır.

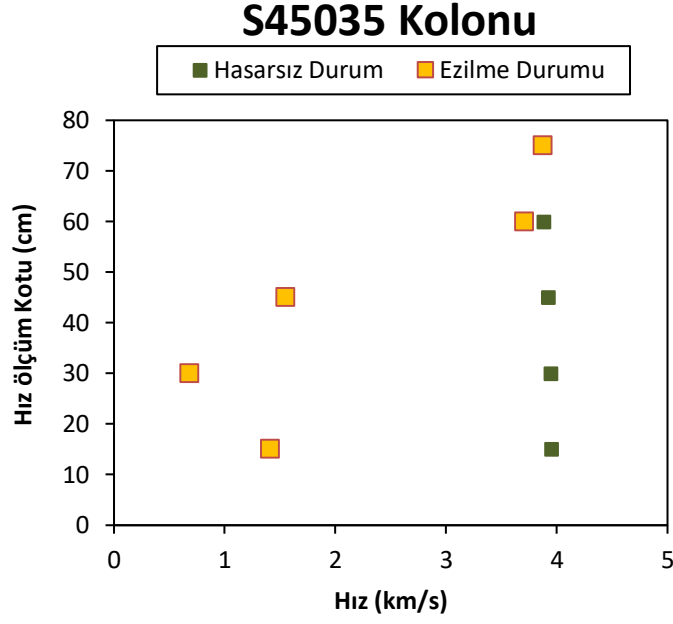
4.1 Akma, Ezilme ve Belirgin Kabul Akma Anında Kolonlardaki Ses Geçiş Hızları

4.1.1 S45035 kolonu

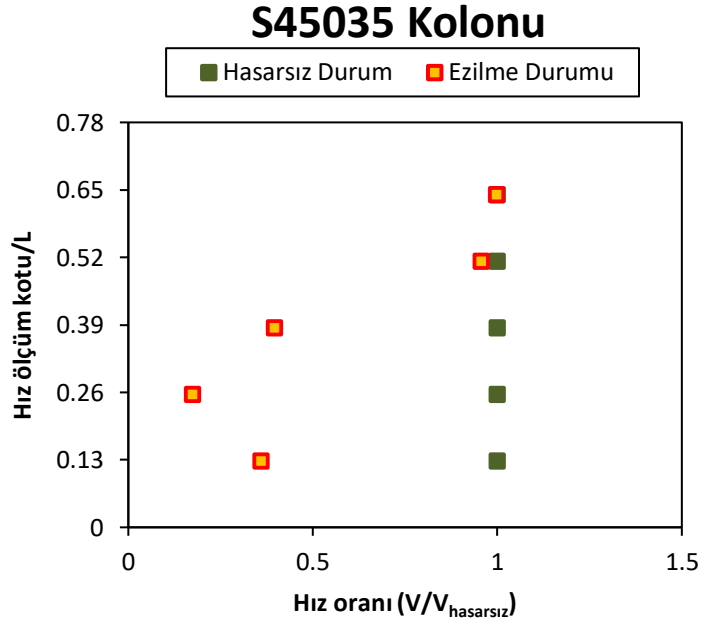
Ezilme Durumu

Çizelge 4.1: S45035 kolonunun ezilme anında kotlardaki hız değerleri

Boy oranı	Kot	Hasarsız Durum	Ezilme Durumu	Hız oranı
0,128205	15	3,955	1,419	0,358786
0,25641	30	3,951	0,689	0,174386
0,384615	45	3,924	1,556	0,396534
0,512821	60	3,884	3,713	0,955973
0,641026	75	3,889	3,879	0,997429



Şekil 4.1: S45035 Yükseklik-Hız grafiği



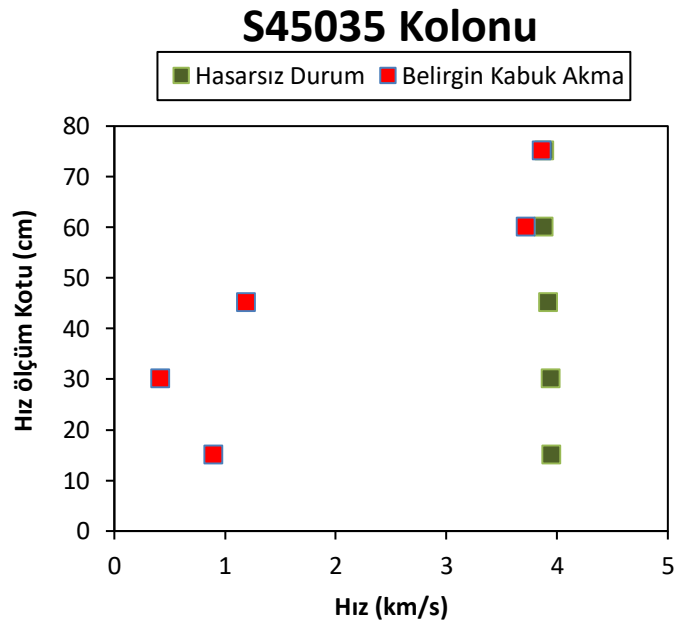
Şekil 4.2: S45035 Hız ölçüm kotu/L – Hız oranı grafiği

60 cm ve 75 cm kotlarında herhangi bir hız değişimi pek gözlemlenmemiştir. 45 cm ve 15 cm kotlarında yarıdan fazla hız kaybı yaşanmış olup , 30 cm kotunda %80'den fazla hız kaybı yaşanmıştır. Ezilme anında en fazla hasar bu kotta yaşanmış olup ölçülen hız 0,689 km/sn ve baştaki hıza göre hız oranı %17 olarak belirlenmiştir.

Belirgin Kabuk Akma Durumu

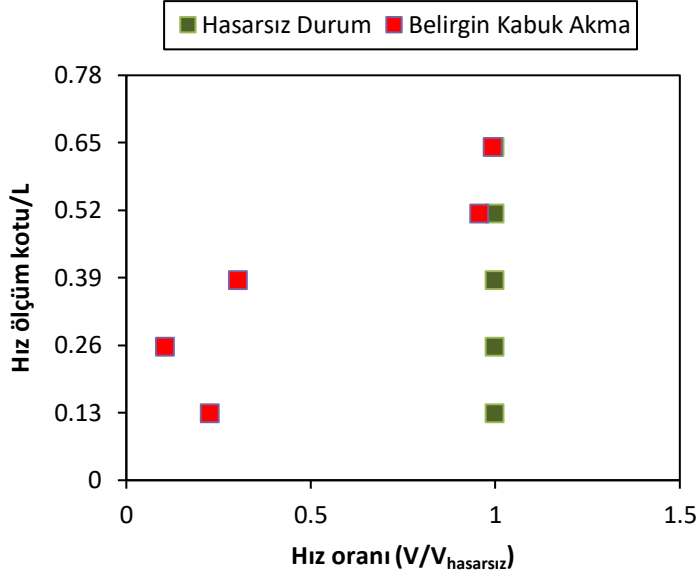
Çizelge 4.2: S45035 kolonunun belirgin kabuk akma anında kotlardaki hız değerleri

Boy oranı	Kot	Hasarsız Durum	Belirgin Kabuk Akma	Hız oranı
0,128205	15	3,955	0,902	0,228066
0,25641	30	3,951	0,423	0,107062
0,384615	45	3,924	1,196	0,304791
0,512821	60	3,884	3,725	0,959063
0,641026	75	3,889	3,87	0,995114



Şekil 4.3: S45035 Yükseklik-Hız grafiği

S45035 Kolonu



Şekil 4.4: S45035 Hız ölçüm kotu/L – Hız oranı grafiği

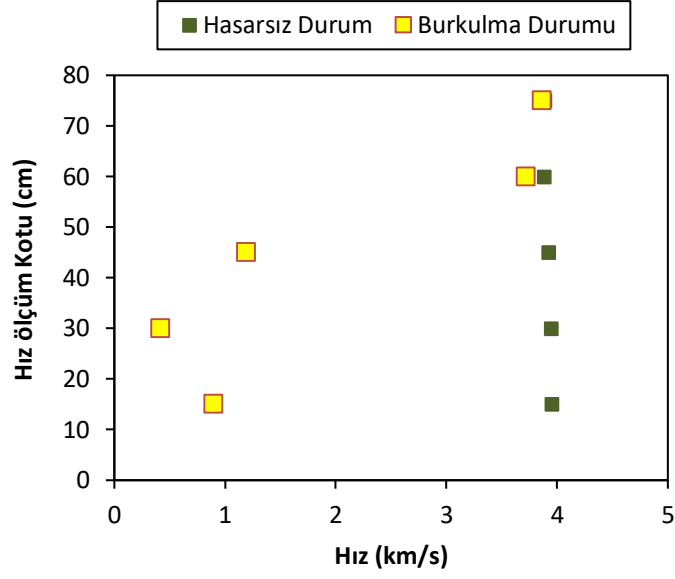
60 ve 75 cm kotlarında yine kayda değer bir hız kaybı yaşanmamıştır. 45 cm kotunda hız kaybı %70'e ve 15 cm kotunda hız kaybı %80'e ulaşmıştır. En fazla hız kaybının yaşandığı kot 30 cm kotudur. %90 hız kaybı gözlemlenmiş olup, ses geçiş hızı 0,423 km/sn'ye kadar düşmüştür.

Burkulma Durumu

Çizelge 4.3: S45035 kolonunun burkulma anında kotlardaki hız değerleri

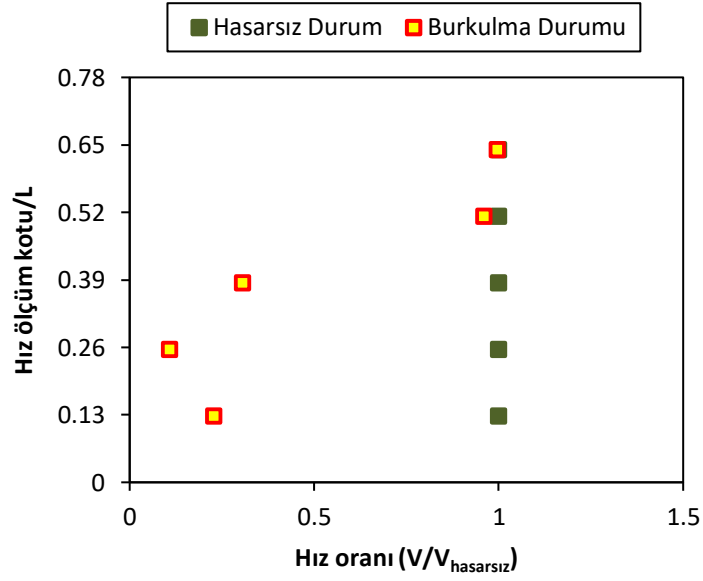
Boy oranı	Kot	Hasarsız Durum	Burkulma Durumu	Hız oranı
0,128205	15	3,955	0,902	0,228066
0,25641	30	3,951	0,423	0,107062
0,384615	45	3,924	1,196	0,304791
0,512821	60	3,884	3,725	0,959063
0,641026	75	3,889	3,87	0,995114

S45035 Kolonu



Şekil 4.5: S45035 Yükseklik-Hız grafiği

S45035 Kolonu



Şekil 4.6: S45035 Hız ölçüm kotu/L – Hız oranı grafiği

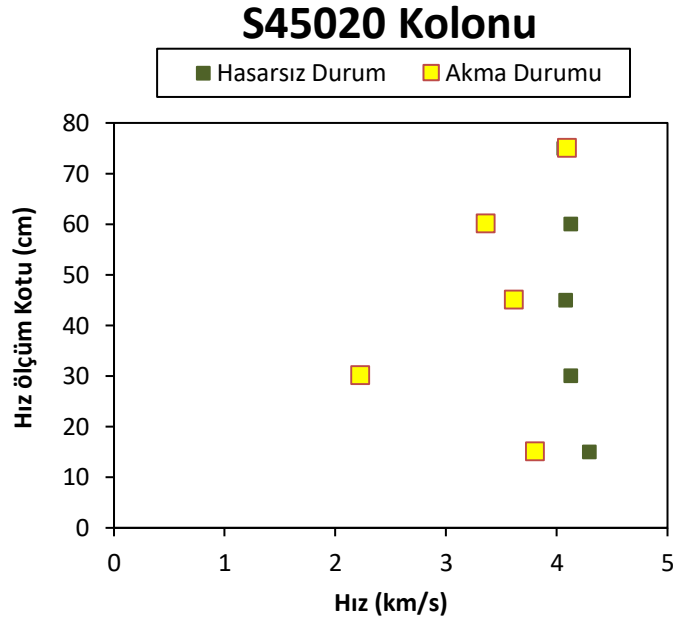
Belirgin kabuk akma durumu ile aynı öteleme döngüsünde gerçekleşmiştir. Aynı döngüde gerçekleştiğinden belirgin kabuk akma durumunda belirtilen sonuçlar burkulma durumu için de geçerlidir.

4.1.2 S45020 Kolonu

Akma Durumu

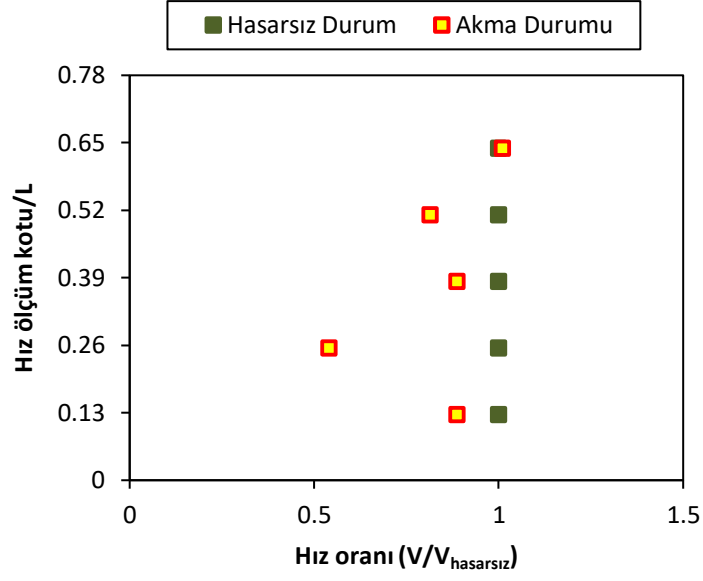
Çizelge 4.4: S45020 kolonunun ezilme anında kotlardaki hız değerleri

Boy oranı	Kot	Hasarsız Durum	Akma Durumu	Hız oranı
0,128205	15	4,294	3,81	0,887285
0,25641	30	4,129	2,231	0,540325
0,384615	45	4,084	3,622	0,886876
0,512821	60	4,129	3,363	0,814483
0,641026	75	4,062	4,101	1,009601



Şekil 4.7: S45020 Yükseklik-Hız grafiği

S45020 Kolonu



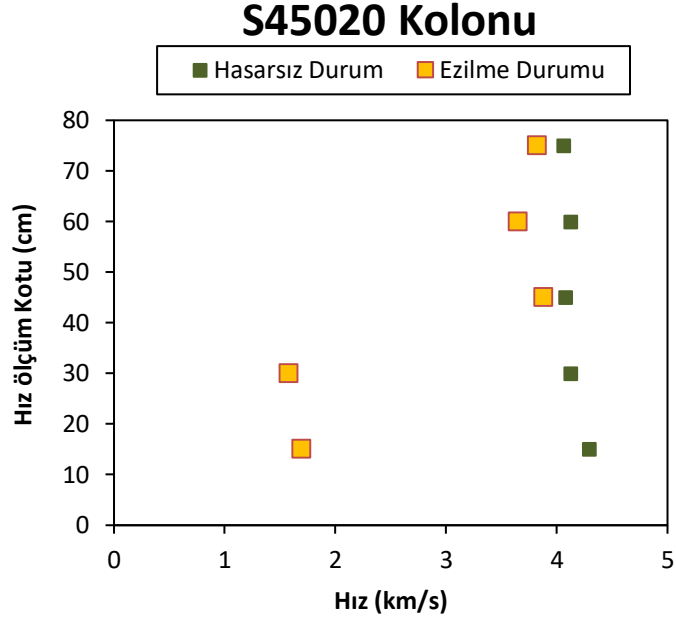
Şekil 4.8: S45020 Hız ölçüm kotu/L – Hız oranı grafiği

75 cm kotunda hız değişikliği yaşanmamış iken 45 cm ve 15 cm kotlarında %11’lik bir hız kaybı yaşanmıştır. En çok hız kaybının gözlemlendiği kot 30 cm kotu olup, %46’lık bir hız kaybı gözlemlenmiştir. Bu esnada ses geçiş hızı 2,231 km/sn’ye kadar düşmüştür.

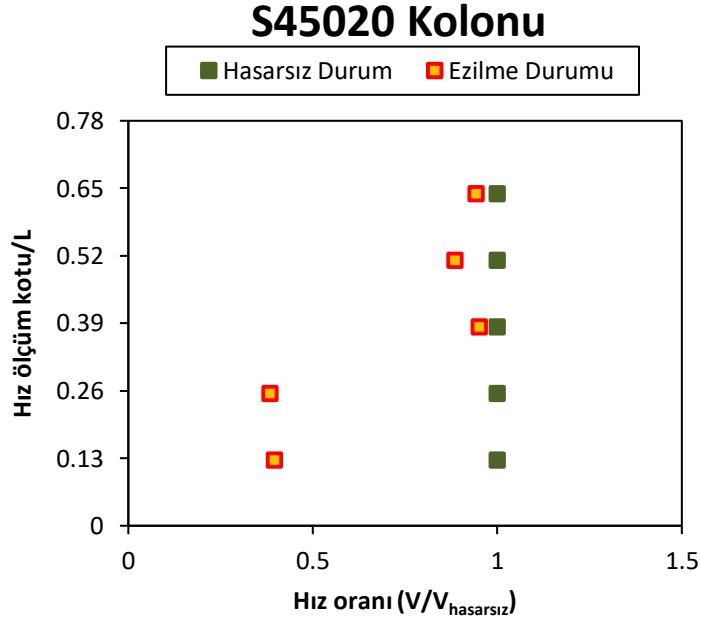
Ezilme Durumu

Çizelge 4.5: S45020 kolununun ezilme anında kotlardaki hız değerleri

Boy oranı	Kot	Hasarsız Durum	Ezilme Durumu	Hız oranı
0,128205	15	4,294	1,7	0,395901
0,25641	30	4,129	1,583	0,383386
0,384615	45	4,084	3,884	0,951028
0,512821	60	4,129	3,653	0,884718
0,641026	75	4,062	3,83	0,942885



Şekil 4.9: S45020 Yükseklik-Hız grafiği



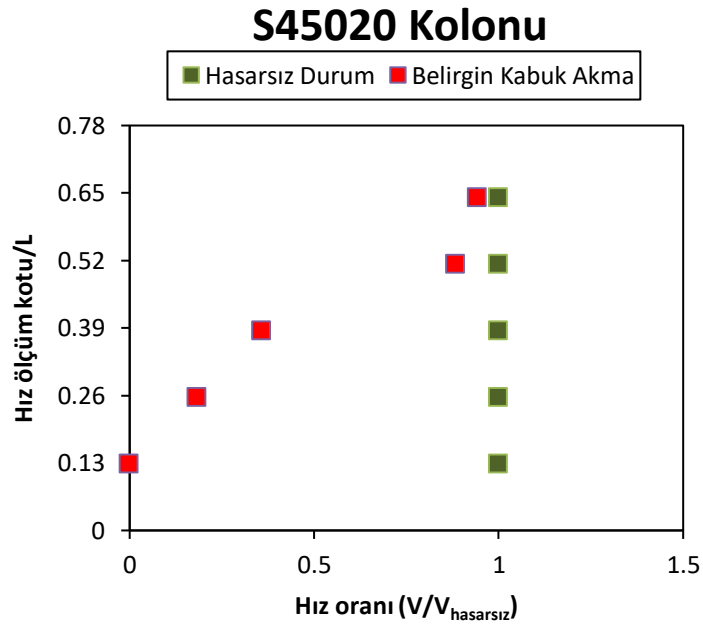
Şekil 4.10: S45020 Hız ölçüm kotu/L – Hız oranı grafiği

45 cm, 60 cm ve 75 cm kotlarında pek bir hız kaybı gözlemlenmez iken, 30cm ve 15 cm kotlarındaki hız kaybı %60'ı geçmiştir. En çok hız kaybı 30 cm kotunda gözlemlenmiş olup, hız kaybı %62'dir. Bu kotta hız 1,583 km/sn'ye kadar düştüğü gözlemlenmiştir.

Belirgin Kabuk Akma Durumu

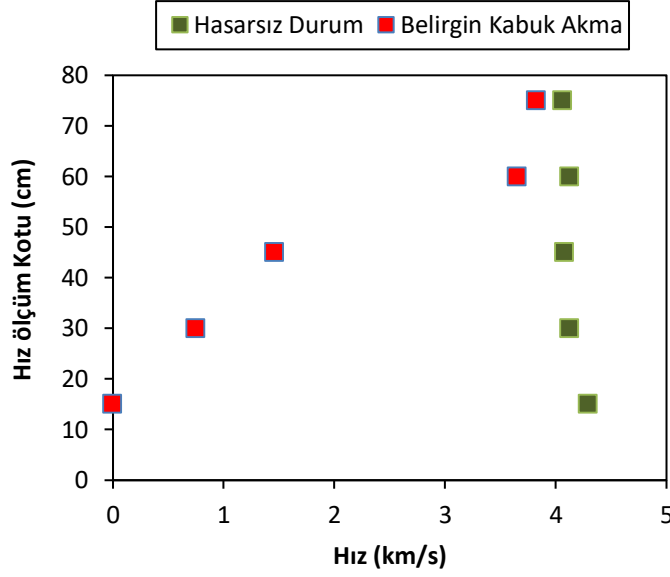
Çizelge 4.6: S45020 kolonunun belirgin kabuk akma anında kotlardaki hız değerleri

Boy oranı	Kot	Hasarsız Durum	Belirgin Kabuk Akma	Hız oranı
0,128205	15	4,294	0	0
0,25641	30	4,129	0,753	0,182369
0,384615	45	4,084	1,46	0,357493
0,512821	60	4,129	3,653	0,884718
0,641026	75	4,062	3,83	0,942885



Şekil 4.11: S45020 Hız ölçüm kotu/L – Hız oranı grafiği

S45020 Kolonu



Şekil 4.12: S45020 Yükseklik-Hız grafiği

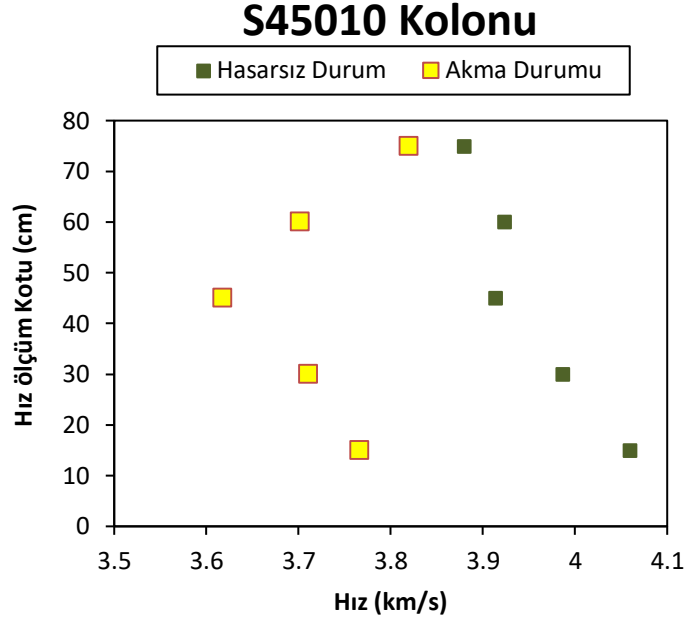
60 cm ve 75 cm kotlarında %11 ve %6 gibi ufak hız kayıpları gözlemlenmiş iken, bu adımda 45 cm kotunda da önemli hız kaybı gözlemlenmiştir. Bu kottaki hız kaybı %64 olarak ölçülmüştür. 30 cm kotunda %80'lik bir hız kaybı var iken 15 cm kotundan artık ölçüm alınamamaktadır.

4.1.3 S45010 Kolonu

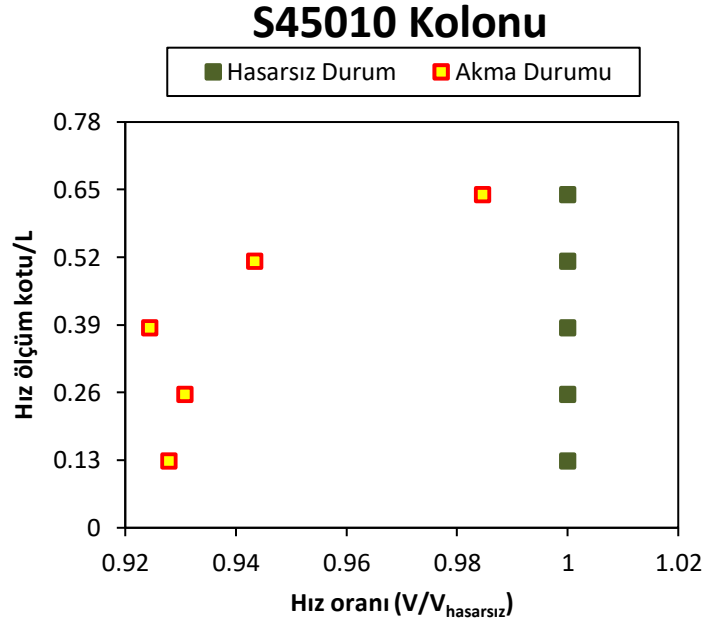
Akma Durumu

Çizelge 4.7: S45010 kolonunun akma anında kotlardaki hız değerleri

Boy oranı	Kot	Hasarsız Durum	Akma Durumu	Hız oranı
0,128205	15	4,06	3,767	0,927833
0,25641	30	3,987	3,711	0,930775
0,384615	45	3,914	3,618	0,924374
0,512821	60	3,924	3,702	0,943425
0,641026	75	3,88	3,82	0,984536



Şekil 4.13: S45010 Hız ölçüm kotu/L – Hız oranı grafiği



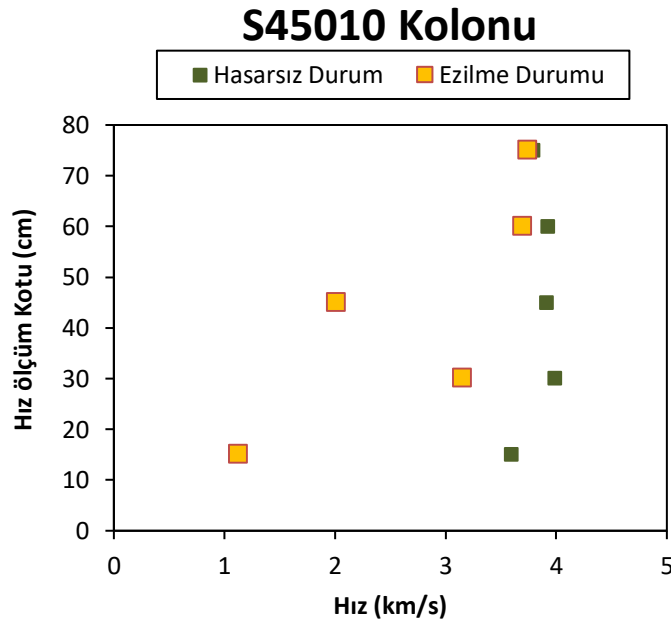
Şekil 4.14: S45010 Yükseklik-Hız grafiği

75 cm kotunda pek bir hız kaybı yaşanmamış iken, diğer kotlarda %6 ile %8 arasında değişen hız kayıpları gözlemlenmiştir. Akma durumu esnasında ölçülen en düşük hız oranı %92,4 ile 45 cm kotunda ölçülmüştür.

Ezilme Durumu

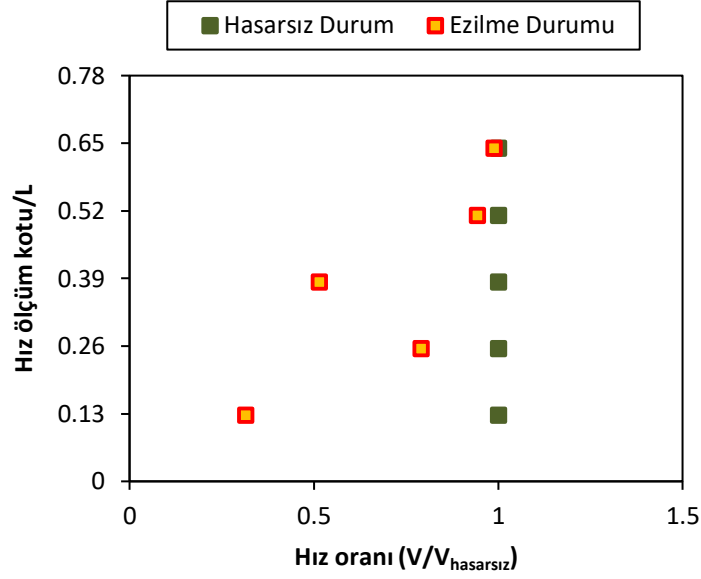
Çizelge 4.8: S45010 kolonunun ezilme anında kotlardaki hız değerleri

Boy oranı	Kot	Hasarsız Durum	Ezilme Durumu	Hız oranı
0,128205	15	3,596	1,132	0,314794
0,25641	30	3,987	3,155	0,791322
0,384615	45	3,914	2,016	0,515074
0,512821	60	3,924	3,698	0,942406
0,641026	75	3,791	3,748	0,988657



Şekil 4.15: S45010 Yükseklik-Hız grafiği

S45010 Kolonu



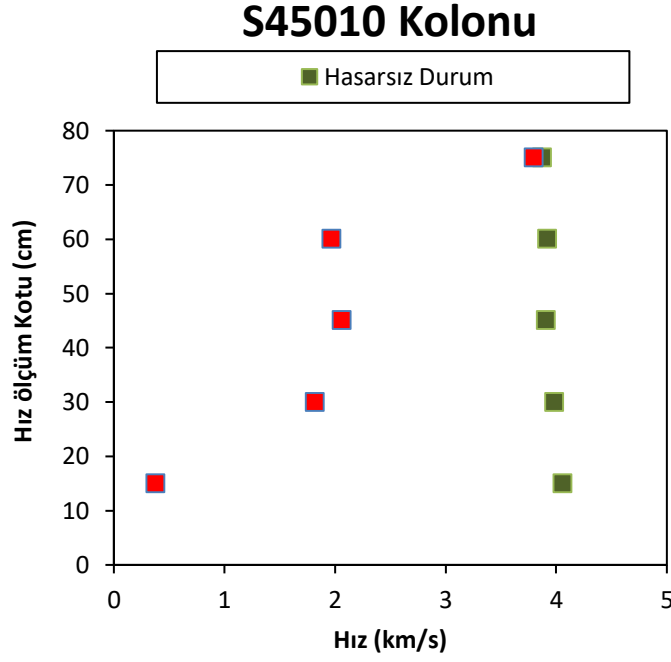
Şekil 4.16: S45010 Hız ölçüm kotu/L – Hız oranı grafiği

60 cm ve 75 cm kotlarında kayda değer bir ses geçiş hızı kaybı gözlemlenmemiştir. 45 cm kotunda yarıya yakın hız kaybı gözlemlenmiş iken 30 cm kotunda hız oranı hala %79'dur. Ezilme durumunda en düşük hız 15 cm kotunda ölçülmüştür. Bu kotta hız kaybı %69 iken ölçülen hız 1,132 km/sn olarak kaydedilmiştir.

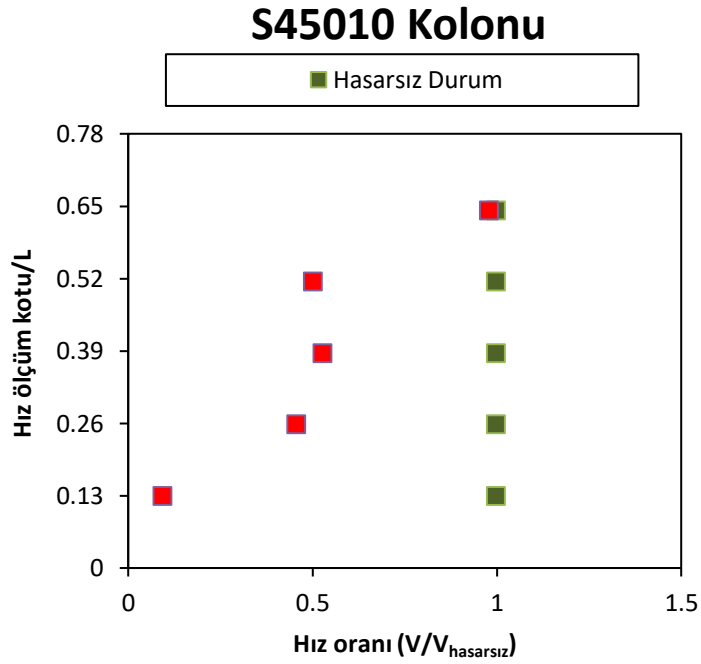
Belirgin Kabuk Akma Durumu

Çizelge 4.9: S45010 kolonunun belirgin kabuk akma anında kotlardaki hız değerleri

Boy oranı	Kot	Hasarsız Durum	Belirgin Kabuk Akma Durumu	Hız oranı
0,128205	15	4,062	0,384	0,094535
0,25641	30	3,987	1,824	0,457487
0,384615	45	3,914	2,07	0,528871
0,512821	60	3,924	1,975	0,503313
0,641026	75	3,879	3,805	0,980923



Şekil 4.17: S45010 Yükseklik-Hız grafiği



Şekil 4.18: S45010 Hız ölçüm kotu/L – Hız oranı grafiği

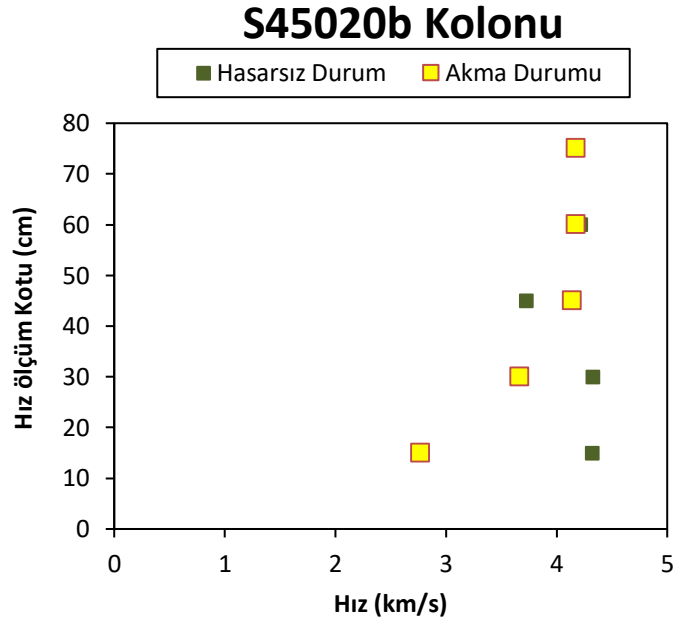
75 cm kotunda neredeyse hiç hız kaybı yaşanmamış iken 60 cm ve 45 cm kotlarında yarıya yakın hız kaybı yaşanmıştır. 30 cm kotundaki hız kaybı %56'ya ulaşmış olup en fazla hız kaybı 15 cm kotunda gözlemlenmiştir. Bu kotta gözlemlenen hız kaybı %91 olup, belirgin kabuk akma esnasında bu kottaki ses geçiş hızı 0,384 km/sn olarak kaydedilmiştir.

4.1.4 S45020b Kolon

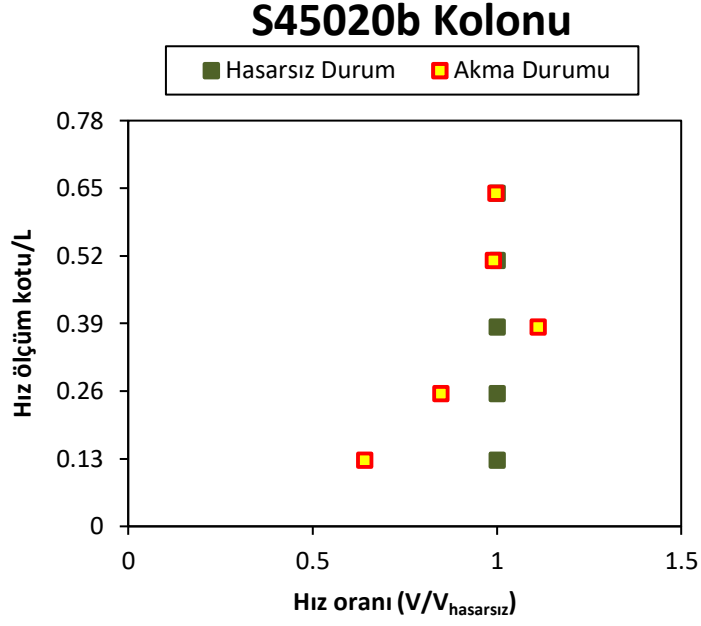
Akma Durumu

Çizelge 4.10: S45020b kolonunun akma anında kotlardaki hız değerleri

Boy oranı	Kot	Hasarsız Durum	Akma Durumu	Hız oranı
0,128205	15	4,325	2,774	0,641387
0,25641	30	4,331	3,671	0,84761
0,384615	45	3,73	4,146	1,111528
0,512821	60	4,222	4,181	0,990289
0,641026	75	4,192	4,181	0,997376



Şekil 4.19: S45020b Yükseklik-Hız grafiği



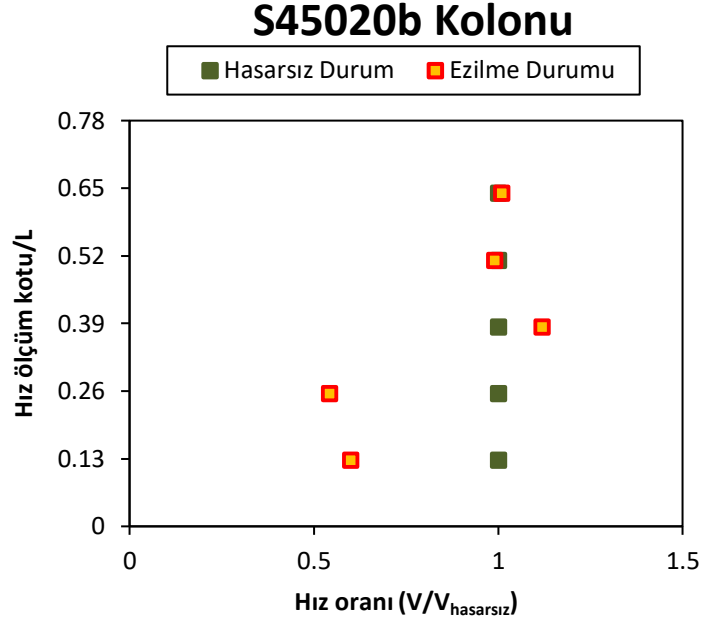
Şekil 4.20: S45020b Hız ölçüm kotu/L – Hız oranı grafiği

45 cm, 60 cm ve 75 cm kotlarında hız kaybı gözlemlenmemiştir. 30 cm kotunda %15 hız kaybı yaşanmış iken, en çok hız kaybı 15 cm kotunda gözlemlenmiştir. Bu kottaki hız kaybı %36 olup, ölçülen hız değeri 2,774 km/sn'dir.

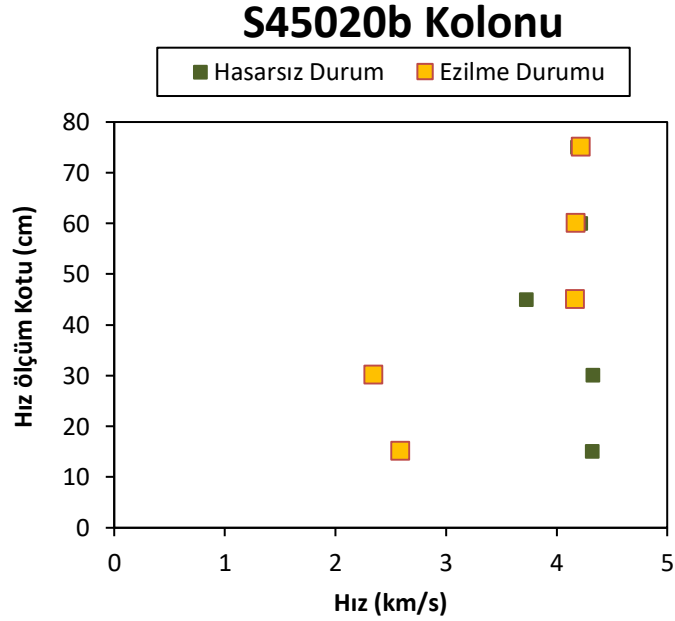
Ezilme Durumu

Çizelge 4.11: S45020b kolununun ezilme anında kotlardaki hız değerleri

Boy oranı	Kot	Hasarsız Durum	Ezilme Durumu	Hız oranı
0,128205	15	4,325	2,593	0,599538
0,25641	30	4,331	2,348	0,542138
0,384615	45	3,73	4,175	1,119303
0,512821	60	4,222	4,181	0,990289
0,641026	75	4,192	4,228	1,008588



Şekil 4.21: S45020b Hız ölçüm kotu/L – Hız oranı grafiği



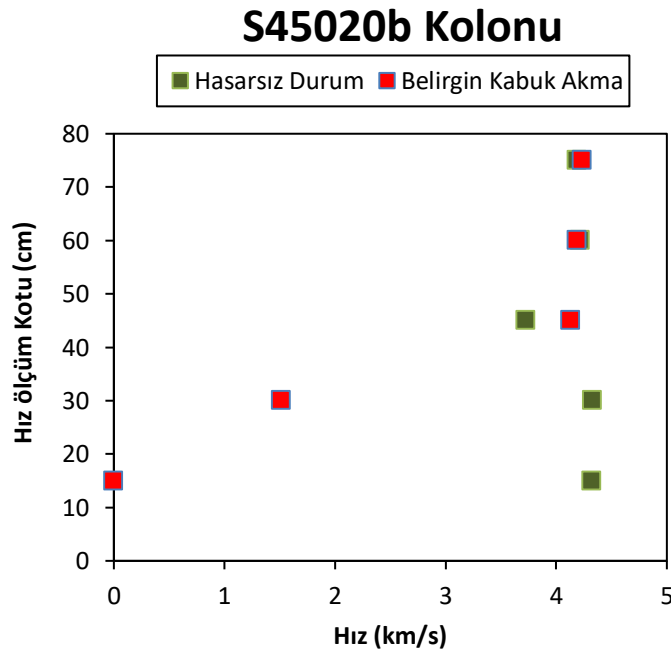
Şekil 4.22: S45020b Yükseklik-Hız grafiği

45 cm, 60 cm ve 75 cm kotlarında herhangi bir ses hızı kaybı gözlemlenmemiştir. 15 cm kotunda %40 hız kaybı gözlemlenmiş olup, en büyük hız kaybı 30 cm kotunda gözlemlenmiştir. Bu kotta hız oranı %54 olup, ölçülen ses geçiş hızı 2,348 km/sn olarak kaydedilmiştir.

Belirgin Kabuk Akma Durumu

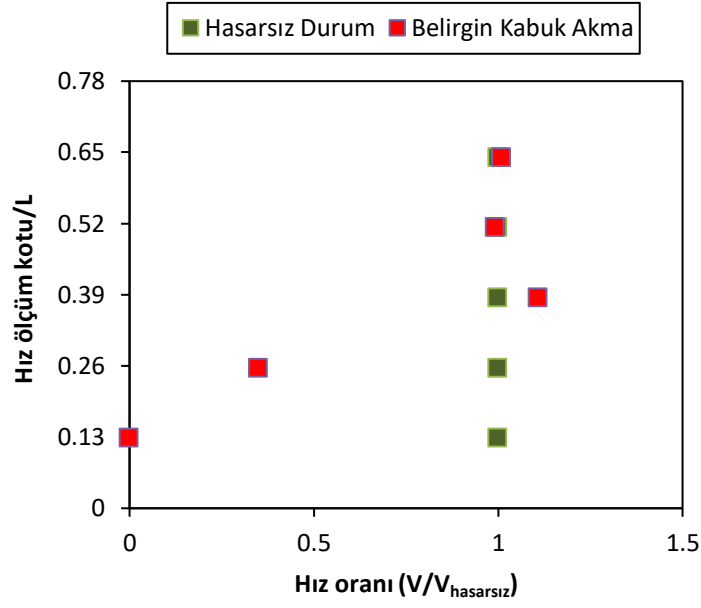
Çizelge 4.12: S45020b kolonunun belirgin kabuk akma anında kotlardaki hız değerleri

Boy oranı	Kot	Hasarsız Durum	Belirgin Kabuk Akma	Hız oranı
0,128205	15	4,325	0	0
0,25641	30	4,331	1,519	0,350727
0,384615	45	3,73	4,135	1,108579
0,512821	60	4,222	4,189	0,992184
0,641026	75	4,192	4,236	1,010496



Şekil 4.23: S45020b Yükseklik-Hız grafiği

S45020b Kolonu



Şekil 4.24: S45020b Hız ölçüm kotu/L – Hız oranı grafiği

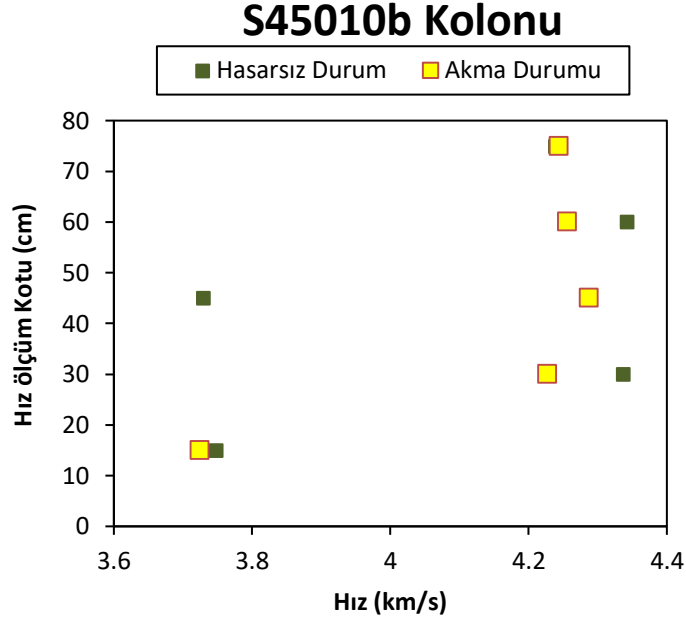
Bu deneyde 45 cm, 60 ve 75 cm kotlarında belirgin kabuk akma durumunda da herhangi bir hız kaybı gözlemlenmemiştir. 30 cm kotunda ses geçiş hızı oranı %35'e kadar düşmüştür. Belirgin kabuk akmanın gerçekleştiği esnada 15 cm kotunda hız ölçüm cihazı değer vermemiştir.

4.1.5 S45010b Kolonu

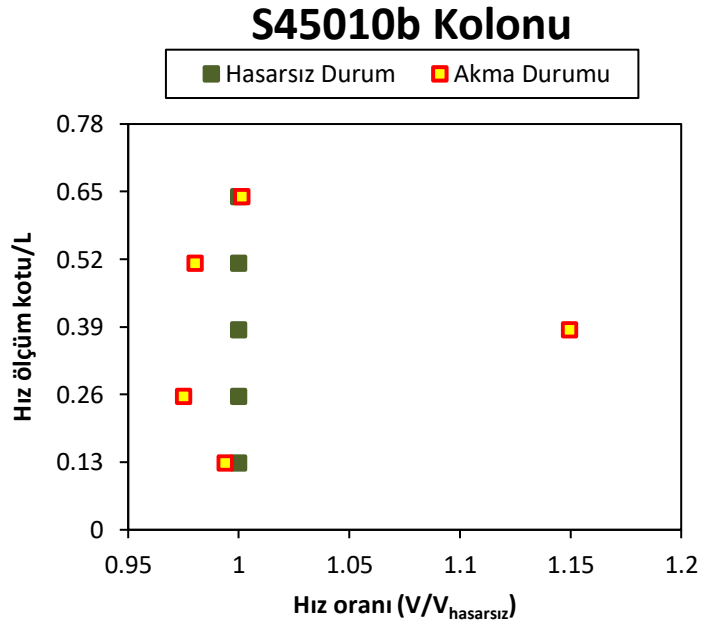
Akma Durumu

Çizelge 4.13: S45010b kolonunun akma anında kotlardaki hız değerleri

Boy oranı	Kot	Hasarsız Durum	Akma Durumu	Hız oranı
0,128205	15	3,748	3,725	0,993863
0,25641	30	4,337	4,228	0,974867
0,384615	45	3,73	4,288	1,149598
0,512821	60	4,343	4,257	0,980198
0,641026	75	4,239	4,245	1,001415



Şekil 4.25: S45010b Yükseklik-Hız grafiği



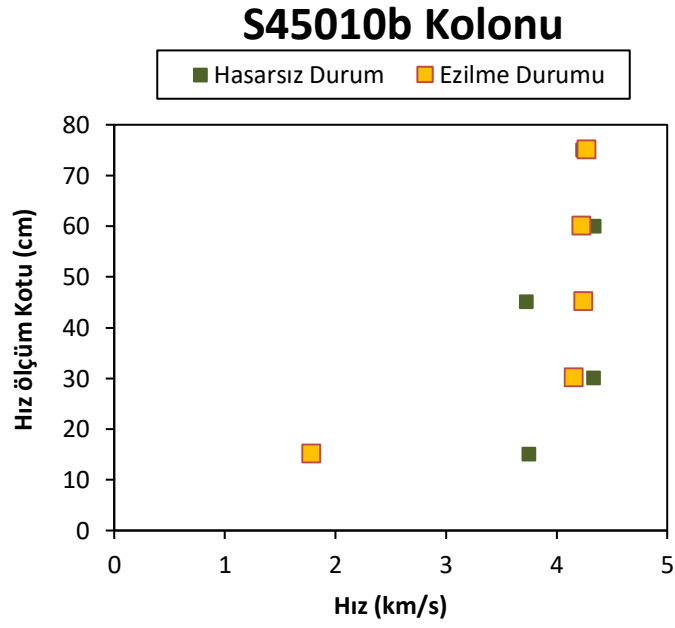
Şekil 4.26: S45010b Hız ölçüm kotu/L – Hız oranı grafiği

S45010b betonarme kolon numunesinde akma meydana geldiğinde önemli bir hız değişimi gözlemlenmemiştir. En düşük hız oranı %97,4 ile 30 cm kotunda gözlemlenmiş olup, ölçülen ses geçiş hızı 4,228 km/sn'dir. Bu durumda ölçülen en düşük hız ise 15 cm kotunda ölçülmüş olup, 3,725 km/sn olarak kaydedilmiştir.

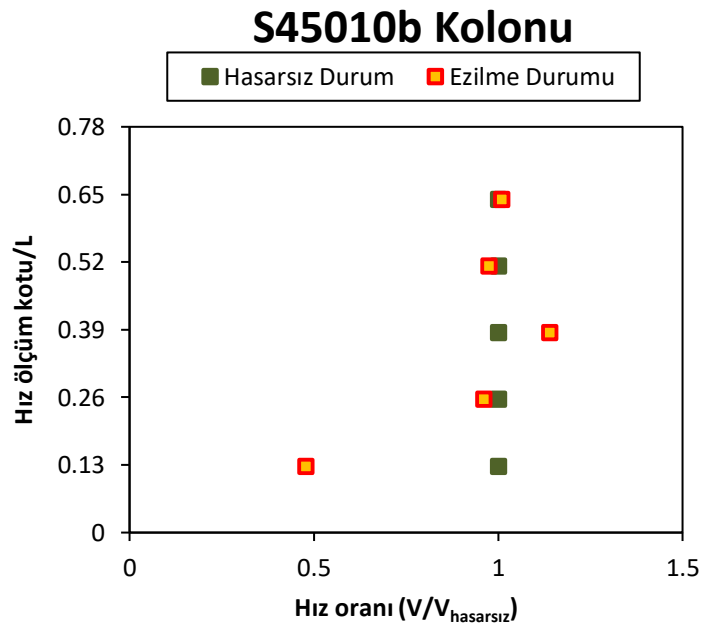
Ezilme Durumu

Çizelge 4.14: S45010b kolonunun ezilme anında kotlardaki hız değerleri

Boy oranı	Kot	Hasarsız Durum	Ezilme Durumu	Hız oranı
0,128205	15	3,748	1,79	0,477588
0,25641	30	4,337	4,163	0,95988
0,384615	45	3,73	4,251	1,139678
0,512821	60	4,343	4,233	0,974672
0,641026	75	4,239	4,276	1,008728



Şekil 4.27: S45010b Yükseklik-Hız grafiği



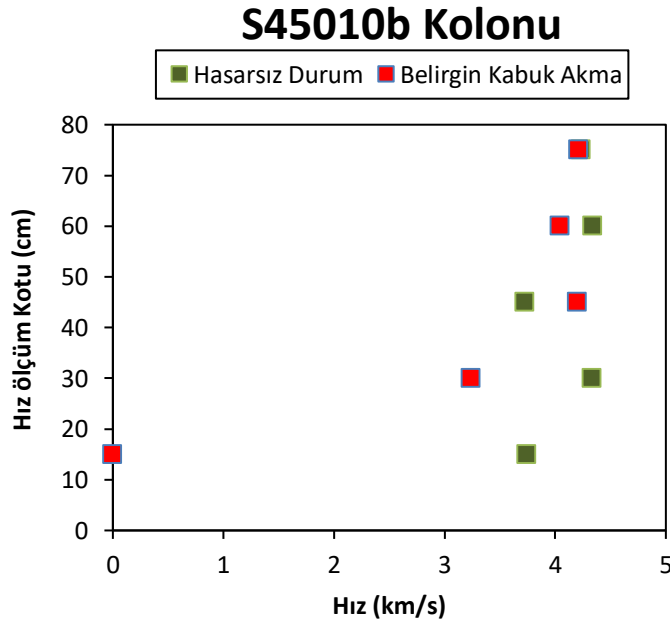
Şekil 4.28: S45010b Hız ölçüm kotu/L – Hız oranı grafiği

Bu deney numunesinde ezilme yaşandığı esnada 4 kotta herhangi bir hız değişimi yaşanmamış olup, 15 cm kotunda yarıdan fazla hız kaybı yaşanmıştır. Bu kotta gözlemlenen hız oranı %47,7 olarak hesaplanmıştır. Ölçülen en düşük hız ise yine bu kotta ölçülen 1,79 km/sn'dir.

Belirgin Kabuk Akma Durumu

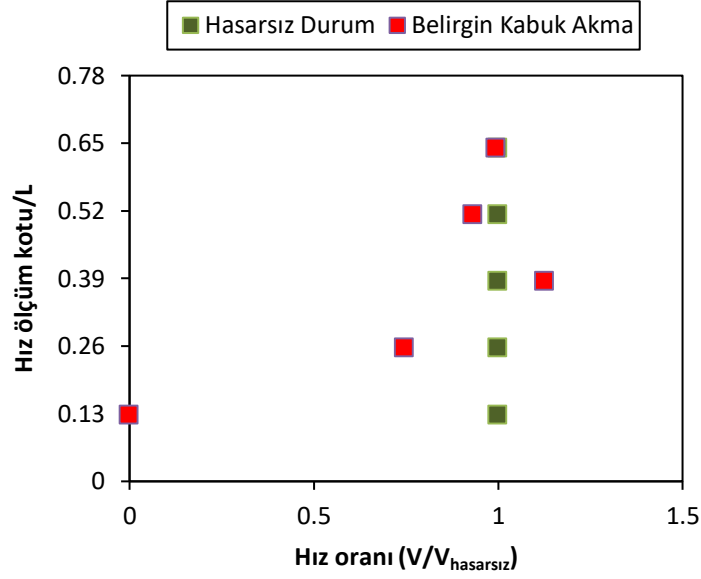
Çizelge 4.15: S45010b kolonunun belirgin kabuk akma anında kottardaki hız değerleri

Boy oranı	Kot	Hasarsız Durum	Belirgin Kabuk Akma	Hız oranı
0,128205	15	3,748	0	0
0,25641	30	4,337	3,24	0,74706
0,384615	45	3,73	4,204	1,127078
0,512821	60	4,343	4,046	0,931614
0,641026	75	4,239	4,216	0,994574



Şekil 4.29: S45010b Yükseklik-Hız grafiği

S45010b Kolonu



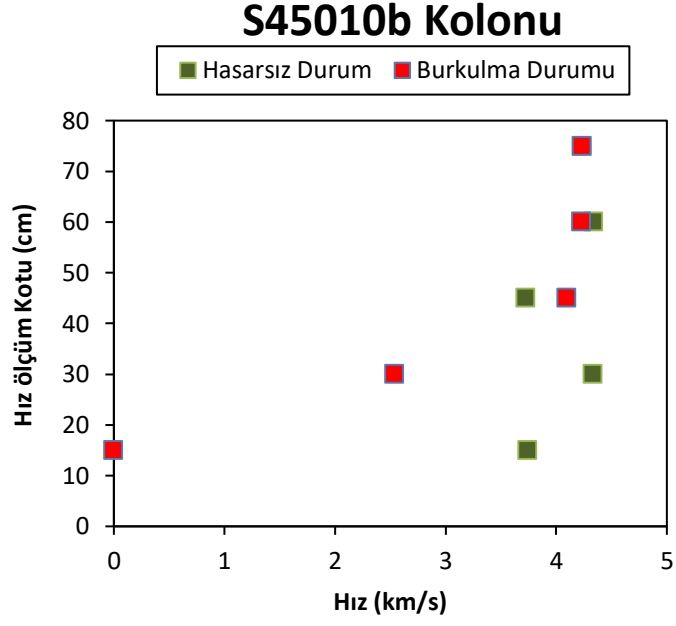
Şekil 4.30: S45010b Hız ölçüm kotu/L – Hız oranı grafiği

Belirgin kabuk akmanın gözlemlendiği ötelemede 45 cm, 60 cm ve 75 cm kotlarında yapılan ölçümlere göre bu kotlarda ses geçiş hızlarında kayıp yaşanmamış olup, 30 cm kotundaki ses geçiş hızında %25’lik bir kayıp yaşanmıştır. 15 cm kotunda ise ses geçiş hızı ölçüm aleti herhangi bir değer vermemiştir.

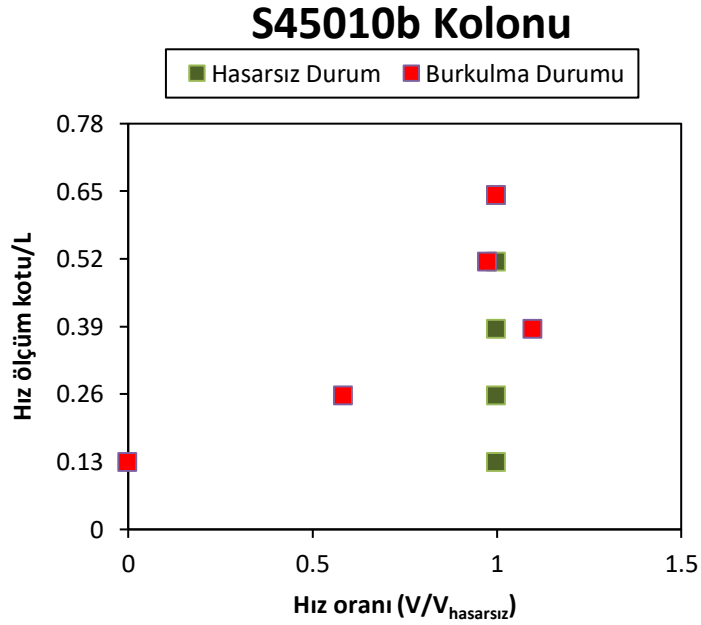
Burkulma Durumu

Çizelge 4.16: S45010b kolununun burkulma anında kotlardaki hız değerleri

Boy oranı	Kot	Hasarsız Durum	Burkulma Durumu	Hız oranı
0,128205	15	3,748	0	0
0,25641	30	4,337	2,54	0,585658
0,384615	45	3,73	4,101	1,099464
0,512821	60	4,343	4,233	0,974672
0,641026	75	4,239	4,239	1



Şekil 4.31: S45010b Yükseklik-Hız grafiği



Şekil 4.32: S45010b Hız ölçüm kotu/L – Hız oranı grafiği

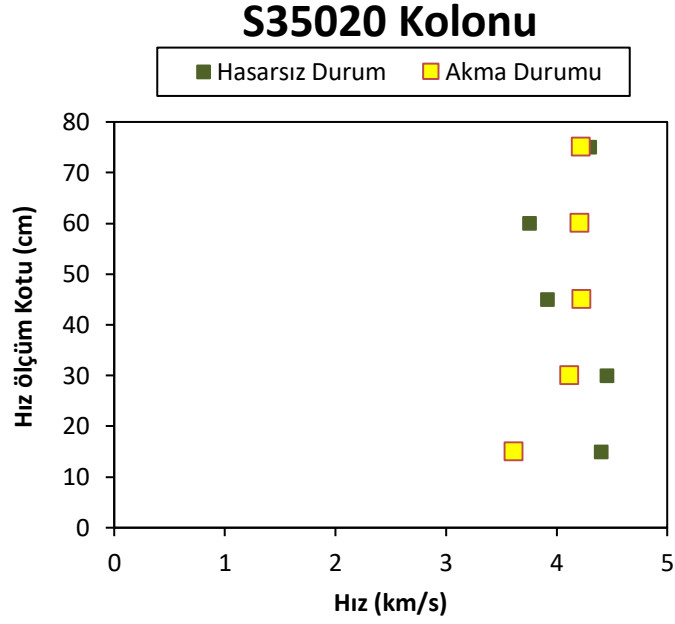
Burkulmanın yaşandığı ötelemede ölçülen hız değerlerine göre 45 cm, 60 cm ve 75cm kotlarında herhangi bir hız kaybı yaşanmamıştır. 30 cm kotunda %40'lık bir hız kaybı yaşanmış olup, 15 cm kotunda cihaz artık değer vermemektedir.

4.1.6 S35020 Kolonu

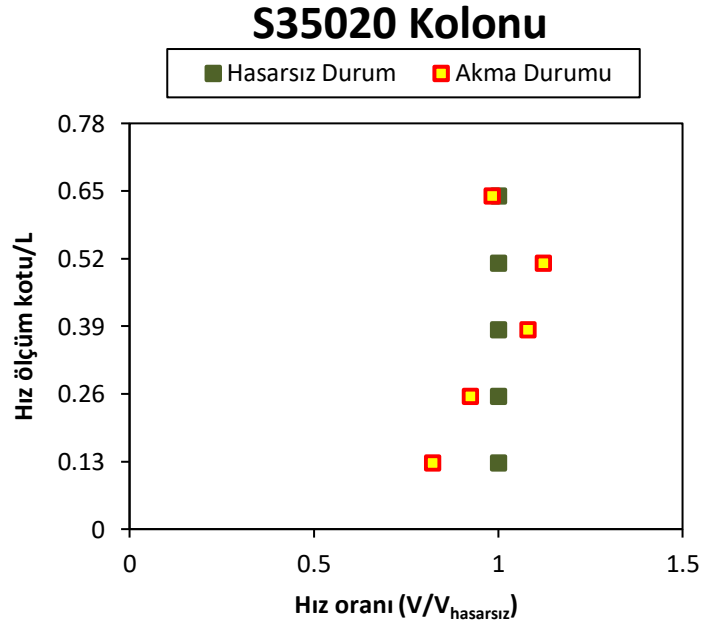
Akma Durumu

Çizelge 4.17: S35020 kolonunun akma anında kotlardaki hız değerleri

Boy oranı	Kot	Hasarsız Durum	Akma Durumu	Hız oranı
0,128205	15	4,407	3,618	0,820967
0,25641	30	4,459	4,123	0,924647
0,384615	45	3,919	4,233	1,080122
0,512821	60	3,758	4,216	1,121873
0,641026	75	4,3	4,228	0,983256



Şekil 4.33: S35020 Yükseklik-Hız grafiği



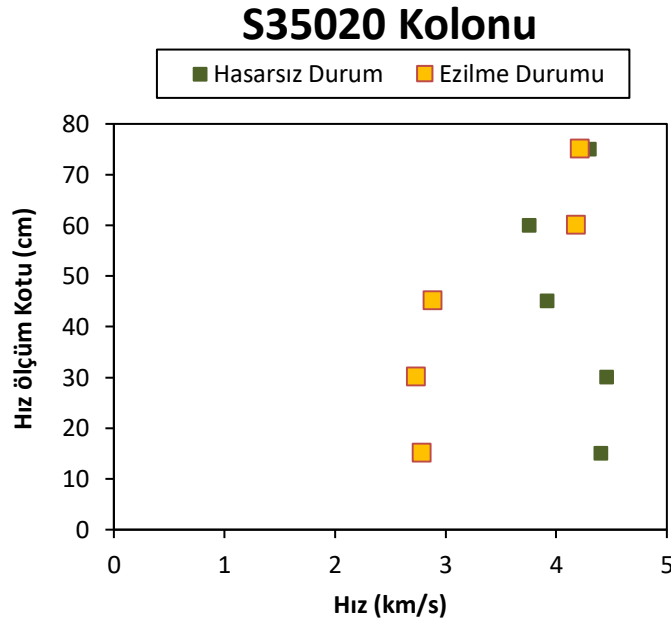
Şekil 4.34: S35020 Hız ölçüm kotu/L – Hız oranı grafiği

Bu deney numunesinin akma durumunda 45 cm, 60 cm ve 75 cm kotlarında önemli bir hız değişimi yaşanmamıştır. 30 cm kotunda hız oranı %92'ye düşmüş olup, en düşük hız oranı 15 cm kotunda %82 olarak hesaplanmıştır. Akma durumunda ölçülen en düşük hız 3,618 km/sn ile yine 15 cm kotunda ölçülmüştür.

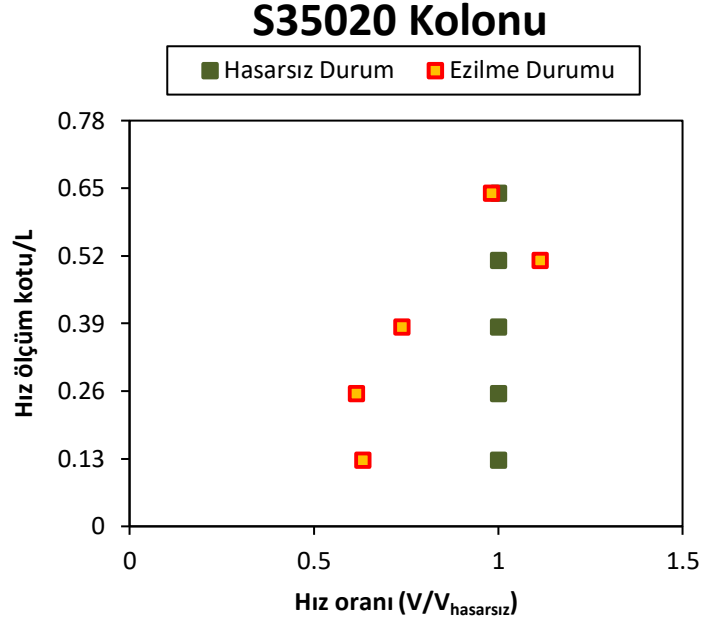
Ezilme Durumu

Çizelge 4.18: S35020 kolonunun ezilme anında kotlardaki hız değerleri

Boy oranı	Kot	Hasarsız Durum	Ezilme Durumu	Hız oranı
0,128205	15	4,407	2,79	0,633084
0,25641	30	4,459	2,739	0,614263
0,384615	45	3,919	2,891	0,737688
0,512821	60	3,758	4,186	1,11389
0,641026	75	4,3	4,222	0,98186



Şekil 4.35: S35020 Yükseklik-Hız grafiği



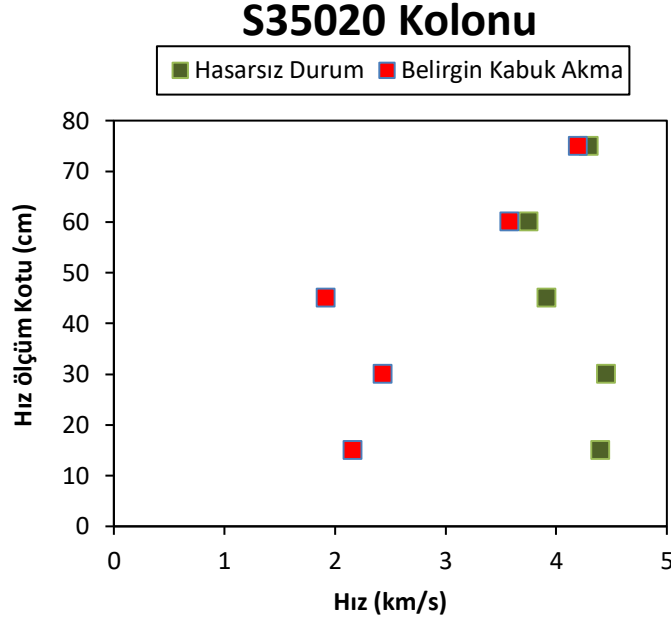
Şekil 4.36: S35020 Hız ölçüm kotu/L – Hız oranı grafiği

Ezilme durumunun yaşandığı ötelemede ölçülen ses geçiş hızlarına göre 60 cm ve 75 cm kotlarında herhangi bir hız kaybı yaşanmamış olup, 45 cm kotundaki hız oranı düşüş gösterip %73'e düşmüştür. 15 cm ve 30 cm kotlarındaki hız oranlarında %40'a yakın hız kaybı yaşanmıştır. Gözlemlenen en düşük hız oranı ve hız 30 cm kotunda ölçülüp hesaplanmış olup, hız oranı %61,4 ve ses geçiş hızı 2,739 km/sn'dir.

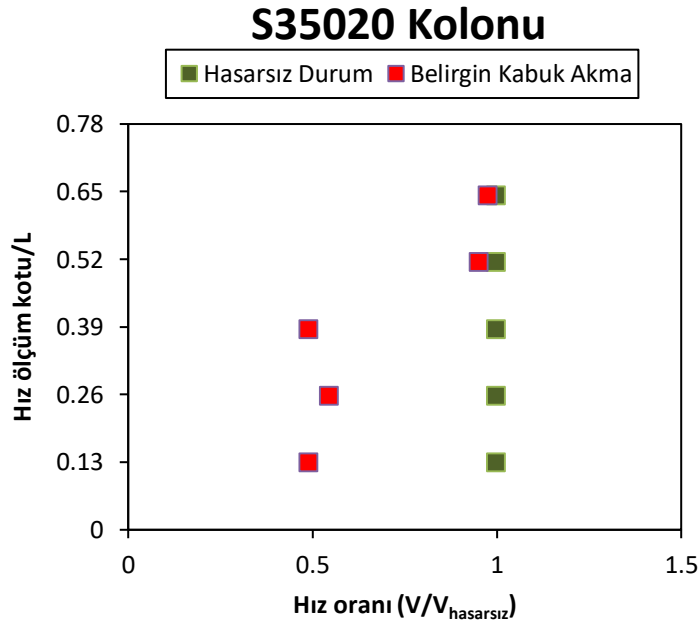
Belirgin Kabuk Akma Durumu

Çizelge 4.19: S35020 kolonunun belirgin kabuk akma anında kotlardaki hız değerleri

Boy oranı	Kot	Hasarsız Durum	Belirgin Kabuk Akma	Hız oranı
0,128205	15	4,407	2,164	0,491037
0,25641	30	4,459	2,437	0,546535
0,384615	45	3,919	1,923	0,490686
0,512821	60	3,758	3,583	0,953433
0,641026	75	4,3	4,204	0,977674



Şekil 4.37: S35020 Yükseklik-Hız grafiği



Şekil 4.38: S35020 Hız ölçüm kotu/L – Hız oranı grafiği

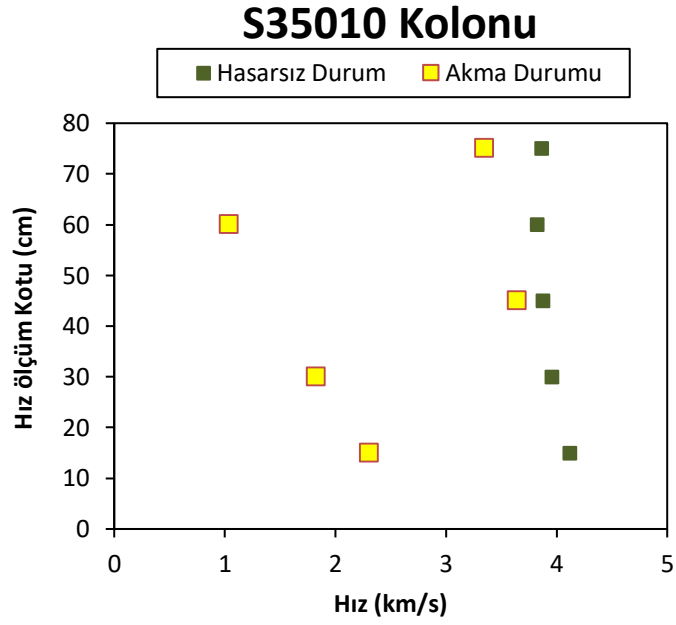
Belirgin kabuk akmanın yaşandığı ötelemede 60 cm ve 75 cm kotlarında önemli bir ses geçiş hızı kaybı yaşanmamıştır. 15 cm, 30 cm ve 45 cm kotlarında gözlemlenen hız kaydı yarı yarıyadır. Gözlemlenen en düşük hız değeri ve hız oranı 45 cm kotunda gözlemlenip hesaplanmıştır. En düşük hız 1,923 km'sn olup, en düşük hız oranı %49'dur.

4.1.7 S35010 Kolonu

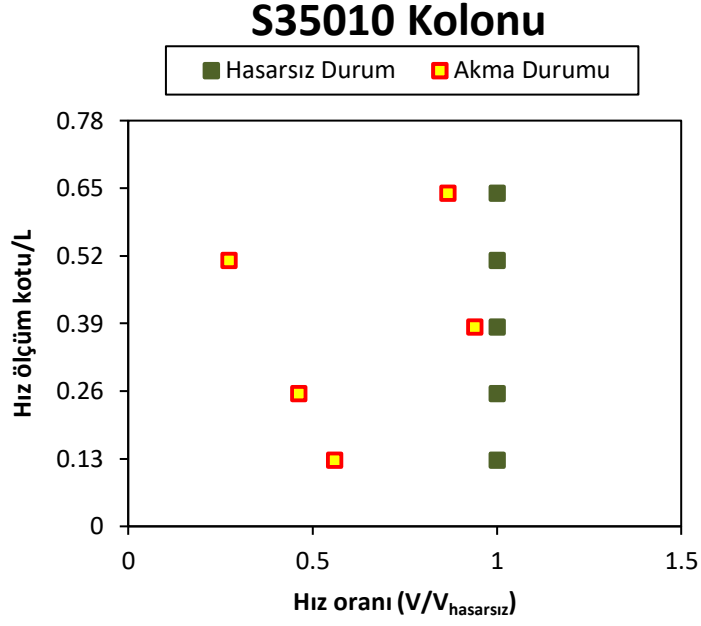
Akma Durumu

Çizelge 4.20: S35010 kolonunun akma anında kotlardaki hız değerleri

Boy oranı	Kot	Hasarsız Durum	Akma Durumu	Hız oranı
0,128205	15	4,123	2,307	0,559544
0,25641	30	3,961	1,829	0,461752
0,384615	45	3,879	3,644	0,939417
0,512821	60	3,825	1,043	0,27268
0,641026	75	3,869	3,352	0,866374



Şekil 4.39: S35010 Yükseklik-Hız grafiği



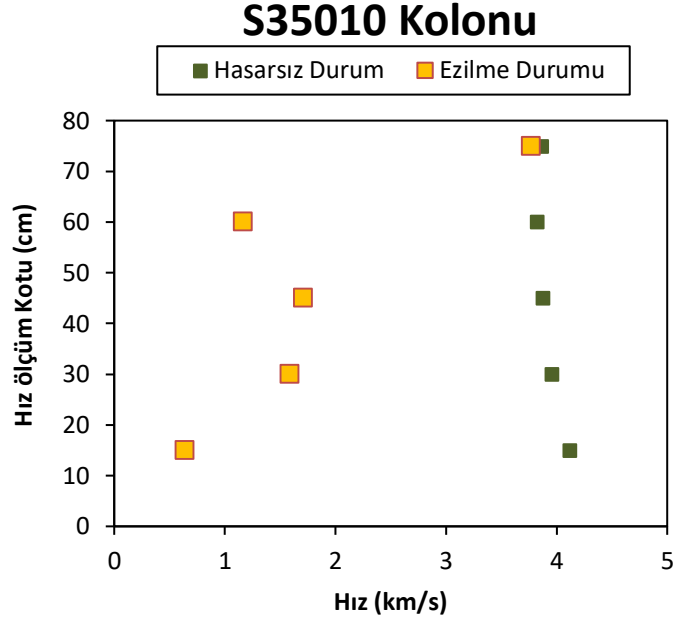
Şekil 4.40: S35010 Hız ölçüm kotu/L – Hız oranı grafiği

Akma durumunun yaşandığı esnada 45 cm ve 75 cm kotlarında çok büyük hız değişimleri gözlemlenmemiştir. 15 cm kotunda %44'lük bir hız kaybı yaşanmış olup, 30 cm kotunda ise %54'lük bir hız kaybı gözlemlenmiştir. 60 cm kotunda ise çok büyük hız kaybı gözlemlenmiş olup hesaplanan hız oranı %27'dir. Ölçülen en düşük hız ise yine 60 cm kotunda ölçülen 1,043 km/sn değeridir.

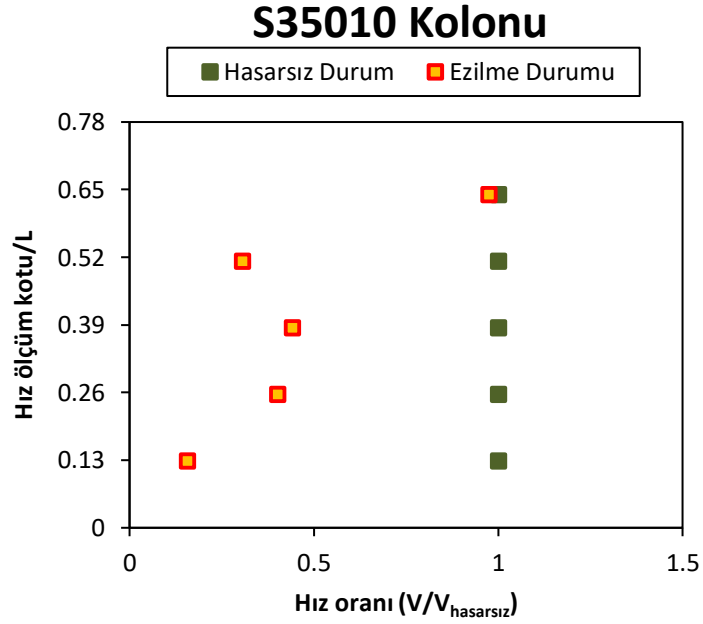
Ezilme Durumu

Çizelge 4.21: S35010 kolonunun ezilme anında kotlardaki hız değerleri

Boy oranı	Kot	Hasarsız Durum	Ezilme Durumu	Hız oranı
0,128205	15	4,123	0,644	0,156197
0,25641	30	3,961	1,59	0,401414
0,384615	45	3,879	1,712	0,441351
0,512821	60	3,825	1,168	0,305359
0,641026	75	3,869	3,772	0,974929



Şekil 4.41: S35010 Yükseklik-Hız grafiği



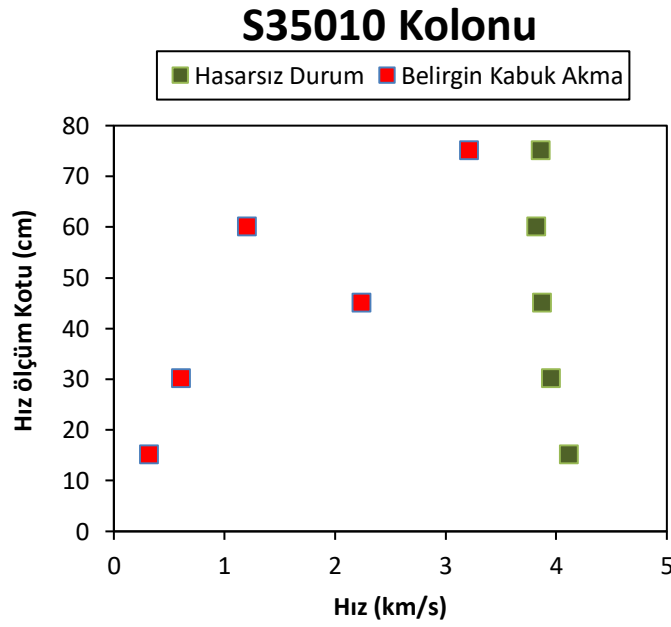
Şekil 4.42: S35010 Hız ölçüm kotu/L – Hız oranı grafiği

30 cm ve 45 cm kotlarında %60'a varan hız kayıpları hesaplanmıştır. 60 cm kotunda %70 hız kaybı gözlemlenmiştir. En çok hız kaybının yaşandığı ve en düşük hızın ölçüldüğü kot 15 cm kotudur. Bu kotta ölçülen ses geçiş hızı 0,644 km/sn olup hız oranı %15,6 olarak hesaplanmıştır.

Belirgin Kabuk Akma Durumu

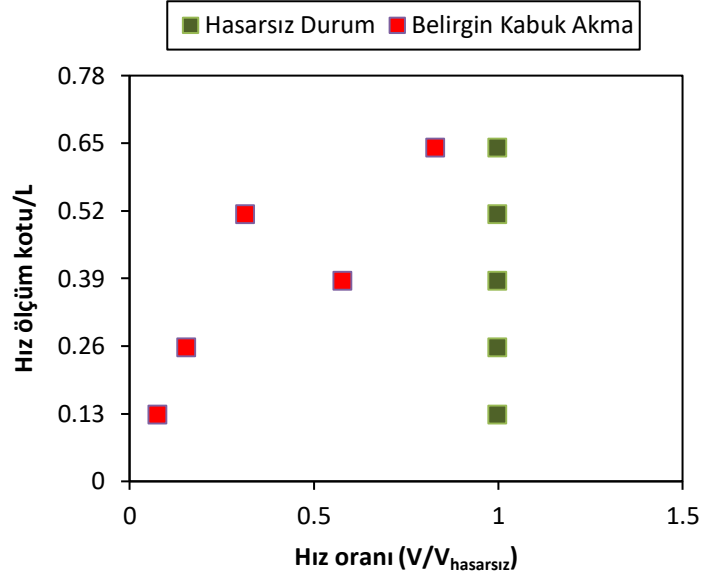
Çizelge 4.22: S35010 kolonunun belirgin kabuk akma anında kotlardaki hız değerleri

Boy oranı	Kot	Hasarsız Durum	Belirgin Kabuk Akma	Hız oranı
0,128205	15	4,123	0,324	0,078584
0,25641	30	3,961	0,615	0,155264
0,384615	45	3,879	2,248	0,579531
0,512821	60	3,825	1,21	0,31634
0,641026	75	3,869	3,219	0,831998



Şekil 4.43: S35010 Yükseklik-Hız grafiği

S35010 Kolonu



Şekil 4.44: S35010 Hız ölçüm kotu/L – Hız oranı grafiği

75 cm kotundaki hız oranı %83'e düşmüş olup, 45 cm kotundaki hız oranı %57,9'dur. Diğer 3 kottaki hız oranları %30 ve altındadır. En düşük hız oranı ve hız 15 cm kotunda ölçülmüştür. En düşük hız 0.324 km/sn olarak ölçülmüş olup en düşük hız oranı %7,8 olarak hesaplanmıştır.

4.2 Kolonlardaki 3 Farklı Kotta Ölçülen Hız Değerlerinin Ötelemeye Göre Değişimi

4.2.1 S45020 Kolonu

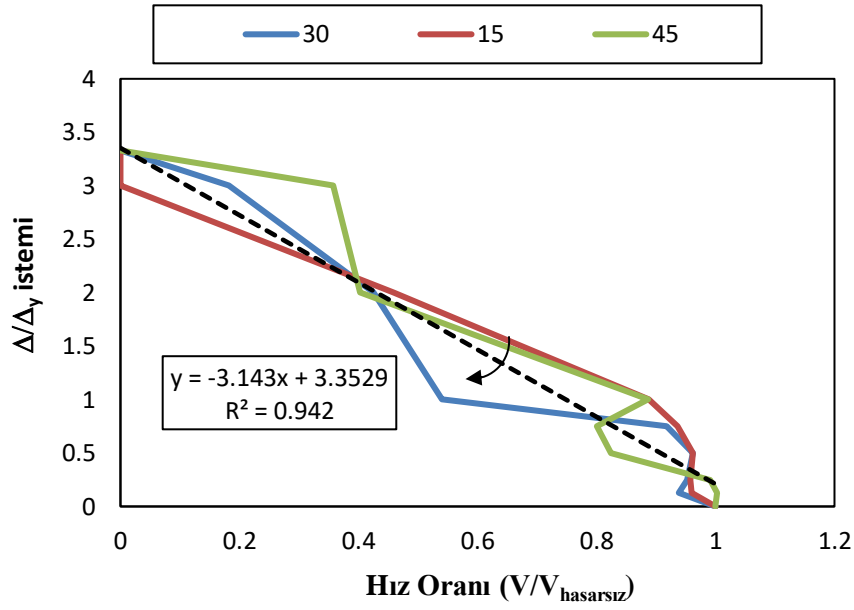
Çizelge 4.23: S45020 kolonunun + öteleme değerleri

Kot	0	0,125	0,25	0,5	0,75	1	2	3	3,33
15	1	0,960177	0,957615	0,961574	0,935957	0,887285	0,459013	0	0
30	1	0,938242	0,951804	0,961734	0,91814	0,540325	0,425769	0,182369	0
45	1	1,002693	0,990695	0,824437	0,801175	0,886876	0,402791	0,357493	0

Çizelge 4.24: S45020 kolonunun - öteleme değerleri

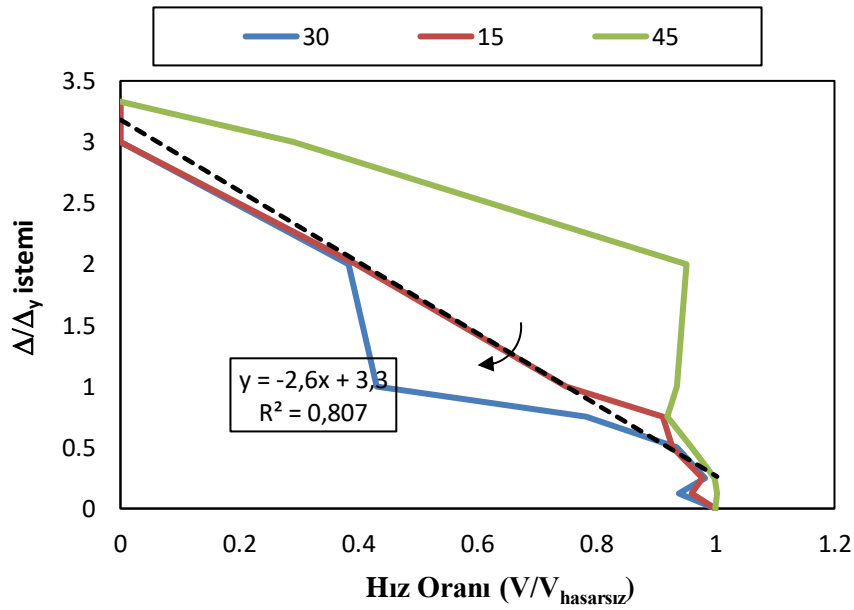
Kot	0	0,125	0,25	0,5	0,75	1	2	3	3,33
15	1	0,960177	0,977643	0,927108	0,911504	0,748952	0,395901	0	0
30	1	0,938242	0,982562	0,934609	0,782272	0,431097	0,383386	0	0
45	1	1,002693	0,998776	0,959598	0,918952	0,935113	0,951028	0,290402	0

S45020 Kolonu + Δ yüklemesi



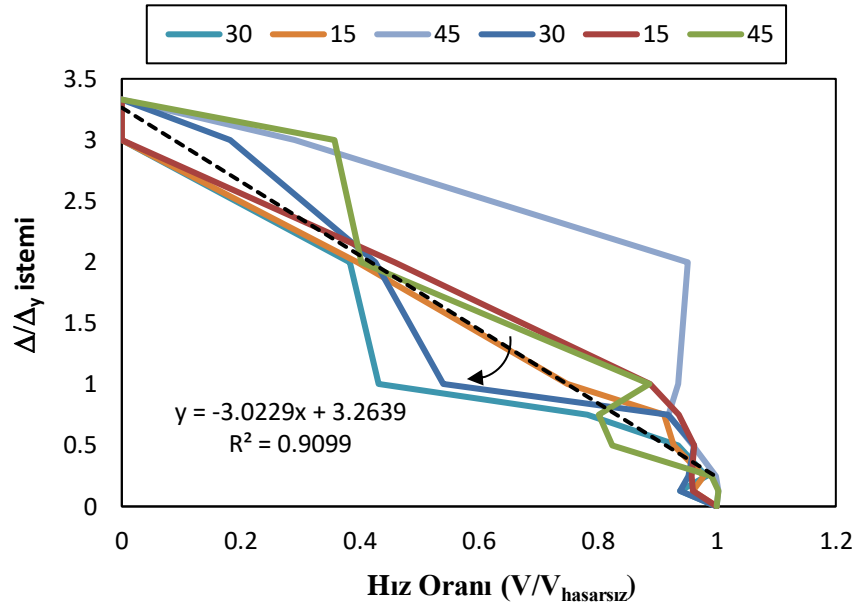
Şekil 4.45: S45020 Δ istemi – hız oranı grafiği

S45020 Kolonu - Δ yüklemesi



Şekil 4.46: S45020 Δ istemi – hız oranı grafiği

S45020 Kolonu $\pm\Delta$ yüklemesi



Şekil 4.47: S45020 Δ istemi – hız oranı grafiği

\pm ötelemelerin 30 cm kotlarında akma durumu gerçekleştiğinde ani hız oranı kayıpları gözlemlenmiş olup, - ötelemenin yapıldığı 45 cm kotunda hız oranı uzun süre sabit durup ezilme durumundan sonra ani düşüş göstermiştir. Diğer kotlarda akma durumundan sonra hız oranı düzenli olarak yavaşça azalmıştır. Bu kolonun hız oranı – delta istemi grafiğine ait en uygun doğru denklemi grafikte verilmiştir.

4.2.2 S45010 Kolonu

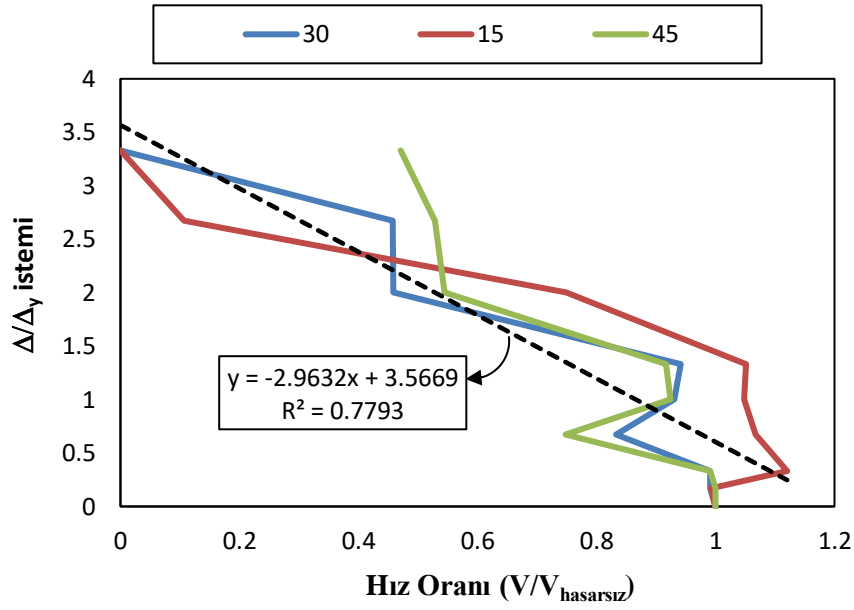
Çizelge 4.25: S45010 kolonunun + öteleme değerleri

Kot	0	0,167	0,33	0,67	1	1,33	2	2,67	3,33
15	1	0,991657	1,120412	1,067575	1,047553	1,051446	0,749444	0,106785	0
30	1	0,99072	0,99072	0,832455	0,930775	0,941309	0,458992	0,457487	0
45	1	1	0,991058	0,748084	0,924374	0,916709	0,5442	0,528871	0,470874

Çizelge 4.26: S45010 kolonunun - öteleme değerleri

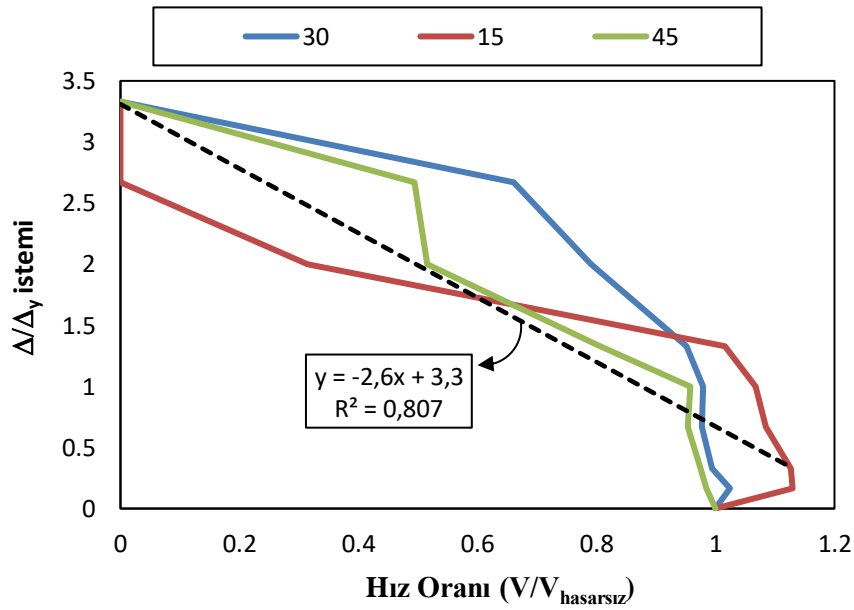
Kot	0	0,167	0,33	0,67	1	1,33	2	2,67	3,33
15	1	1,129588	1,126529	1,08426	1,067575	1,015295	0,314794	0	0
30	1	1,024329	0,994733	0,976674	0,979182	0,95084	0,791322	0,660396	0
45	1	0,98467	0,974706	0,953756	0,957588	0,806081	0,515074	0,493613	0

S45010 Kolonu + Δ yüklemesi



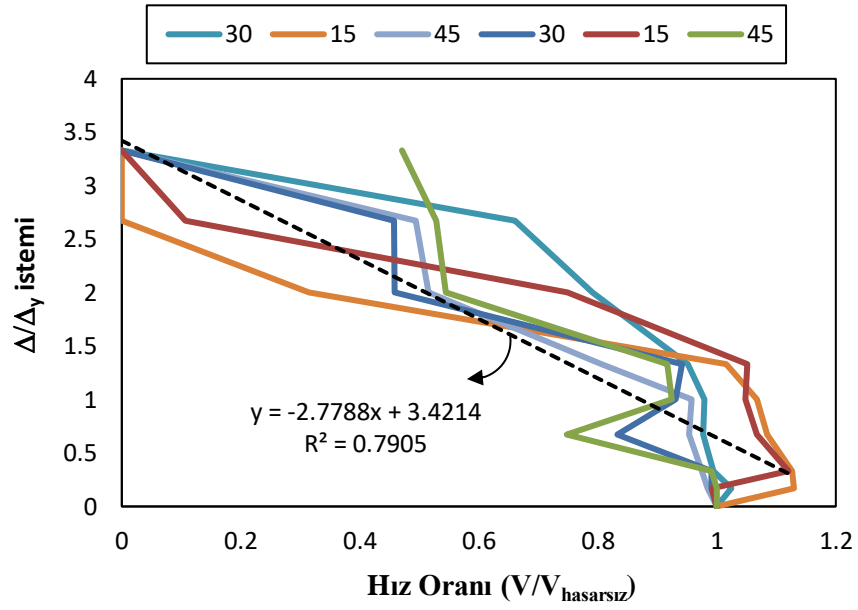
Şekil 4.48: S45010 Δ istemi – hız oranı grafiği

S45010 Kolonu - Δ yüklemesi



Şekil 4.49: S45010 Δ istemi – hız oranı grafiği

S45010 Kolonu $\pm\Delta$ yüklemesi



Şekil 4.50: S45010 kolonu Δ istemi – hız oranı grafiği

- ötelemenin yapıldığı 45 cm ve 30 cm kotlarındaki hız oranları akma yaşandıktan sonra azalmaya başlarken, \pm ötelemelerin 15 cm kotlarında ise hız oranı başta biraz artmış akma durumuna ulaştıktan sonra aniden düşüş göstermiştir. + ötelemenin yapıldığı 30 cm ve 45 cm kotlarında hız oranı ilk ölçümden sonra biraz azalıp sonra tekrar artmış akma durumu geçtikten sonra azalmaya devam etmiştir. Grafiklerdeki eğrilere ait doğru denklemi grafiklerde verilmiştir.

4.2.3 S45010b Kolonu

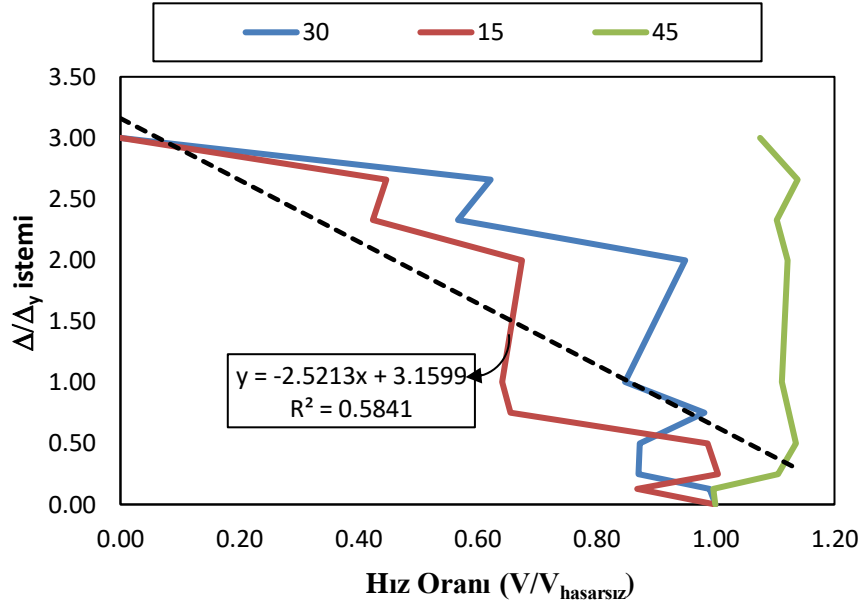
Çizelge 4.27: S45020b kolonunun + öteleme değerleri

Kot	0,00	0,13	0,25	0,50	0,75	1,00	2,00	2,33	2,66	3,00
15	1,00	0,87	1,00	0,99	0,66	0,64	0,67	0,42	0,45	0,00
30	1,00	0,99	0,87	0,87	0,98	0,85	0,95	0,57	0,62	0,00
45	1,00	1,00	1,11	1,13	1,12	1,11	1,12	1,10	1,14	1,08

Çizelge 4.28: S45020b kolonunun - öteleme değerleri

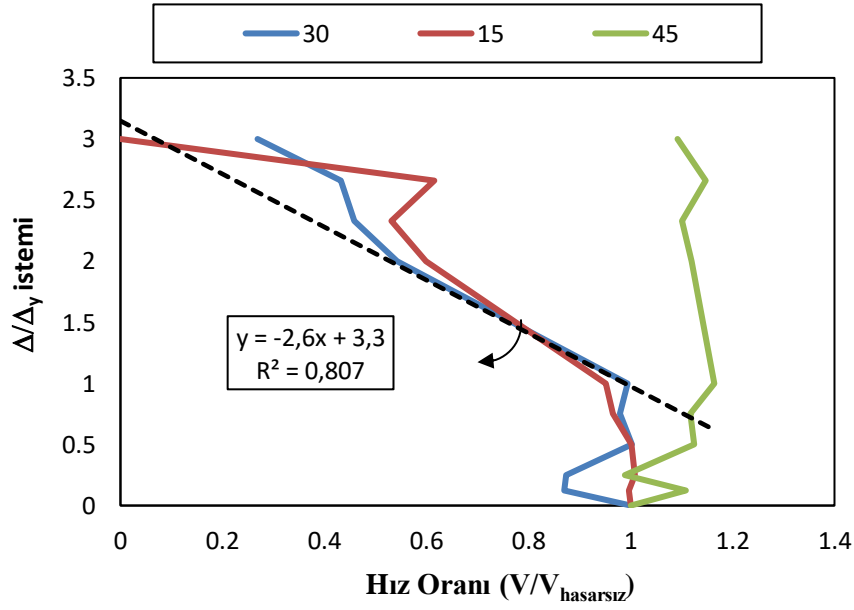
Kot	0	0,13	0,25	0,50	0,75	1,00	2,00	2,33	2,66	3,00
15	1	1,00	1,01	1,00	0,97	0,95	0,60	0,53	0,62	0,00
30	1	0,87	0,87	1,00	0,98	0,99	0,54	0,46	0,43	0,27
45	1	1,11	0,99	1,13	1,12	1,16	1,12	1,10	1,15	1,09

S45020b Kolonu + Δ yüklemesi



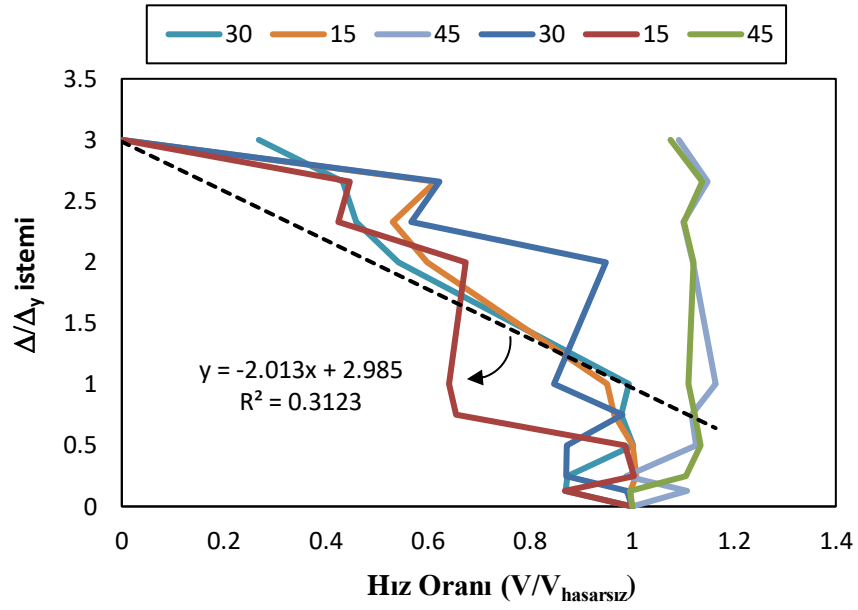
Şekil 4.51: S45020b kolonu Δ istemi – hız oranı grafiği

S45020b Kolonu - Δ yüklemesi



Şekil 4.52: S45020b kolonu Δ istemi – hız oranı grafiği

S45020b Kolonu $\pm\Delta$ yüklemesi



Şekil 4.53: S45020b kolonu Δ istemi – hız oranı grafiği

\pm ötelemenin yapıldığı 45 cm kotlarında hız oranları azalma göstermemiştir. + yapıldığı 15 cm kotunda hız oranı akma durumundan hemen önce ani bir düşüş göstermiş ve ezilme durumuna kadar sabit devam etmiştir. Grafiklerdeki eğrilere ait en uygun doğru denklemleri grafik üstüne verilmiştir.

4.2.4 S45010b Kolonu

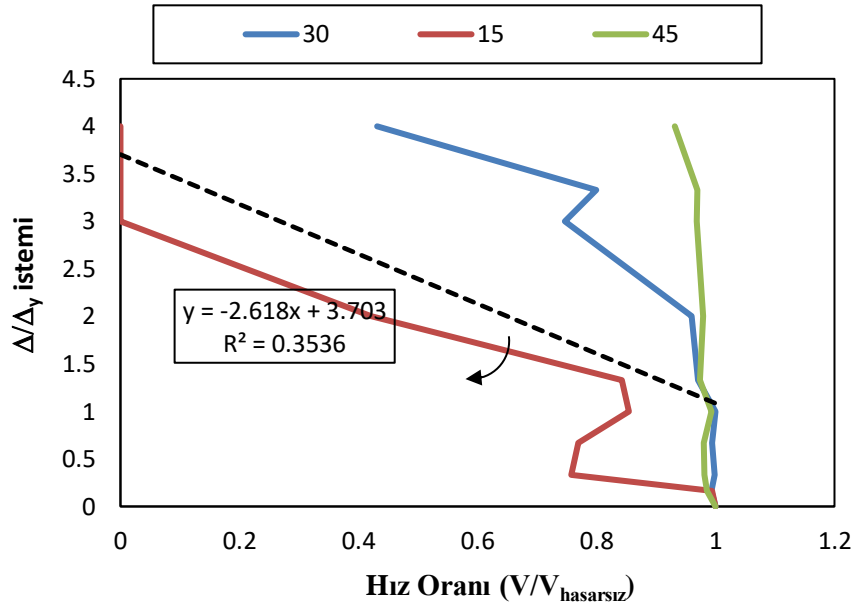
Çizelge 4.29: S45010b kolonunun + öteleme değerleri

Kot	0	0,167	0,330	0,670	1,000	1,330	2,000	3,000	3,330	4,000
15	1	0,995	0,758	0,769	0,854	0,843	0,421	0,000	0,000	0,000
30	1	0,993	0,999	0,994	1,000	0,971	0,960	0,747	0,800	0,431
45	1	0,986	0,982	0,980	0,993	0,974	0,979	0,968	0,969	0,932

Çizelge 4.30: S45010b kolonunun - öteleme değerleri

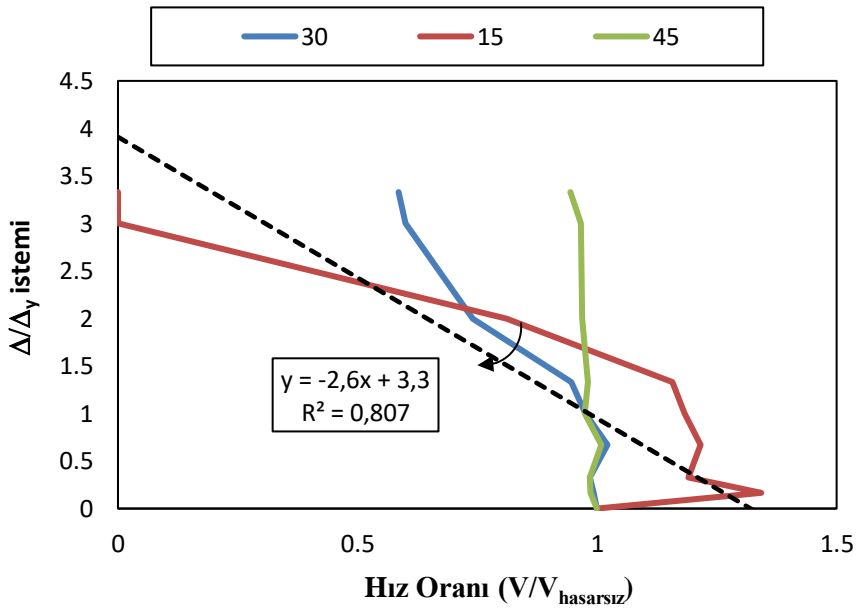
Kot	0	0,167	0,330	0,670	1,000	1,330	2,000	3,000	3,330	4,000
15	1	1,343	1,190	1,216	1,183	1,157	0,811	0,000	0,000	0,000
30	1	0,993	0,985	1,022	0,975	0,947	0,741	0,600	0,586	0,454
45	1	0,986	0,985	1,009	0,974	0,980	0,969	0,967	0,944	0,697

S45010b Kolonu + Δ yüklemesi



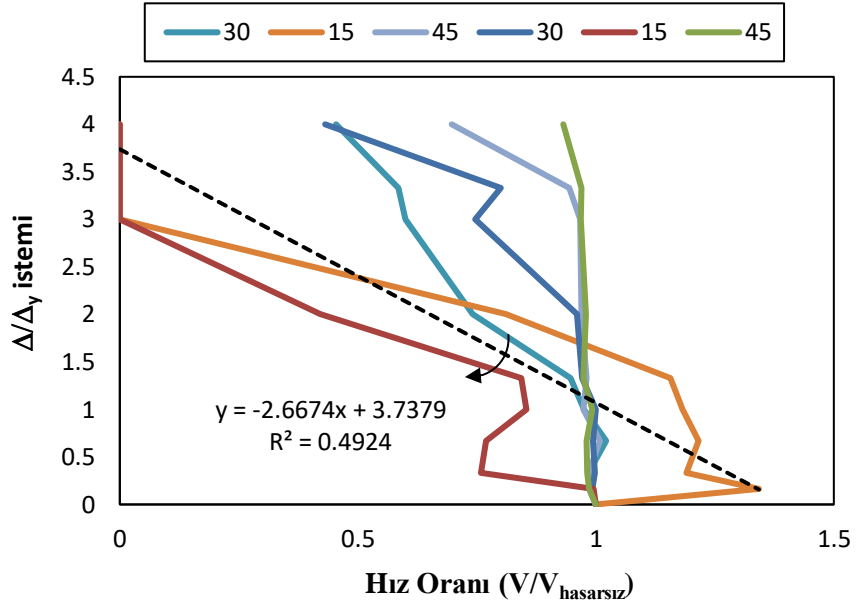
Şekil 4.54: S45010b kolonu Δ istemi – hız oranı grafiği

S45010b Kolonu - Δ yüklemesi



Şekil 4.55: S45010b kolonu Δ istemi – hız oranı grafiği

S45010b Kolonu $\pm\Delta$ yüklemesi



Şekil 4.56: S45010b kolonu Δ istemi – hız oranı grafiği

\pm ötelemenin yapıldığı 45 cm kotlarındaki hız oranları belirgin kabuk akma duruma kadar azalmadan sabit devam etmiştir. + ötelemenin yapıldığı 15 cm kotundaki hız oranında başta ani bir azalma gözlemlendikten sonra ikinci ani azalma akma durumundan sonra gerçekleşmiştir. Grafiklerdeki eğrilere ait en yakın doğru denklemi grafiklerin üstünde verilmiştir.

4.2.5 S35020 Kolonu

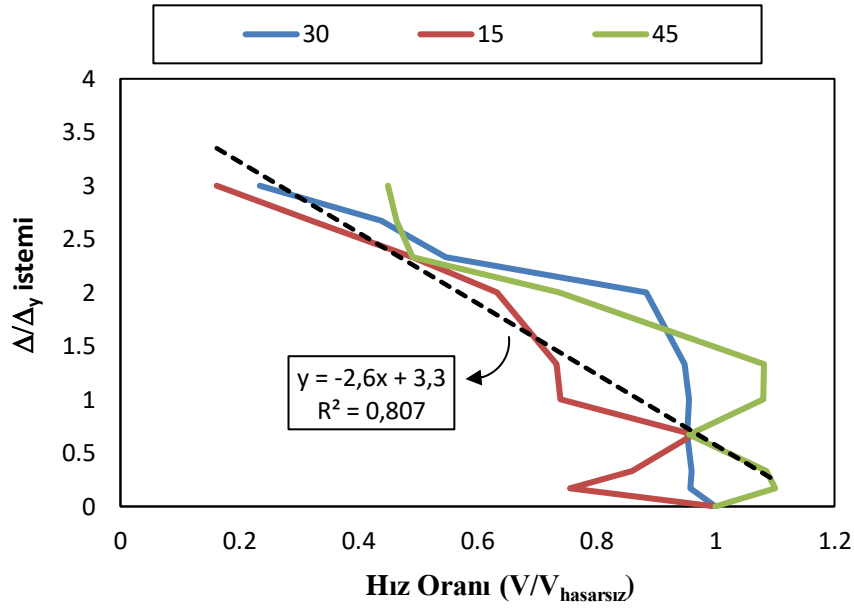
Çizelge 4.31: S35020 kolonunun + öteleme değerleri

Kot	0	0,167	0,330	0,670	1,000	1,330	2,000	2,330	2,670	3,000
15	1	0,756	0,860	0,963	0,739	0,733	0,633	0,491	0,321	0,162
30	1	0,958	0,960	0,952	0,956	0,948	0,884	0,547	0,438	0,234
45	1	1,100	1,086	0,955	1,080	1,082	0,738	0,491	0,464	0,450

Çizelge 4.32: S35020 kolonunun - öteleme değerleri

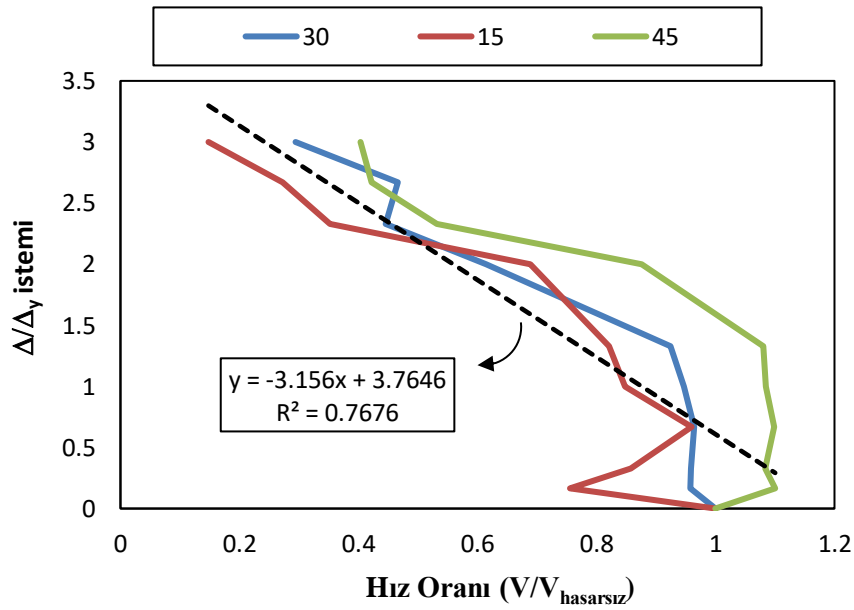
Kot	0	0,167	0,330	0,670	1,000	1,330	2,000	2,330	2,670	3,000
15	1	0,756	0,858	0,959	0,848	0,821	0,688	0,352	0,273	0,148
30	1	0,958	0,959	0,964	0,947	0,925	0,614	0,446	0,466	0,294
45	1	1,100	1,083	1,099	1,085	1,080	0,876	0,531	0,422	0,403

S35020 Kolonu + Δ yüklemesi



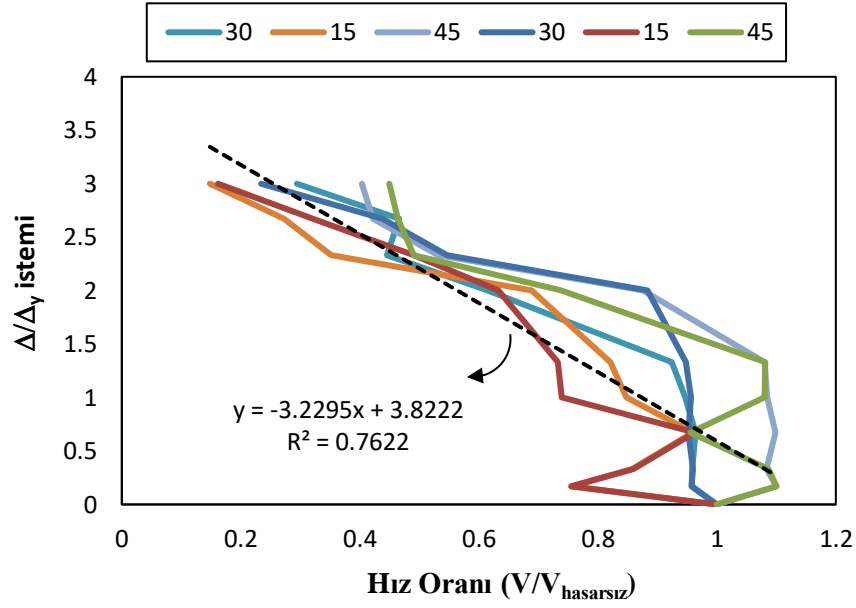
Şekil 4.57: S35020 kolonu Δ istemi – hız oranı grafiği

S35020 Kolonu - Δ yüklemesi



Şekil 4.58: S35020 kolonu Δ istemi – hız oranı grafiği

S35020 Kolonu $\pm\Delta$ yüklemesi



Şekil 4.59: S45010 kolonu Δ istemi – hız oranı grafiği

+ ötelemenin yapıldığı 15 cm kotundaki hız oranı akma durumundan hemen ani bir şekilde azalmış olup, ezilme durumuna kadar sabit kalmış daha sonra tekrar azalmaya devam etmiştir. – ötelemenin yapıldığı 30 cm kotundaki hız oranı ezilme durumundan önce ani düşüş göstermiştir. + ötelemenin yapıldığı 30 cm kotundaki hız oranı ezilme durumuna kadar sabit devam etmiş olup ezilme durumundan sonra keskin bir düşüş göstermiştir. Grafiklerdeki eğrilere ait en yakın doğru grafiği grafiklerin üstünde belirtilmiştir.

4.2.6 S35010 Kolonu

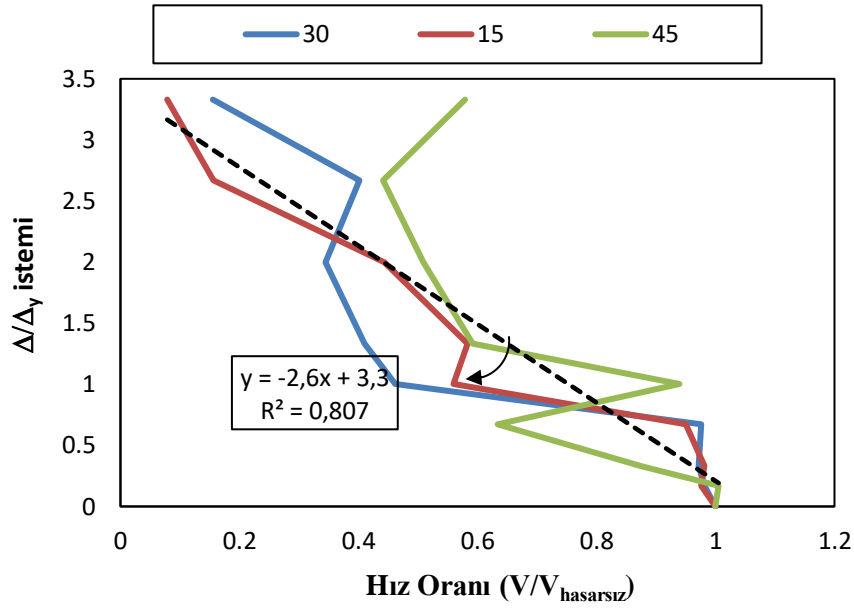
Çizelge 4.33: S35010 kolonunun + öteleme değerleri

Kot	0	0,167	0,33	0,67	1,00	1,33	2,00	2,67	3,33
15	1	0,976	0,981	0,951	0,560	0,583	0,443	0,156	0,079
30	1	0,982	0,972	0,976	0,462	0,410	0,344	0,401	0,155
45	1	1,005	0,874	0,633	0,939	0,592	0,509	0,441	0,580

Çizelge 4.34: S35010 kolonunun - öteleme değerleri

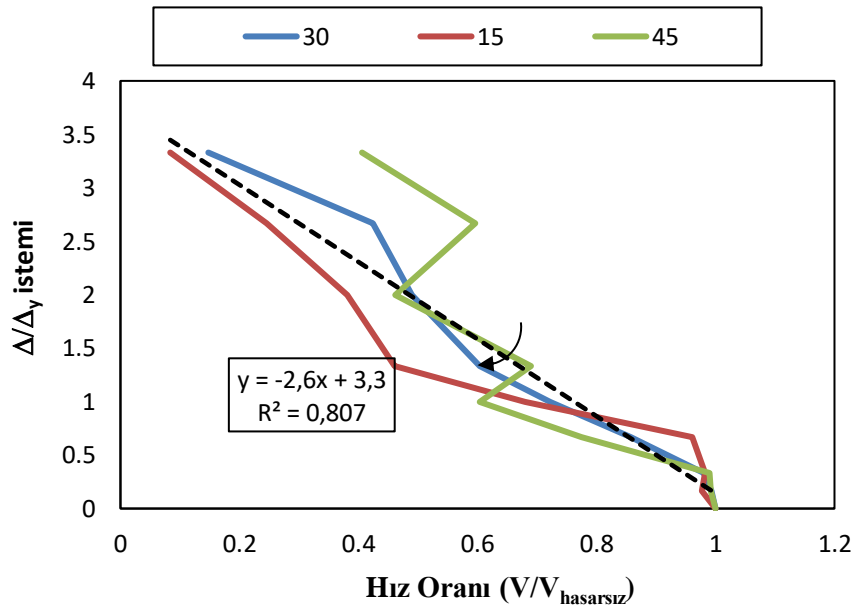
Kot	0	0,167	0,33	0,67	1	1,33	2	2,67	3,33
15	1	0,9772	0,9825	0,9607	0,6798	0,4606	0,3808	0,2455	0,0837
30	1	0,9934	0,9806	0,8576	0,7223	0,6036	0,4900	0,4246	0,1477
45	1	0,9923	0,9897	0,7752	0,6038	0,6899	0,4615	0,5960	0,4060

S35010 Kolonu + Δ yüklemesi



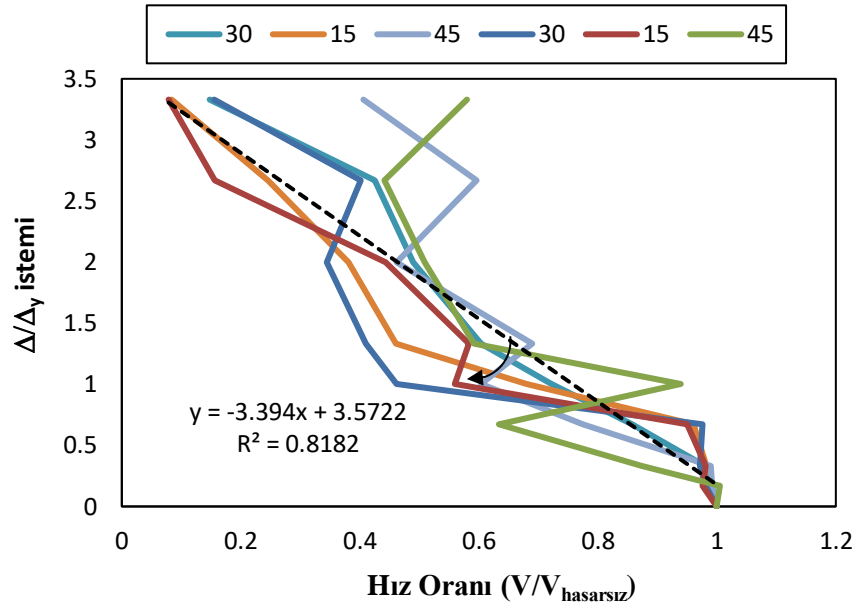
Şekil 4.60: S35010 kolonu Δ istemi – hız oranı grafiği

S35010 Kolonu - Δ yüklemesi



Şekil 4.61: S35010 kolonu Δ istemi – hız oranı grafiği

S35010 Kolonu $\pm\Delta$ yüklemesi



Şekil 4.62: S35010 kolonu Δ istemi – hız oranı grafiği

\pm kotlardaki hız oranlarının hepsi akma durumundan önce ani azalma göstermiştir. En büyük azalma + ötelemenin yapıldığı 30 cm kotunda gözlemlenmiştir. Grafiklerdeki eğrilere ait en uygun doğru denklemleri grafiklerin üzerinde verilmiştir.

4.2.7 S45035 Kolonu

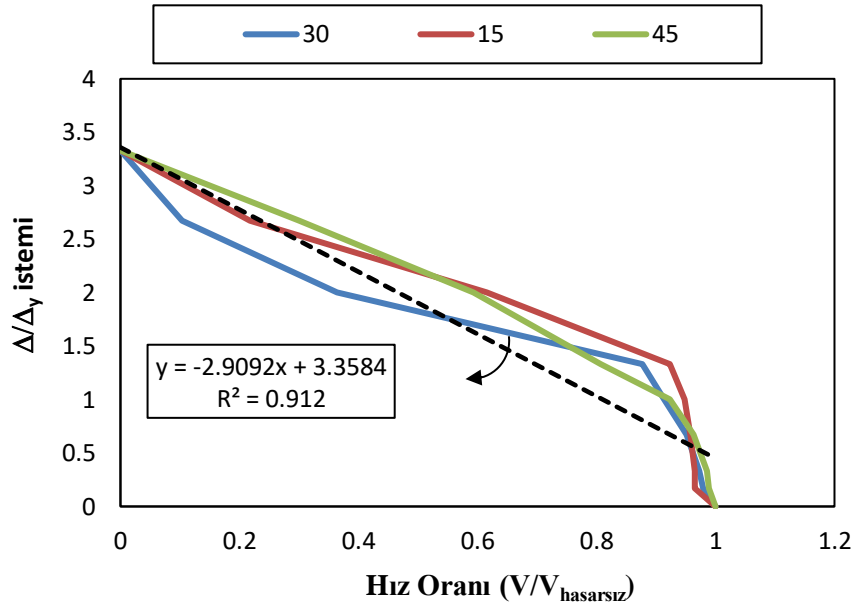
Çizelge 4.35: S45035 kolonunun + öteleme değerleri

Kot	0	0,167	0,33	0,67	1	1,33	2	2,67	3,33
15	1	0,965	0,965	0,958	0,948	0,923	0,615	0,217	0
30	1	0,979	0,972	0,951	0,914	0,877	0,364	0,104	0
45	1	0,988	0,986	0,963	0,923	0,807	0,593	0,300	0

Çizelge 4.36: S45035 kolonunun - öteleme değerleri

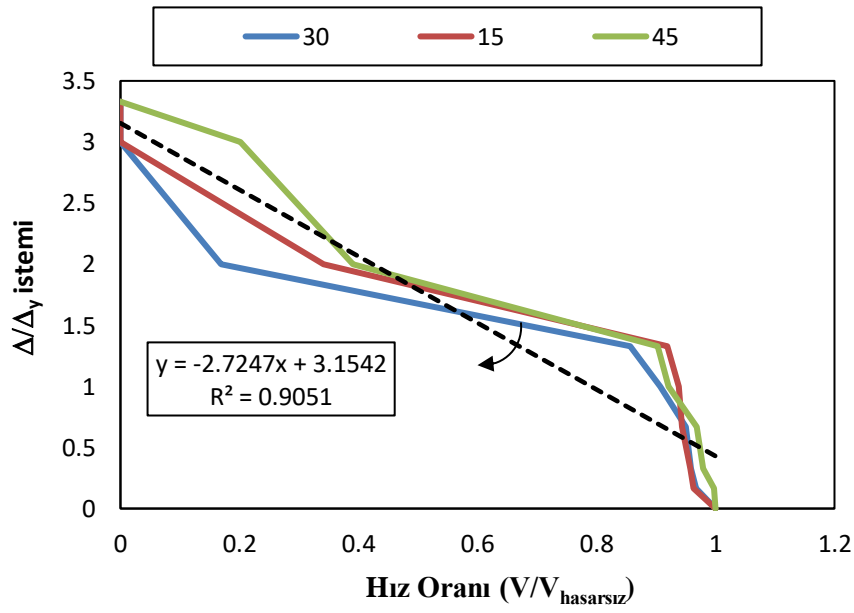
Kot	0	0,167	0,33	0,67	1	1,33	2	3	3,33
15	1	0,963	0,958	0,944	0,938	0,919	0,342	0,000	0
30	1	0,968	0,959	0,950	0,907	0,857	0,170	0,000	0
45	1	0,997	0,979	0,968	0,921	0,903	0,391	0,202	0

S45035 Kolonu + Δ yüklemesi



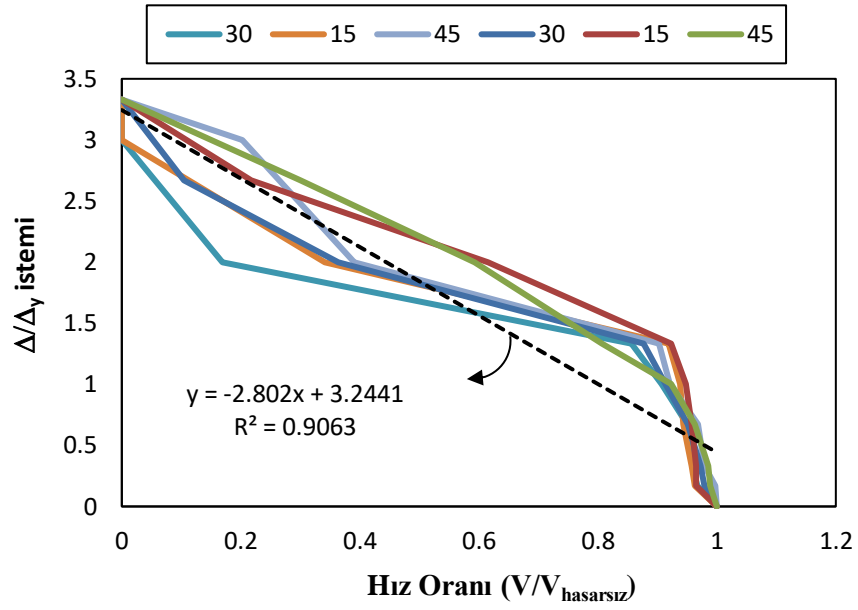
Şekil 4.63: S45035 kolonu Δ istemi + hız oranı grafiği

S45035 Kolonu - Δ yüklemesi



Şekil 4.64: S45035 kolonu Δ istemi – hız oranı grafiği

S45035 Kolonu $\pm\Delta$ yüklemesi



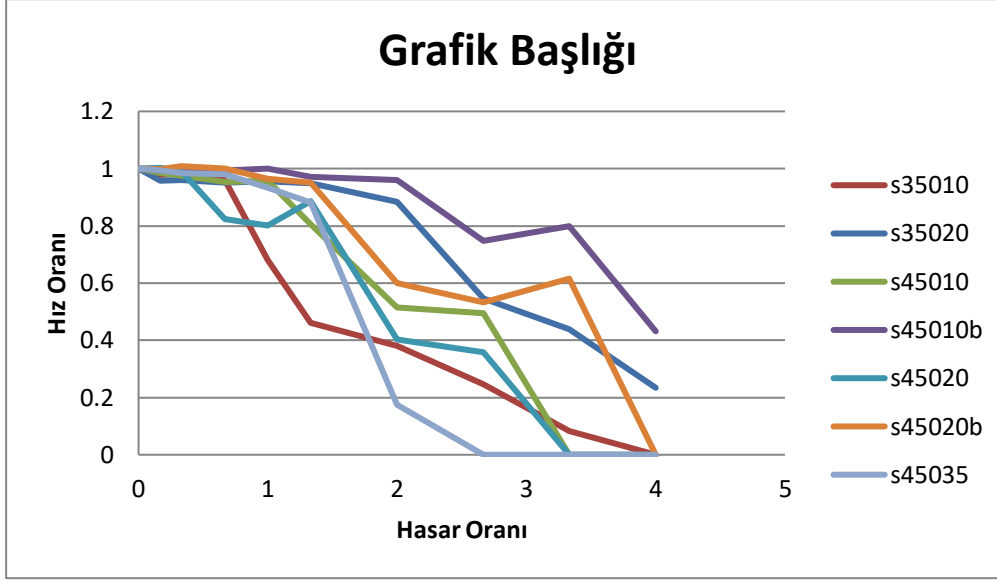
Şekil 4.65: S45035 kolonu Δ istemi \pm hız oranı grafiği

S45035 kolonuna uygulanan aksenal yük diğer kolonlara göre daha fazla olduğundan uzun bir süre boyunca ses geçiş hızlarında önemli bir değişiklik gözlemlenmemiş olup ezilme durumu gerçekleştiği anda çok büyük hız düşüşleri gözlemlenmiştir. En büyük hız düşüşün gözlemlendiği kot - ötelemenin yapıldığı 30 cm kotu olup %85'e varan hız kaybı yaşanmıştır. Grafiklerdeki eğrilere en uygun doğru formülleri grafiklerin üzerinde verilmiştir.

4.3 Kolonlardaki Ses Geçiş Hızlarındaki Değişimin Karşılaştırılması

Çizelge 4.37: Ses geçiş hızlarındaki değişimin tablosu

Kolon	0	0,167	0,33	0,67	1	1,33	2	2,67	3,33	4
s35010	1	0,977	0,983	0,961	0,680	0,461	0,381	0,245	0,084	0,000
s35020	1	0,958	0,960	0,952	0,956	0,948	0,884	0,547	0,438	0,234
s45010	1	0,985	0,975	0,954	0,958	0,806	0,515	0,494	0,000	0,000
s45010b	1	0,993	0,999	0,994	1,000	0,971	0,960	0,747	0,800	0,431
s45020	1	1,003	0,991	0,824	0,801	0,887	0,403	0,357	0,000	0,000
s45020b	1	0,997	1,009	1,001	0,965	0,952	0,600	0,532	0,615	0,000
s45035	1	0,995	0,986	0,979	0,932	0,881	0,174	0,000	0,000	0,000



Şekil 4.66: Hız oranı – Hasar oranı grafiği

Bu grafiğe göre S45020 ve S35010 kolonlarındaki hız oranı akma durumu meydana gelmeden azalmaya başlamıştır. Diğer kolonlarda hız oranında azalış akma meydana geldikten sonra gözlemlenmiştir. Kolonların çoğunda ezilmenin meydana geldiği esnada hız oranlarında düşüşler gözlenmiş olup, belirgin kabuk akma durumu meydana geldiğinde hız oranları çok düşmektedir. S45035 kolonunda hız oranlarının diğer kolonlara göre çok daha çabuk ve fazla düşmesinin sebebi bu kolona uygulanan normal kuvvet diğer kolonlara göre daha fazla olduğu için akma durumundan ezilme ve belirgin kabuk akma durumuna çok çabuk geçmesidir.

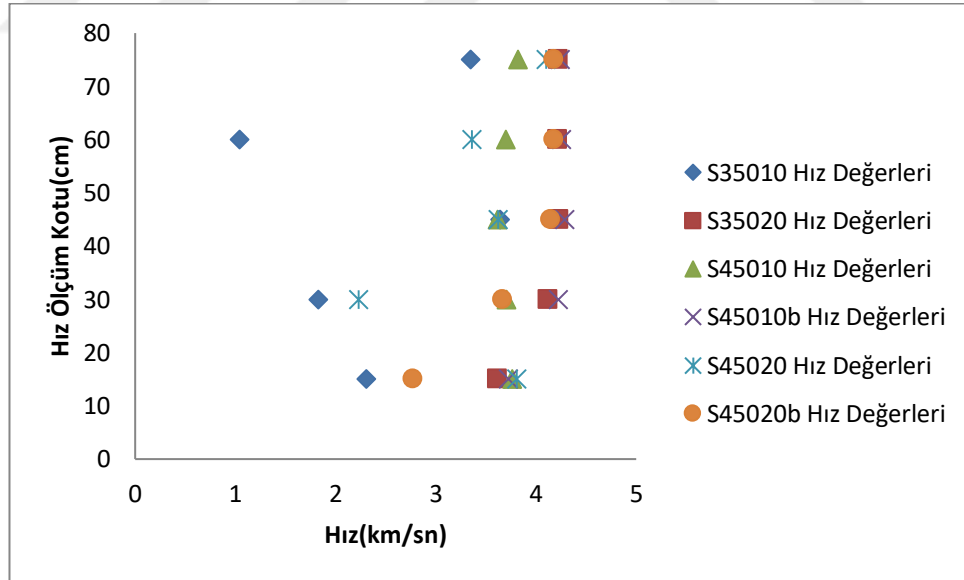
4.4 Akma, Ezilme ve Belirgin Kabuk Akma Esnasında Kolonlardaki Ölçülen Ses Geçiş Hızlarının Karşılaştırılması

Akma Durumu

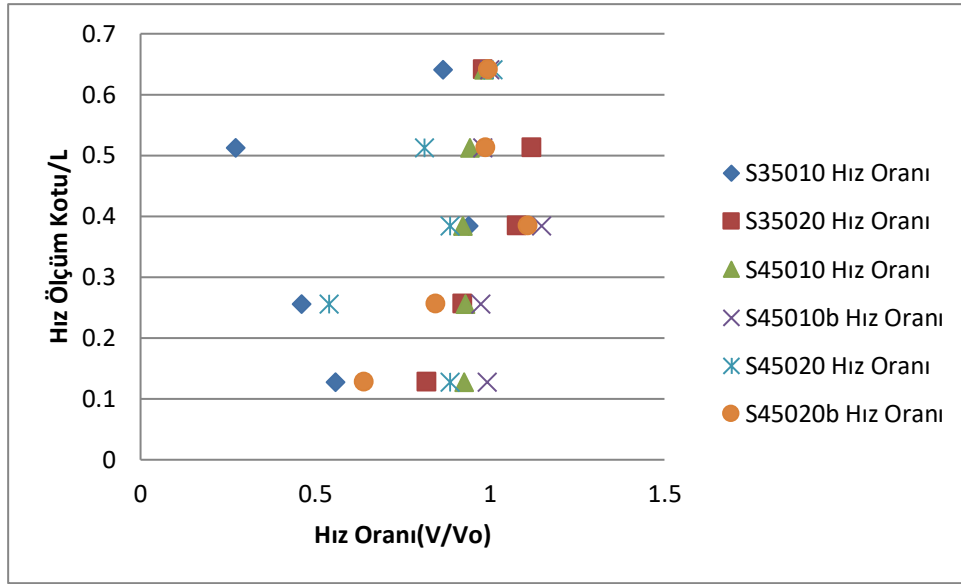
Çizelge 4.38: Akma durumunda hız değerleri ve hız oranları tablosu

Boy oranı	Kot	S35010 Hız Değerleri	S35010 Hız Oranı	S35020 Hız Değerleri	S35020 Hız Oranı	S45010 Hız Değerleri	S45010 Hız Oranı
0,128	15	2,307	0,559	3,618	0,820	3,767	0,927
0,256	30	1,829	0,461	4,123	0,924	3,711	0,930
0,384	45	3,644	0,939	4,233	1,080	3,618	0,924
0,512	60	1,043	0,272	4,216	1,121	3,702	0,943
0,641	75	3,352	0,866	4,228	0,983	3,82	0,984

Boy oranı	Kot	S45010b Hız Değerleri	S45010b Hız Oranı	S45020 Hız Değerleri	S45020 Hız Oranı	S45020b Hız Değerleri	S45020b Hız Oranı
0,128	15	3,725	0,993	3,81	0,887	2,774	0,641
0,256	30	4,228	0,974	2,231	0,540	3,671	0,847
0,384	45	4,288	1,149	3,622	0,886	4,146	1,111
0,512	60	4,257	0,980	3,363	0,814	4,181	0,990
0,641	75	4,245	1,001	4,101	1,009	4,181	0,997



Şekil 4.67: Yükseklik-Hız grafiği



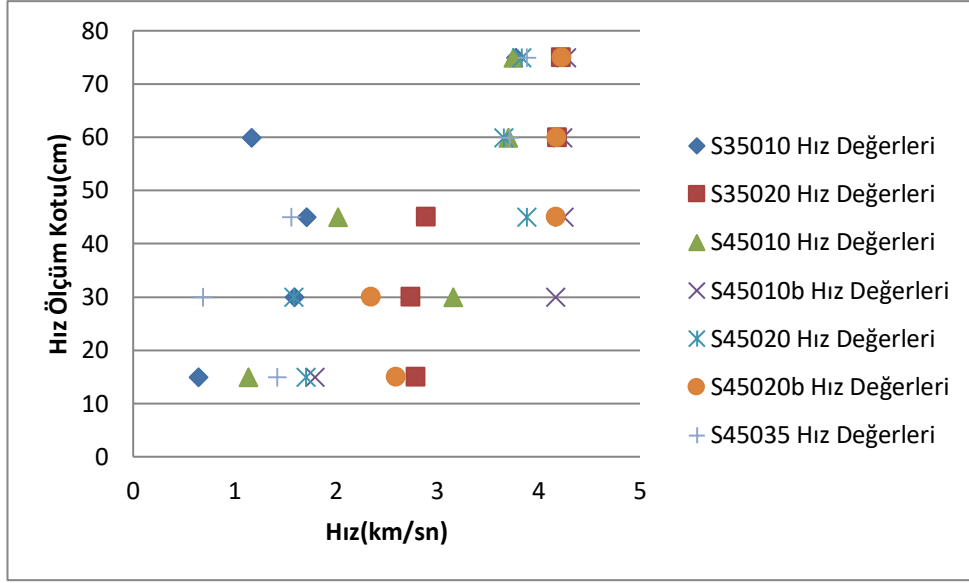
Şekil 4.68: Hız ölçüm kotu/L – Hız oranı grafiği

Akma durumu gerçekleştiğinde numunelerin çoğunda sadece 15cm ve 30 cm kotlarında ufak hız kayıpları gözlemlenmişken, S35010 numunesinde 60cm ve 30 cm kotlarında büyük hız kayıpları mevcuttur.

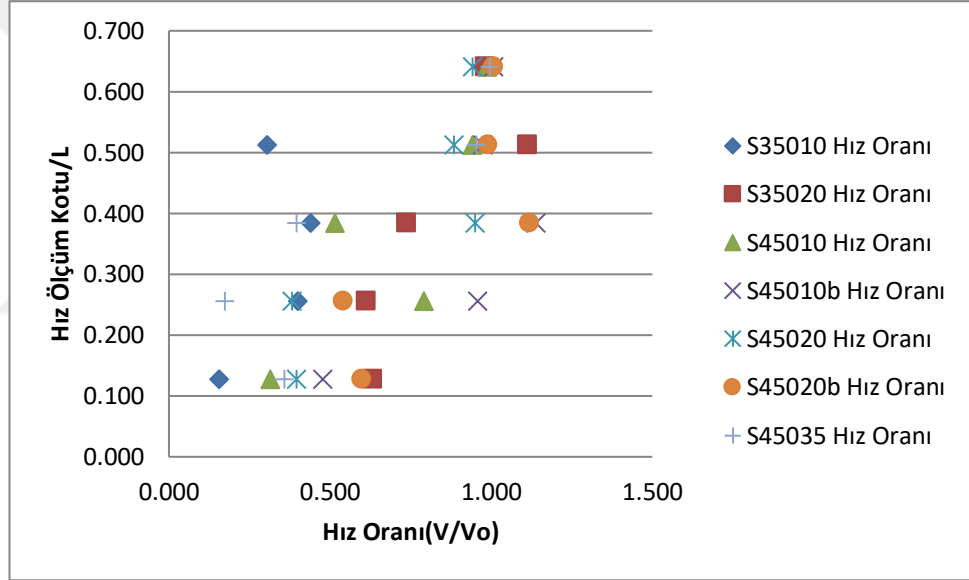
Ezilme Durumu

Çizelge 4.39: Ezilme durumunda hız değerleri ve hız oranları tablosu

Boy oranı	Kot	S35010 Hız Değerleri	S35010 Hız Oranı	S35020 Hız Değerleri	S35020 Hız Oranı	S45010 Hız Değerleri	S45010 Hız Oranı	S45010 b Hız Değerleri	S45010 b Hız Oranı
0,128	15	0,644	0,156	2,79	0,633	1,132	0,315	1,79	0,478
0,256	30	1,59	0,401	2,739	0,614	3,155	0,791	4,163	0,960
0,385	45	1,712	0,441	2,891	0,738	2,016	0,515	4,251	1,140
0,513	60	1,168	0,305	4,186	1,114	3,698	0,942	4,233	0,975
0,641	75	3,772	0,975	4,222	0,982	3,748	0,989	4,276	1,009
Boy oranı	Kot	S45020 Hız Değerleri	S45020 Hız Oranı	S45020b Hız Değerleri	S45020b Hız Oranı	S45035 Hız Değerleri	S45035 Hız Oranı		
0,128	15	1,7	0,396	2,593	0,600	1,419	0,359		
0,256	30	1,583	0,383	2,348	0,542	0,689	0,174		
0,385	45	3,884	0,951	4,175	1,119	1,556	0,397		
0,513	60	3,653	0,885	4,181	0,990	3,713	0,956		
0,641	75	3,83	0,943	4,228	1,009	3,879	0,997		



Şekil 4.69: Yükseklik-Hız grafiği



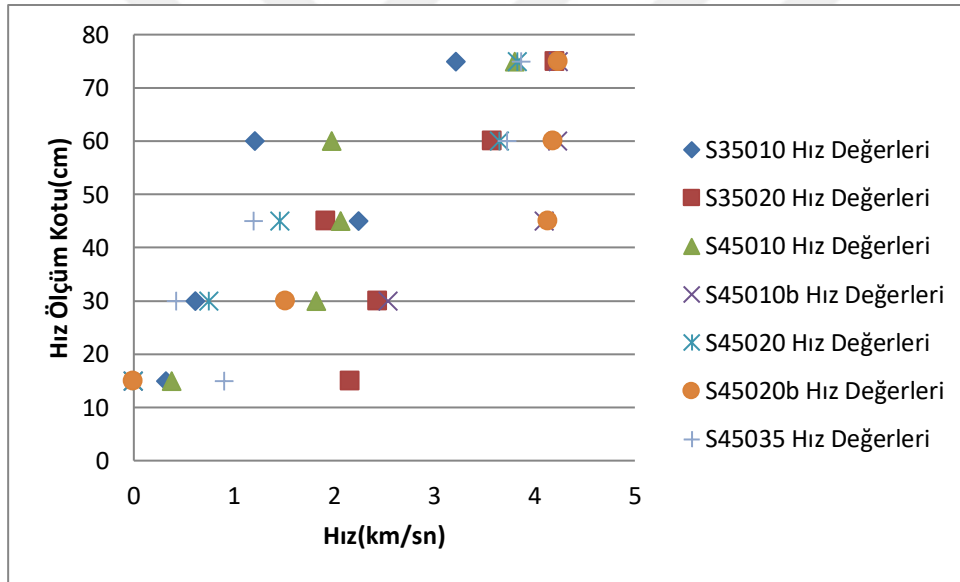
Şekil 4.70: Hız ölçüm kotu/L – Hız oranı grafiği

Ezilme durumunda, 15 cm ve 30 cm kotlarındaki hız kayıpları akma durumuna göre biraz daha fazlalaşmıştır. Yine S35010 kolonundaki hız kayıpları diğer kolonlara göre daha fazladır. S45035 kolonunda normal kuvvet daha fazla olduğu için akmadan sonra hemen ezilme durumuna geçiş olduğundan hız değerlerindeki düşüş diğer kolonlara göre biraz daha fazladır.

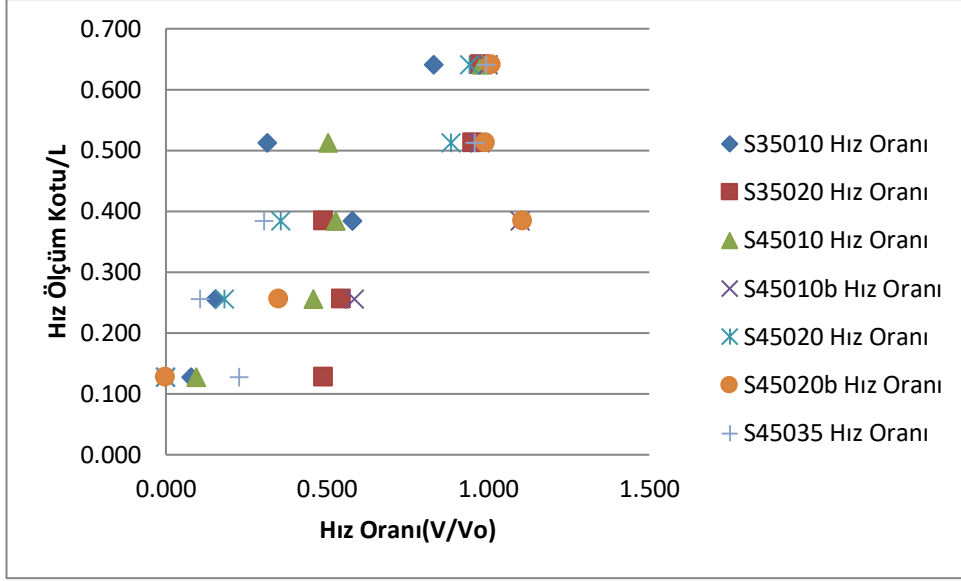
Belirgin Kabuk Akma Durumu

Çizelge 4.40: Belirgin kabuk akma durumunda hız değerleri ve hız oranları tablosu

Boy oranı	Kot	S35010 Hız Değerleri	S35010 Hız Oranı	S35020 Hız Değerleri	S35020 Hız Oranı	S45010 Hız Değerleri	S45010 Hız Oranı	S45010b Hız Değerleri	S45010b Hız Oranı
0,128	15	0,324	0,079	2,164	0,491	0,384	0,095	0	0
0,256	30	0,615	0,155	2,437	0,547	1,824	0,457	2,54	0,586
0,385	45	2,248	0,580	1,923	0,491	2,07	0,529	4,101	1,099
0,513	60	1,21	0,316	3,583	0,953	1,975	0,503	4,233	0,975
0,641	75	3,219	0,832	4,204	0,978	3,805	0,981	4,239	1
Boy oranı	Kot	S45020 Hız Değerleri	S45020 Hız Oranı	S45020b Hız Değerleri	S45020b Hız Oranı	S45035 Hız Değerleri	S45035 Hız Oranı		
0,128	15	0	0	0	0	0,902	0,228		
0,256	30	0,753	0,182	1,519	0,351	0,423	0,107		
0,385	45	1,46	0,357	4,135	1,109	1,196	0,305		
0,513	60	3,653	0,885	4,189	0,992	3,725	0,959		
0,641	75	3,83	0,943	4,236	1,010	3,87	0,995		



Şekil 4.71: Yükseklik-Hız grafiği



Şekil 4.72: Hız ölçüm kotu/L – Hız oranı grafiği

Belirgin kabuk akma durumu meydana geldiğinde 15 cm kotundaki hız değerleri neredeyse sıfıra yaklaşmış durumda, 30 cm kotundaki hızlar da bu hızlardan biraz daha fazladır. 75 cm kotundaki hızlarda pek bir değişiklik görülmezken 60 cm kotunda iki numunenin hız oranlarında yüksek düşüşler gözlemlenmiştir.

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu tez çalışmasında deprem sonrası sismik performansının tahribatsız yöntemlerle hesaplanması amaçlanmıştır. Bu amaç doğrultusunda farklı betonarme kolonlara uygulanan farklı yükler altındaki davranışlarının analizi yapılmıştır. Çalışmada, 7 farklı betonarme kolon numunesinin farklı yükler altındaki zamanla değişen performansları cihazlarla kayıt altına alınmıştır. Ultra ses cihazı ile kolonların iki ucu arasındaki ses geçiş hızları ölçülüp excel programı üzerinde grafiklendirilmiştir. Yapılan deneyler sonucu tespit edilen akma, ezilme ve belirgin ezilme durumları ile ses geçiş hızları arasındaki bağlantılar excel programında incelenmiş olup grafik haline getirilmiştir.

Yapılan çalışmada sonuç olarak; yedi adet betonarme kolona farklı yatay ve düşey yükler etki uygulanmıştır. Bu betonarme kolonlarda akma, ezilme ve belirgin kabuk akma anında kolonlardaki ses geçiş hızları incelenmiştir.

Kolonlardaki 3 farklı kotta ölçülen hız değerlerinin öteleme göre değişimi incelenmiştir.

Kolonlardaki ses geçiş hızlarındaki değişimler karşılaştırılmıştır.

Akma, ezilme ve belirgin kabuk akma esnasında kolonlarda ölçülen ses geçiş hızlarının karşılaştırılması incelenmiştir.

Betonarme bir kesitte hasar sıralaması çatlak oluşumu, boyuna donatı akması, paspayı dökülmesi, beton ezilmesi ve donatı burkulması adımları ile oluşmaktadır. Kesit taşıma gücünü donatıların burkulmasının ardından tamamen kaybetmektedir. Bu sebeple deprem bölgelerinde yapılacak binalarda etriye düzenlenmesi burkulmayı önlemek açısından çok önemlidir.

Yatay kuvvet arttıkça kolonların mafsala yakın noktadaki hasar miktarı ve kolon içindeki boşluk miktarı gittikçe artmaktadır. Artan boşluk miktarı sayesinde ses hızı yöntemi kullanılarak kolonun akma, ezilme ya da belirgin kabuk akma durumlarından hangi evrede olduğu tespit edilebilir.

Akma durumuna kadar numunelerde oluşan hasar yok denecek miktarda gözlemlenmiş olup hız oranlarında düşüşün çok az olduğu ölçülmüştür. Akma ve ezilme durumları arasında hız geçiş hızlarında düşüş gözlemlendiği için bu aralıkta kolonların artık az hasarlı hasar sınıfında oldukları gözlemlenmiştir. Ezilme ve belirgin kabuk akma durumları arasında belirgin hız düşüşleri gözlemlendiği için kolonların içerisindeki boşluk miktarlarında önemli bir artış vardır ve kolonlar artık orta dereceli hasar sınıfında oldukları gözlemlenmiştir. Belirgin kabuk akma durumundan sonra ölçülen hız değerleri çok düşük olduğu için kolonlar artık ağır hasarlı sınıfında olduğu gözlemlenmiştir.

Betonarme içindeki donatının tam olarak ne zaman ve ne kadarlık kısmının burkulacağını söyleyebilmek için daha ileri ve parametrik modelleme teknikleri geliştirilmelidir.

KAYNAKLAR

- [1] **Özçep, F., Karabulut, S., Özgüven, B., Sanlı, O.,** (2012). “Tahribatsız Test Yöntemleri ve Ultrasonik Hız Ölçümleri”
- [2] **Arıöz, Ö.,** (2004). “Beton Dayanımının Standart Tahribatlı, Yarı-Tahribatlı ve Tahribatsız Yöntemlerle Belirlenmesi”
- [3] **Erdal, M.,** (2002). “Beton Basınç Dayanımının Bazı Tahribatsız Test Yöntemleriyle Belirlenmesi”
- [4] **Uyanık, O., Gülay, F G., Tezcan, S.,** (2012) “Beton Dayanımının Tahribatsız Ultrasonik Yöntemle Tayini”

İnternet Kaynakları

- [1] **Url-1**<<https://teknolojirojeleri.com/teknik/deprem>>, 10.05.2019.
- [2] **Url-2**<http://www.yapiguclendirme.com/hasartespiti.html> 14.05.2018
- [3] **Url-3**< <http://kisi.deu.edu.tr/huseyin.catal/>> 10.05.2019
- [4] **Url-4**< <http://www.insaatim.com/index.php?pid=yazidetay&yazi=14>> 10.05.2019
- [5] **Url-5**< http://www.imo.org.tr/resimler/ekutuphane/pdf/17215_13_50.pdf> 10.05.2019
- [6] **Url-6**< <https://www.hira.com.tr/Tr/Urun/Ultrasonik-Beton-Test-Cihazı>> 10.05.2019
- [7] **Url-7**< <https://www.pcte.com.au/construction-test-and-measure-april-2017>> 10.05.2019
- [8] **Url-8**< <http://insaateknigi.blogspot.com/2014/06/ultrasonik-test-cihaz.html>> 10.05.2019
- [9] **Url-9**< <http://www.ilkeymeseli.com/2011/05/linear-variable-differential-transformers-lvdt/>> 10.05.2019
- [10] **Url-10**< <http://testart.com.tr/yayli-lvdt-sdvb>> 10.05.2109





ÖZGEÇMİŞ

Ad Soyad:

Umut ATAY

Doğum Yeri ve Tarihi:

Fethiye/1990

E-posta:

umutatay16@hotmail.com

ÖĞRENİM DURUMU:

Lisans:

2015, İstanbul Teknik

Üniversitesi / İnşaat



