

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**UZUN DALGALARIN DÜŞEY YÜZLÜ KIYI
YAPILARI ÜZERİNDEKİ ETKİLERİNİN DENEYSEL
OLARAK İNCELENMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Gemi İnş. ve Gemi Mak. Müh. Atakan YÜCE

Anabilim Dalı : Kıyı Bilimleri ve Mühendisliği

Programı : Kıyı Bilimleri ve Mühendisliği

Tez Danışmanı: Prof.Dr. Sedat KABDAŞLI

HAZİRAN 2007

**UZUN DALGALARIN DÜŞEY YÜZLÜ KIYI
YAPILARI ÜZERİNDEKİ ETKİLERİNİN DENEYSEL
OLARAK İNCELENMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Gemi İnş. ve Gemi Mak. Müh. Atakan YÜCE

(517041002)

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih: 7 Mayıs 2007

Tezin Savunulduğu Tarih : 13 Haziran 2007

Tez Danışmanı : Prof.Dr. Sedat KABDAŞLI

Diğer Jüri Üyeleri Doç.Dr. Şevket ÇOKGÖR (İTÜ)

Doç.Dr. Hakan AKYILDIZ (İTÜ)

HAZİRAN 2007

ÖNSÖZ

Bu tez çalışmasında uzun periyot ve dalga boyuna sahip su dalgalarının düşey yüzlü kıyı yapıları üzerindeki etkileri deneysel olarak incelenmiştir.

Çalışmam boyunca benden yardımlarını ve desteğini esirgemeyen danışman hocam Prof. Dr. Sedat KABDAŞLI'ya teşekkür ederim.

Ayrıca, şimdiye kadar olduğu gibi bu çalışmada da bana sonsuz destek olan aileme teşekkürü bir borç bilirim.

Haziran, 2007

Atakan YÜCE

İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ	ii
KISALTMALAR	iv
TABLO LİSTESİ	v
ŞEKİL LİSTESİ	vi
SEMBOL LİSTESİ	viii
ÖZET	ix
SUMMARY	x
1. GİRİŞ	1
2. TSUNAMI TİPİ UZUN DALGALAR VE DÜŞEY YÜZLÜ KIYI YAPILARI	2
3. DENEYSEL ÇALIŞMA	7
3.1. Deney Sistemi	7
3.1.1. Dalga Kanalı	7
3.1.2. Dalga Üretici	8
3.1.3. Veri Kayıt Sistemi	11
3.2. Deney Prosedürü	12
3.2.1. Keson I (Büyük Keson)	12
3.2.2. Keson II (Orta Keson)	15
3.2.3. Keson III (Küçük Keson)	17
4. DENEYLER VE DEĞERLENDİRME	19
5. SONUÇLAR VE TARTIŞMA	35
KAYNAKLAR	36
EKLER	37
ÖZGEÇMİŞ	85

KISALTMALAR

FR. : Filtre-regülatör

cm : Santimetre

m : Metre

mBar : Milibar

TABLO LİSTESİ

	<u>Sayfa No</u>
Tablo 4.1 Yapılan deneyler, açıklamaları ve sonuçları.....	22
Tablo 4.2 Ölçülen basınçlar, Tanimoto yöntemi ile hesaplanan basınçlar ve hata yüzdeleri	34

ŞEKİL LİSTESİ

	<u>Sayfa No</u>
Şekil 2.1	Su altı depremi ve deniz tabanının yer değiştirmesi ile harekete geçen su kütlesi.....3
Şekil 2.2	Su yüzeyindeki bozulma sonucu oluşan ve yayılan uzun dalga.....3
Şekil 2.3	Tanimoto'ya göre keson üzerinde kırılmamış bir tsunaminin meydana getireceği basınç dağılımı.....5
Şekil 3.1	Kullanılan deney kanalının fotoğrafı.....8
Şekil 3.2	Hava hazırlayıcı (şartlandırıcı).....9
Şekil 3.3	Filtre-Regülatör (FR).....10
Şekil 3.4	Yağlayıcı (Y).....10
Şekil 3.5	Yatay levhaya bağlı pistonu iki farklı yönde çalıştırabilen el kumandalı sürgülü tip valf.....11
Şekil 3.6	Keson I (Büyük Keson) boyutları12
Şekil 3.7	Keson I önden görünüş ve basınçölçer konumları.....13
Şekil 3.8	Keson I palyeli konfigürasyonun kanal içindeki görünümü.....14
Şekil 3.9	Keson I palyeli konfigürasyon ve yapı önü dalga probunun kanal içindeki görünümü.....14
Şekil 3.10	Keson II (Orta Keson) boyutları.....15
Şekil 3.11	Keson II önden görünüş ve basınçölçer konumları.....15
Şekil 3.12	Keson II palyesiz konfigürasyonun deney kanalı içindeki görünümü.....16
Şekil 3.13	Keson II palyesiz konfigürasyon ve yapı önü dalga probunun kanal içindeki görünümü.....16
Şekil 3.14	Keson III (Küçük Keson) boyutları.....17
Şekil 3.15	Keson III önden görünüş ve basınçölçer konumları.....17
Şekil 3.16	Keson III palyesiz konfigürasyonun kanal içindeki görünümü.....18
Şekil 3.17	Keson III palyesiz konfigürasyon ve yapı önü dalga probunun kanal içindeki görünümü.....19
Şekil 4.1	Dalga problemlerinden alınan su seviyesi değişimi verileri.....20
Şekil 4.2	Yapı üzerindeki maksimum dinamik basınç dağılımı.....21
Şekil 4.3	Basınçölçer verilerinden elde edilen zaman-dinamik basınç grafiği.....21
Şekil 4.4	Keson I (Büyük Keson) palyesiz konfigürasyon, açık deniz dalga yüksekliği ve sakin su seviyesindeki maksimum dinamik basınç ilişkisi.....24
Şekil 4.5	Keson I (Büyük Keson) palyeli konfigürasyon, açık deniz dalga yüksekliği ve sakin su seviyesindeki maksimum dinamik basınç ilişkisi.....24

Şekil 4.6	Keson II (Orta Keson) palyesiz konfigürasyon, açık deniz dalga yüksekliği ve sakin su seviyesindeki maksimum dinamik basınç ilişkisi.....	25
Şekil 4.7	Keson II (Orta Keson) palyeli konfigürasyon, açık deniz dalga yüksekliği ve sakin su seviyesindeki maksimum dinamik basınç ilişkisi.....	25
Şekil 4.8	Keson III (Küçük Keson) palyesiz konfigürasyon, açık deniz dalga yüksekliği ve sakin su seviyesindeki maksimum dinamik basınç ilişkisi.....	26
Şekil 4.9	Keson III (Küçük Keson) palyeli konfigürasyon, açık deniz dalga yüksekliği ve sakin su seviyesindeki maksimum dinamik basınç ilişkisi.....	26
Şekil 4.10	Keson I (Büyük Keson) palyesiz konfigürasyon, açık deniz dalga yüksekliği ve farklı konumlardaki maksimum dinamik basınçlar arasındaki ilişki.....	27
Şekil 4.11	Keson I (Büyük Keson) palyeli konfigürasyon, açık deniz dalga yüksekliği ve farklı konumlardaki maksimum dinamik basınçlar arasındaki ilişki.....	27
Şekil 4.12	Keson II (Orta Keson) palyesiz konfigürasyon, açık deniz dalga yüksekliği ve farklı konumlardaki maksimum dinamik basınçlar arasındaki ilişki.....	28
Şekil 4.13	Keson II (Orta Keson) palyeli konfigürasyon, açık deniz dalga yüksekliği ve farklı konumlardaki maksimum dinamik basınçlar arasındaki ilişki.....	28
Şekil 4.14	Keson III (Küçük Keson) palyesiz konfigürasyon, açık deniz dalga yüksekliği ve farklı konumlardaki maksimum dinamik basınçlar arasındaki ilişki.....	29
Şekil 4.15	Keson III (Küçük Keson) palyeli konfigürasyon, açık deniz dalga yüksekliği ve farklı konumlardaki maksimum dinamik basınçlar arasındaki ilişki.....	29
Şekil 4.16	Keson I (Büyük Keson) palyeli - palyesiz konfigürasyon karşılaştırması, açık deniz dalga yüksekliği ve sakin su seviyesindeki maksimum dinamik basınç arasındaki ilişki.....	30
Şekil 4.17	Keson II (Orta Keson) palyeli - palyesiz konfigürasyon karşılaştırması, açık deniz dalga yüksekliği ve sakin su seviyesindeki maksimum dinamik basınç arasındaki ilişki.....	30
Şekil 4.18	Keson III (Küçük Keson) palyeli - palyesiz konfigürasyon karşılaştırması, açık deniz dalga yüksekliği ve sakin su seviyesindeki maksimum dinamik basınç arasındaki ilişki.....	31
Şekil 4.19	Keson karşılaştırması - palyesiz konfigürasyon, açık deniz dalga yüksekliği ve sakin su seviyesindeki maksimum dinamik basınç arasındaki ilişki.....	32
Şekil 4.20	Keson karşılaştırması - palyeli konfigürasyon, açık deniz dalga yüksekliği ve sakin su seviyesindeki maksimum dinamik basınç arasındaki ilişki.....	32
Şekil 4.21	Tüm deneyler – H_0/d oranı ile P_1/P_0 oranının değişimi.....	33

SEMBOL LİSTESİ

L	: Dalga boyu
h	: Derinlik, dalgakıran önü su derinliği
c_g	: Dalga grup yayılma hızı
g	: Yerçekimi ivmesi
η^*	: Tsunami fiktif aşma yüksekliği
d	: Eşik derinliği, yapı önü su derinliği
B	: Keson genişliği
h_c	: Keson tepe noktasının sakin su seviyesinden mesafesi
h'	: Keson tabanı ile sakin su seviyesi arasındaki mesafe
H	: Dalga yüksekliği
h_L	: Liman tarafında su seviyesindeki düşme
p_s	: Seviye düşmesinden kaynaklanan basınç
w_0	: Suyun özgül ağırlığı
P	: Toplam yatay dalga kuvveti
U	: Kaldırma kuvveti
M_p, M_u	: Keson topuğu etrafındaki devrilme momenti
h_c^*	: $\min\{\eta^*, h_c\}$
E.F.	: Kayma ve devrilme için emniyet faktörü
x_{W_0}, x_{P_s}	: Moment kolları
H_0	: Açık deniz dalga yüksekliği
P_1	: Yapı üzerinde ölçülen en düşük dinamik basınç
P_s	: Sakin su seviyesinde ölçülen dinamik basınç

UZUN DALGALARIN DÜŞEY YÜZLÜ KIYI YAPILARI ÜZERİNDEKİ ETKİLERİNİN DENEYSEL OLARAK İNCELENMESİ

ÖZET

Bu yüksek lisans tez çalışmasında, temel olarak tsunami tipi uzun dalgalar ve bu dalgaların düşey yüzlü kıyı yapıları üzerindeki etkileri üzerinde durulmuştur. Laboratuvar ortamındaki $22.5 \text{ m} \times 1.0 \text{ m} \times 1.0 \text{ m}$ ölçülere sahip bir fiziksel dalga kanalının kullanıldığı çalışmada, yukarıda sözü edilen uzun periyotlu dalgalar, pnömatik prensibi ile çalışan bir piston; ve bu pistonla bağlı yatay bir levha yardımı ile oluşturulmuştur. Oluşturulan tsunami tipi uzun dalgaların düşey yüzlü kıyı yapıları üzerindeki etkilerinin araştırılması için ise üç ayrı büyüklükte keson tipi dalgakıran yapısı kullanılmıştır. Kronmanlı şekilde ahşaptan imal edilen keson kesitleri, palyeli (berm) ve palyesiz olmak üzere ikişer farklı konfigürasyonda denenmiştir. Yapı üzerine çarpan uzun dalgadan kaynaklanan yükleri ve basınç dağılımını ortaya çıkarmak amacıyla kesonların üzerine 3 ila 4 adet (keson büyüklüğüne göre değişen) basınçölçer yerleştirilmiştir. Öte yandan, üretilen dalgaya ait özelliklerin (dalga yüksekliği gibi) anlaşılması için 2 adet dalga probu kullanılmıştır.

Keson I, Keson II ve Keson III olarak adlandırılan düşey yüzlü yapılar için palyeli ve palyesiz durumda sırası ile 12, 12 ve 20 adet olmak üzere toplamda 44 adet deney gerçekleştirilmiş ve her bir deneyde yapı üzerine yollanan uzun dalganın açık deniz ve yapı önü profili ile dalganın yapı üzerinde meydana getirdiği basınçlar ölçülmüştür.

Deneyler sonucunda yapılan değerlendirme ile kısaca, uzun dalganın açık deniz dalga yüksekliği ile düşey yüzlü yapı üzerinde oluşan maksimum basınçlar arasında lineer bir bağıntı olduğu görülmüş, dalga boyutları büyüdükçe yapı üzerinde oluşan basınç dağılımının üniform hale geldiği ve palye uygulamasının (palye boyutlarına bağlı olarak) yapı üzerinde beklenen maksimum basınç değerlerini arttırabildiği kanısına varılmıştır.

EXPERIMENTAL ANALYSIS OF THE EFFECTS OF LONG WAVES ON VERTICAL FACED COASTAL STRUCTURES

SUMMARY

In the scope of this masters thesis, basically tsunami type long waves and the effects of these long waves on vertical faced coastal structures are emphasized. These long waves were generated with the help of a pneumatic piston and an engaged horizontal plate in a 22.5 m × 1.0 m × 1.0 m dimensioned flume in the laboratory. In order to examine the effects of the generated long waves on vertical faced coastal structures, three caissons with different sizes were utilized. Caisson models were made of wood with their crownwalls and tested in two configurations for each; namely, with a berm structure and without a berm structure. 3-4 pressure transducers were mounted in the caissons (number of the transducers alters with the size of the model) to reveal the forces and pressure distributions on the structures due to the long wave interaction. Besides, 2 wave probes were used to understand the characteristics of the generated long waves (such as; the wave height).

A total of 44 tests were conducted with Caisson I, Caisson II and Caisson III for the two configuration alternatives each, which are, with a berm and without a berm. Profiles of the generated long waves and the pressures on the structures resulted from these long waves were measured in all of the conducted tests.

After the evaluation of test results, it is determined that there is a linear relation between the deep water wave heights and the maximum pressures on the vertical faced structures due to the encountered long waves. It is also determined that, pressure distribution observed on the structure becomes uniform when the size of the long wave grows, and the application of a berm makes the maximum pressure values on the structure increase, in a manner related with the size of the berm.

1. GİRİŞ

Bilim tarihi boyunca, su dalgalarının kaotik davranışlarını açıklayabilmek için birçok teori ortaya atılmıştır [1]. Geliştirilen bu teoriler özellikle rüzgar dalgaları gibi nispeten küçük dalga periyodu ve küçük dalga boyuna sahip dalga sistemlerini açıklamakta başarılı olmuştur. Bunun yanında, uzun dalgalar olarak adlandırılan uzun periyot ve dalga boyu değerlerine sahip su dalgaları, bahsi geçen teoriler ile yeterli oranda açıklanamamakta ve günümüzde bu konu ile ilgilenen bilim adamları tarafından ilgi görmektedir.

Uzun dalgalara verilebilecek en bilinen örnek liman dalgası anlamına gelen tsunamilerdir. Tsunami tipi dalgalar başta su altı depremleri olmak üzere; volkanik patlamalar, yer kaymaları, su altı kütle hareketleri, su altı patlamaları ve göktaşı çarpmaları gibi yerkürede oluşabilecek ani hareketlenmeler sayesinde ortaya çıkmaktadır. Bütün bu olaylar, başlangıçta küçük genliğe sahip olan ve hareket merkezinden dört bir yana saçılarak hızla ilerleyen (bir su kütesine atılan küçük bir taşın su yüzeyinde oluşturduğu dalgalar gibi) bir seri uzun dalgayı tetikleyebilmektedir [2].

Bu yüksek lisans tez çalışmasında, temel olarak tsunami tipi uzun dalgalar ve bu dalgaların düşey yüzlü kıyı yapıları üzerindeki etkileri üzerinde durulmuştur. Laboratuvar ortamındaki bir fiziksel dalga kanalının kullanıldığı çalışmada, yukarıda sözü edilen uzun periyotlu dalgalar, pnömatik prensibi ile çalışan bir piston; ve bu pistonla bağlı yatay bir levha yardımı ile oluşturulmuştur. Oluşturulan tsunami tipi uzun dalgaların düşey yüzlü kıyı yapıları üzerindeki etkilerinin araştırılması için ise üç ayrı büyüklükte keson tipi dalgakıran yapısı kullanılmıştır. Kronmanlı şekilde ahşaptan imal edilen keson kesitleri, palyeli (berm) ve palyesiz olmak üzere ikişer farklı konfigürasyonda denenmiştir. Yapı üzerine çarpan uzun dalgadan kaynaklanan yükleri ve basınç dağılımını ortaya çıkarmak amacıyla kesonların üzerine 3 ila 4 adet (keson büyüklüğüne göre değişen) basınçölçer yerleştirilmiştir. Öte yandan, üretilen dalgaya ait özelliklerin (dalga yüksekliği gibi) anlaşılması için 2 adet dalga probu kullanılmıştır.

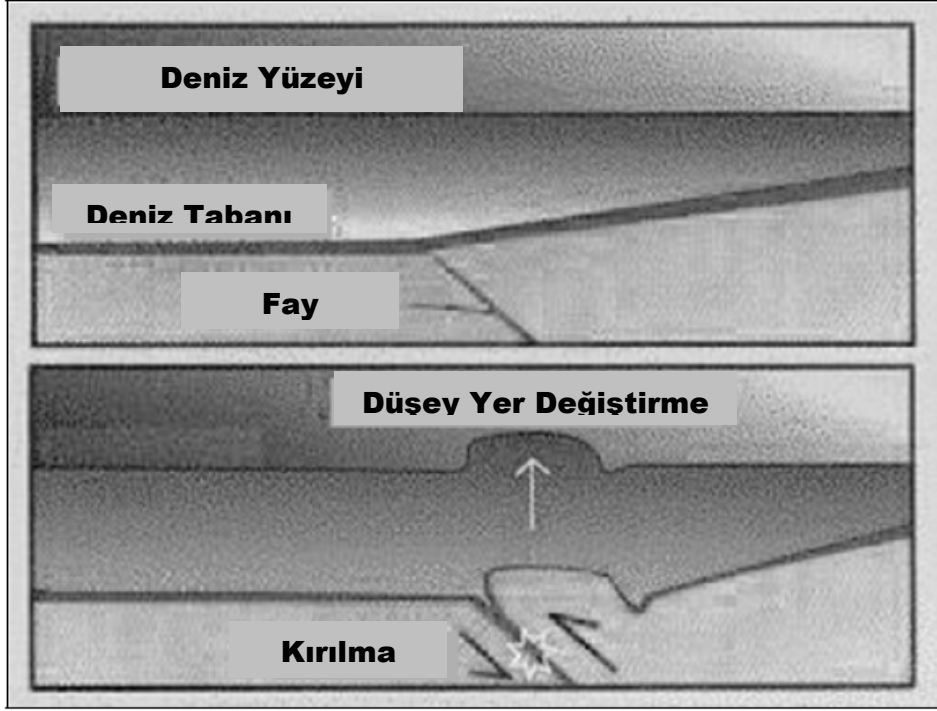
2. TSUNAMI TİPİ UZUN DALGALAR VE DÜŞEY YÜZLÜ KIYI YAPILARI

Tsunami terimi Japonca'dan dünya literatürüne geçmiştir ve bu terim “su yüzeyinde geniş ölçekli düzensizliklere yol açan kısa süreli etkilerin oluşturduğu uzun periyotlu dalgalar” için kullanılır [3].

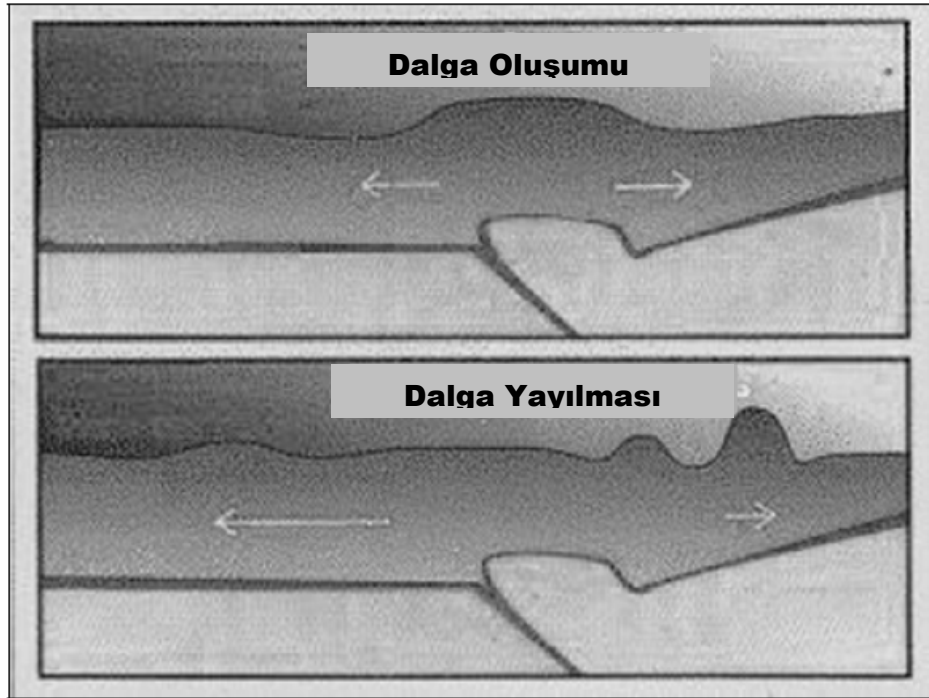
Bu dalgaların ayırt edici özellikleri uzun periyotlarıdır ve periyot değeri genellikle 20 dakika ila 1.5 saat arasında değişmektedir. 1.5 saatten daha uzun periyotlu dalgalar genellikle Ay'ın Dünya üzerindeki çekim kuvvetinin uzun süreli etkisi ile meydana gelen gel-git dalgalarıdır [1].

Tsunamiler oluştuğu bölgede ve hareketlerinin başlangıcında küçük genliklidirler (1~2 metreden az) ve dalga boyu değeri su derinliğine kıyasla oldukça büyüktür (genellikle 100 km'den fazla). Bu dalgalar kıyıya yaklaştıkça kıyı yakınlarındaki batimetriye bağlı olarak değişikliğe uğrayıp dikleşirler ve bunun sonucu olarak oldukça büyük dalga yüksekliği değerlerine ulaşabilirler. Tsunamiler sahip oldukları büyük dalga enerjisi sayesinde kıyıya ulaştıktan sonra uzun mesafeler kaydedip, büyük oranda can ve mal kaybına sebebiyet verebilirler [4].

Daha önce de bahsedildiği gibi tsunami tipi uzun dalgalar genellikle su altı depremleri sebebi ile meydana gelmektedir. Deniz tabanı, deprem kaynağına yakın bir bölgede üzerindeki su kütlelerini ani olarak yukarı-aşağı yönde hareket ettirecek şekilde yer değiştirir (Şekil 2.1). Bu yer değiştirme sonrasında, sakin su seviyesinden yukarı doğru hareket eden su kütlelerinin sahip olduğu potansiyel enerji kinetik enerjiye dönüşüp, meydana gelen deprem dalgasının ilerleme yönüne yatay olarak aktarılır (Şekil 2.2) [2].



Şekil 2.1: Su altı depremi ve deniz tabanının yer değiştirmesi ile harekete geçen su kütlesi [2]



Şekil 2.2: Su yüzeyindeki bozulma sonucu oluşan ve yayılan uzun dalga [2]

Bu şekilde oluşan tsunami tipi uzun dalganın, dalga boyunun su derinliğine göre oldukça büyük olması sebebi ile bir sığ su dalgası gibi hareket etmesi beklenebilir.

Küçük Genlikli Dalga Teorisine göre sığ sularda ($L \gg h$) bir dalga katarının grup hızı:

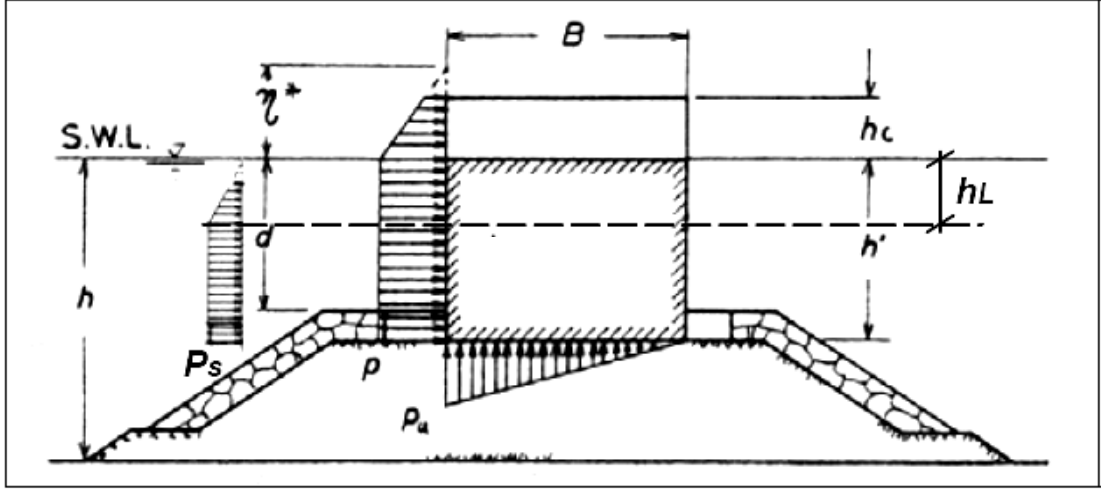
$$c_g = \sqrt{gh} \quad (2.1)$$

şeklinde ifade edilir [1] (L dalga boyu, c_g grup yayılma hızı, g yerçekimi ivmesi, h derinlik). Buradan da anlaşılacağı üzere yayılmakta olan bir deprem dalgasının hızı sadece su derinliğine bağlıdır [2].

Kıyıya yaklaşmakta olan tsunami sığlaşma etkisi ile yavaşlar ve sıkışan dalganın yüksekliği açık denizde sahip olduğu yüksekliğe nazaran önemli ölçüde artar. Kıyıya ulaşan deprem dalgası, büyük dalga boyunun bir sonucu olarak normal rüzgar dalgalarına göre kıyı tarafında çok daha derinlere nüfuz edebilir. Tsunamiden etkilenen karasal alan, tırmanma yüksekliği ile ifade edilmektedir. Tırmanma yüksekliği ise tanım olarak, deniz suyunun ulaştığı en yüksek nokta ile bir referans su seviyesi arasındaki yükseklik farkıdır [2].

Ayrıca, tsunami tipi bir uzun dalganın sığ bölgelere geldiğinde gösterdiği dalga profili solitary, knoidal veya N dalga biçimine benzetilebilir [5].

Tsunami ya da daha genel manada uzun dalgalar ile kıyı yapıları arasındaki ilişki uzun yıllardır araştırmacıların ilgisini çekmektedir ve literatürde bu konu üzerine yapılan çalışmalar mevcuttur. Bunlardan bir tanesi Japon bilim adamı Tanimoto'ya aittir. Tanimoto, laboratuvar çalışmaları sonucunda düşey bir duvar üzerine çarpan kırılmamış bir tsunaminin duvar üzerinde üniform bir basınç dağılımı oluşturduğu sonucuna varmıştır. Tanimoto bu bulguları keson yapısına uyarlamış (Şekil 2.3) ve basınç dağılımından hareketle tsunami etkisi altındaki keson yapılarının stabilitesi (kayma ve devrilmeye karşı) için Goda'nın kısa dalgalar için üretmiş olduğu hesap yöntemine kavramsal olarak benzeyen bir hesap yöntemi geliştirmiştir [2].



Şekil 2.3: Tanimoto'ya göre keson üzerinde kırılmamış bir tsunaminin meydana getireceği basınç dağılımı [2]

Burada η^* (m) tsunaminin fiktif aşma yüksekliği, d (m) eşik derinliği, h (m) dalgakıran yapısı önündeki su derinliği, B (m) keson genişliği, h_c (m) keson tepe noktasının sakin su seviyesinden mesafesi, h' (m) keson tabanı ile sakin su seviyesi arasındaki mesafe, H dizayn dalgası yüksekliğidir. Eğer dalgakıranın liman tarafındaki su seviyesinde bir düşme olacağı düşünülürse, bu seviye düşmesi h_L (m) ile, seviye düşmesinden kaynaklanacak basınç dağılımı ise p_s (kN/m²) ile ifade edilmektedir [2]. Buna göre Tanimoto tarafından önerilen denklemler şu şekildedir (kuvvetler birim genişlik için olacak şekilde);

$$\eta^* = 1.5H \quad (2.2)$$

$$p = p_u = 1.1w_0H \quad (2.3)$$

$$p_s = w_0h_L \quad (2.4)$$

Burada w₀ suyun özgül ağırlıdır.

Toplam yatay dalga kuvveti, P (kN), kaldırma kuvveti, U (kN) ve keson topuğu etrafındaki devrilme momentleri, M_p ve M_u (kN/m) aşağıdaki gibi ifade edilmektedir.

$$P = \left\{ 1 + \left(1 - \frac{h_c^*}{3H} \right) \frac{h_c^*}{h'} \right\} ph' \quad (2.5)$$

$$M_p = \left\{ \frac{1}{2} + \left(1 - \frac{h_c^*}{3H} \right) \frac{h_c^*}{h'} + \left(\frac{1}{2} - \frac{4h_c^*}{9H} \right) \left(\frac{h_c^*}{h'} \right)^2 \right\} ph'^2 \quad (2.6)$$

$$U = \frac{1}{2} p_u B \quad (2.7)$$

$$M_u = \frac{1}{3} p_u B^2 \quad (2.8)$$

Burada $h_c^* = \min\{\eta^*, h_c\}$

Liman tarafındaki su seviyesinde bir düşme olacaksa, buna bağlı yatay kuvvet P_s (kN) şu şekildedir;

$$P_s = \left(\frac{h_L}{2} + (h' - h_L) \right) p_s \quad (2.9)$$

Kayma ve devrilme için emniyet faktörleri;

$$\text{Kayma: } E.F. = \frac{\mu(W_0 - U)}{P + P_s} \geq 1.2 \quad (2.10)$$

$$\text{Devrilme: } E.F. = \frac{W_0 x_{w_0} - M_u}{M_p + P_s x_{p_s}} \geq 1.2 \quad (2.11)$$

Burada W_0 (kN) kesonun su içindeki ağırlığı, P_s dalgakıran gerisinde su seviyesindeki düşmeye bağlı kuvvet, x_{w_0} ve x_{p_s} (m) moment kollarıdır [2].

Cuypers (2003) ise tsunami etkisinde dalgakıran stabilitesini incelediği yüksek lisans tez çalışmasında Tanimoto'nun uzun dalgalar için önerdiği hesap yöntemi ile Goda'nın kısa dalgalar için verdiği yöntemi karşılaştırmış ve örnek bir proje bölgesi için iki yöntemle de hesap yapmıştır. Çalışma sonunda, Goda yönteminde çok uzun dalga boyları kullanarak (10 km), elde edilen kuvvetlerin Tanimoto yöntemi ile çok yaklaşık sonuç verdiği kanısına varmıştır [2].

3. DENEYSEL ÇALIŞMA

Bu bölümde, çalışmanın konusunu oluşturan deneysel incelemede kullanılan deney sistemi ve deney prosedürü ile ilgili bilgi verilerek, deney bulgularının elde edilme metodu açıklanmıştır.

3.1. Deney Sistemi

Deneylerde kullanılan sistem temel olarak deneylerin yapıldığı dalga kanalı, uzun dalgaların oluşturulmasını sağlayan dalga üretici ve deney verilerinin kaydedilmesini sağlayan veri kayıt sistemi olarak üç kısımdan oluşmaktadır. Aşağıda bu birimlerin özellikleri ile ilgili bilgi verilmiştir.

3.1.1. Dalga Kanalı

Deneyler, İTÜ İnşaat Fakültesi Hidrolik Laboratuvarı'nda yer alan $22.5 \text{ m} \times 1.0 \text{ m} \times 1.0 \text{ m}$ boyutlarındaki dalga kanalında yürütülmüştür. İskeleti demirden inşa edilen kanalın yan duvarları deneyler sırasında gözlem yapılabilmesi amacı ile camdan yapılmıştır. Kullanılan dalga kanalının fotoğrafı Şekil 3.1'de verilmiştir.



Şekil 3.1: Kullanılan deney kanalının fotoğrafı

3.1.2. Dalga Üretici

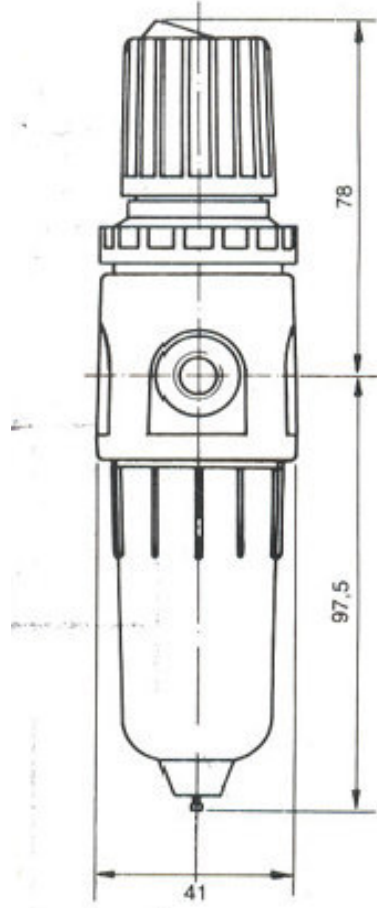
Deneylerde düşey yüzölçümü kırıy yapıları üzerindeki etkilerinin araştırıldığı uzun dalgalar, dalga kanalına yerleştirilen yatay bir levhanın basınçlı hava ile hareket ettirilmesi vasıtasıyla elde edilmiştir. Söz konusu yatay levha $0.97 \text{ m} \times 2.0 \text{ m} \times 0.002 \text{ m}$ boyutlarında olup PHS16B mafsalı ile bir pnömatik silindire bağlı durumdadır.

Pnömatik sistemde gerekli olan basınçlı hava, maksimum çıkış hava basıncı 10 Bar olan bir kompresör tarafından üretilerek, hortum aracılığıyla sisteme iletilmektedir ve basınçlı hava sisteme girmeden önce FR (Y) 1/4 hava hazırlayıcı (şartlandırıcı) içerisinden geçirilmektedir (Şekil 3.2).

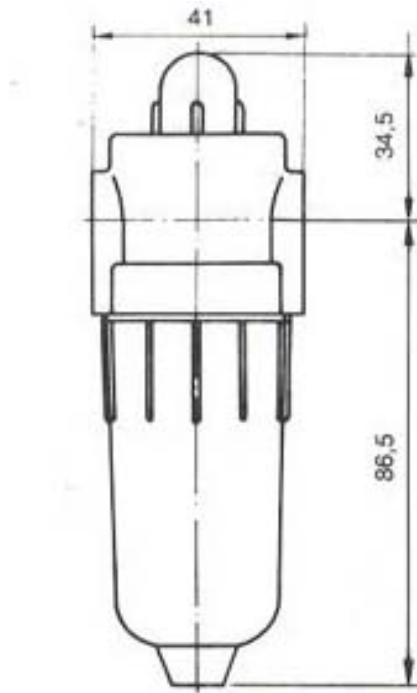


Şekil 3.2: Hava hazırlayıcı (şartlandırıcı)

Kullanılan hava hazırlayıcı birleşik filtre-regülatör (FR) (Şekil 3.3) ve yağlayıcıdan (Y) (Şekil 3.4) oluşmaktadır. Sıkıştırılmış hava, pnömatis sistemde su damlacıkları, toz, kompresör yağlama yağı artıkları, pas parçacıkları, çapaklar, vb. maddeler içermektedir. Sistemdeki tüm elemanların sıkıştırılmış hava ile temas halinde olmalarından kaynaklanabilecek olası arızaları önlemek ve bu elemanların ömürlerini uzatmak amacı ile sıkıştırılmış hava bu sistemdeki filtreden geçirilerek içerisindeki yabancı maddelerden arındırılmaktadır. Sistemde yer alan regülatör ise kompresörden gelen ve basıncı sürekli olarak değişen havanın sisteme giriş basıncının istenen değere ayarlanmasını sağlamaktadır. Regülatör giriş basıncı 0–16 Bar, çıkış basıncı ise 0,5–10 Bar basınç değerlerinde çalışmaktadır. Aşınmaların ve sürtünme nedeniyle oluşan kayıpların en aza indirilmesi ve korozyona karşı korunma amacıyla sisteme giren hava, yağlayıcıya konulan yağ ile yağlanmaktadır. Yağlayıcının çalışma basıncı 0-10 Bar'dır ve sistemde özel hava hazırlayıcı yağ kullanılmaktadır.



Şekil 3.3: Filtre-Regülatör (FR)



Şekil 3.4: Yağlayıcı (Y)

Deneylerde benzeştirilen uzun dalgaları oluşturmak için kullanılan yatay levhayı hareket ettiren NS80-500 pnömatik silindir, el kumandalı sürgülü tip bir valf kullanılarak çalıştırılmaktadır (Şekil 3.5). Sürgülü valfin hareket ettirilebildiği iki yön sayesinde yatay levha yukarı ya da aşağı deplasman yapabilmekte ve bu sayede aynı basınç değeri için iki farklı formda ve büyüklükte uzun dalga üretilebilmektedir. Pistonun kanaldaki su kütlesini ani bir şekilde hareket ettirebilmesi için pistonun giriş ve çıkışına çabuklaştırıcı egzoz ve pistonun hızını ayarlayabilmek için bu egzozların üzerlerine hız ayar valfleri yerleştirilmiştir [5].



Şekil 3.5: Yatay levhaya bağlı pistonu iki farklı yönde çalıştırabilen el kumandalı sürgülü tip valf

3.1.3. Veri Kayıt Sistemi

Yukarıda anlatılan sistem vasıtası ile üretilen uzun dalgaların sebep olduğu su yüzeyi değişimlerinin ölçülmesi amacı ile 2 adet rezistans tip dalga probu kullanılmıştır. Rezistans tip dalga probu, prob çubukları arasındaki suyun devreyi tamamlaması ve su yüzeyinin alçalıp yükselmesi sırasında direncin değişmesi prensibine dayalı olarak çalışmaktadır [5]. Probların ölçtüğü direnç değerlerini (volt) uzunluk birimine (cm) doğru bir şekilde çevirebilmek için her kullanımdan önce kalibrasyon işlemi gerçekleştirilmiştir. Söz konusu 2 dalga probundan biri, açık deniz olarak düşünülebilecek bir konumda dalga üreticisine nispeten yakın yerleştirilmiştir. Diğer

prob ise yapı önü dalga yüksekliği ve yansıma konularına ışık tutabilmesi için her bir keson konfigürasyonunda hemen yapı önüne konumlandırılmıştır.

Dalga problemleri haricinde, deneyleri gerçekleştirilen keson yapıları üzerinde meydana gelen dinamik basınçları ölçmek amacı ile 3 ila 4 adet (keson büyüklüğüne göre değişen sayıda) basınçölçer kullanılmıştır. Basınçölçerlerin her bir keson üzerindeki konumları bir sonraki bölümde gösterilecektir.

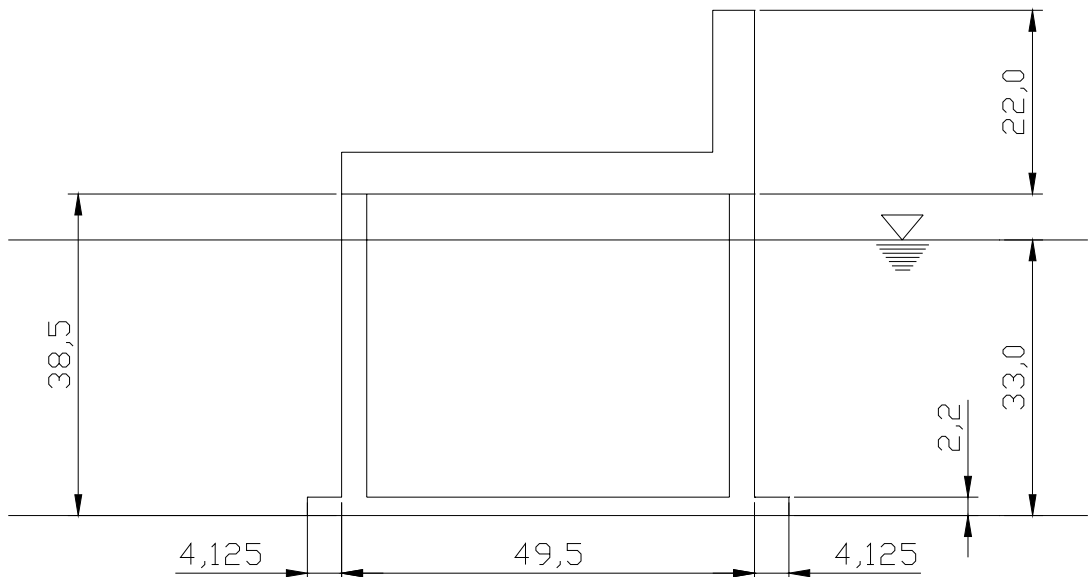
Dalga problemleri ve basınçölçerlerden gelen verileri kaydedebilmek amacı ile ise bir dalga monitörü, bir data logger ve bir PC kullanılmıştır.

3.2. Deney Prosedürü

İTÜ Hidrolik Laboratuvarı'nda gerçekleştirilen deneylerde 3 farklı boyutta keson yapısı ve her bir keson için palyeli ve palyesiz olmak üzere ikişer konfigürasyon denenmiştir. Kullanılan kesonlar yine İTÜ Hidrolik Laboratuvarı'nda ahşaptan imal edilmiştir.

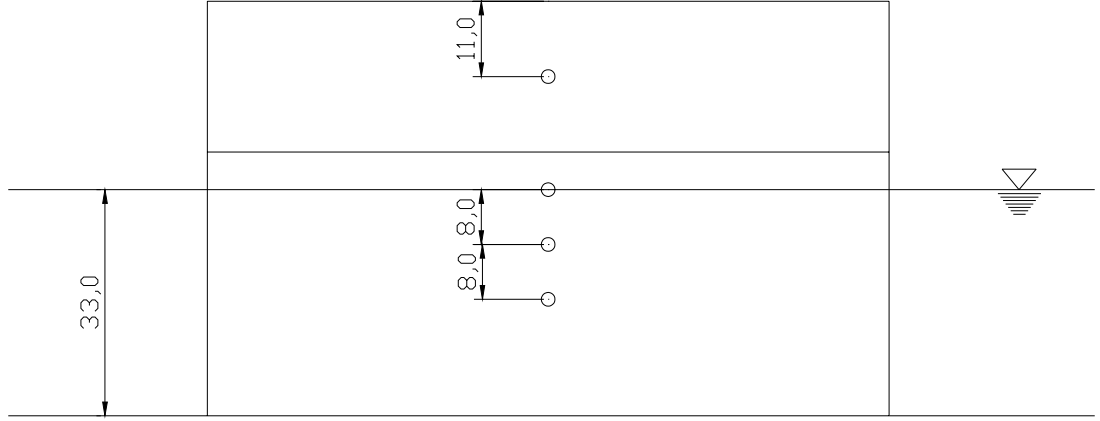
3.2.1. Keson I (Büyük Keson)

Üç kesitten en büyüğü olan ve Keson I olarak adlandırılan ilk yapı, deney kanalının çalışma derinliği olan 33 cm göz önüne alınarak boyutlandırılmış ve herhangi bir şev eğimi ve kıyı profili olmaksızın kanal tabanına yerleştirilmiştir. Keson I'in boyutları, Şekil 3.6 ile verilen yandan görünüş resminde görülebilir.



Şekil 3.6: Keson I (Büyük Keson) boyutları (boyutların birimi cm'dir)

Yukarıda gösterilen Keson I'in ön yüzüne, 3'ü sakin su seviyesi ve altında, 1'i kronman üzerinde olmak üzere 4 adet basınçölçer yerleştirilmiş ve basınçölçerlerin yapı üzerindeki konumları kesonun önden görünüş resmi ile verilmiştir (Şekil 3.7).



Şekil 3.7: Keson I önden görünüş ve basınçölçer konumları (boyutların birimi cm'dir)

Keson I ile temelde iki ayrı konfigürasyon (palyeli ve palyesiz durumlar) için 6'şar adet olmak üzere toplam 12 adet deney gerçekleştirilmiştir. Deneyler uzun dalgayı üreten levha hareketini sağlamakta kullanılan piston (hava) basınçları baz alınarak gruplanmıştır. Buna göre sistem, her bir hava basıncı değeri için yukarı ve aşağı levha hareketi meydana gelecek şekilde 6 Bar, 8 bar ve 10 Bar basınç değerleri için ayrı ayrı çalıştırılmıştır. Yapının palyeli durumu için kanal içindeki görüntüsü, deneyler esnasında çekilen fotoğraflar ile Şekil 3.8 ve Şekil 3.9'da verilmiştir.



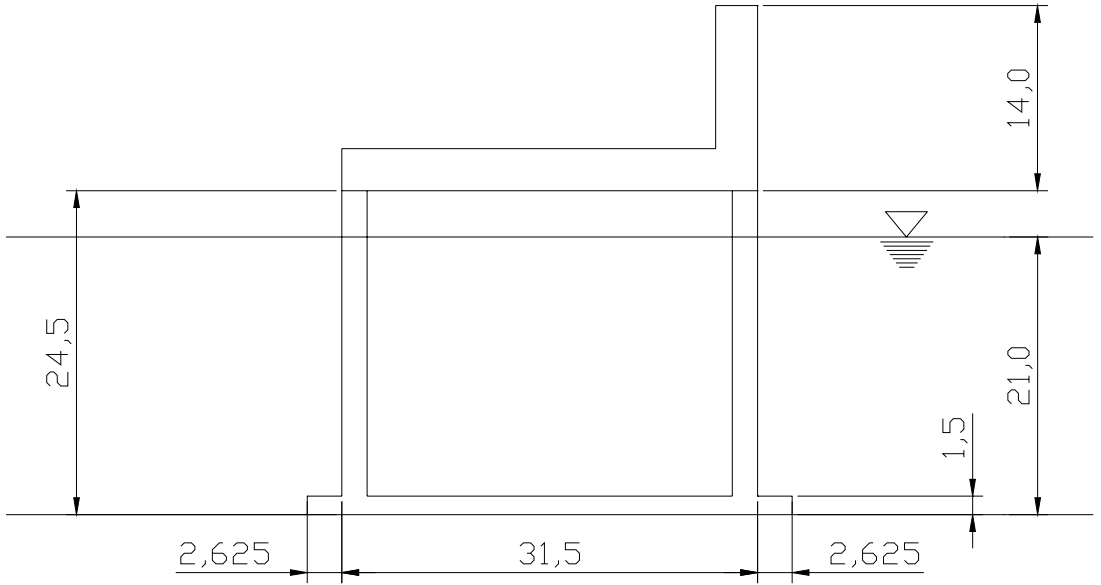
Şekil 3.8: Keson I palyeli konfigurasyonun kanal içindeki görünümü



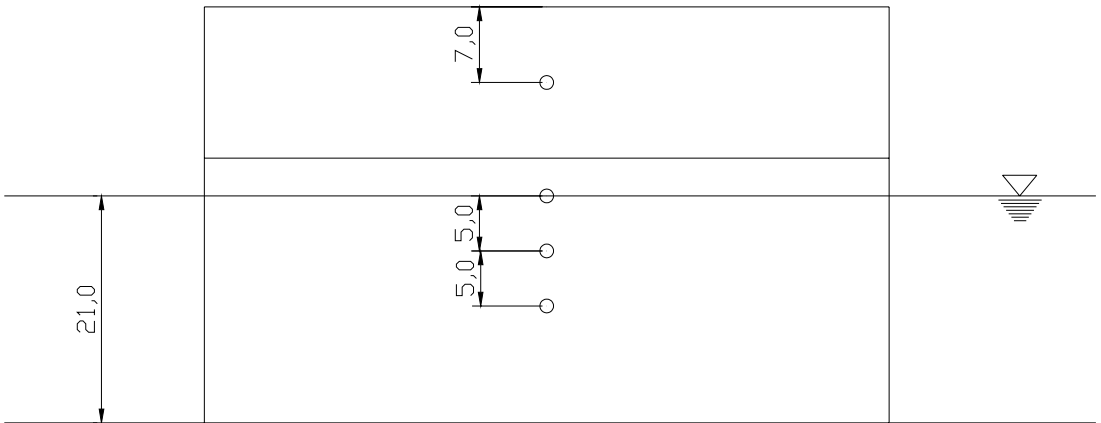
Şekil 3.9: Keson I palyeli konfigurasyon ve yapı önu dalga probunun kanal içindeki görünümü

3.2.2. Keson II (Orta Keson)

Keson I ile yürütülen deneylerden sonra, Keson II (Şekil 3.10) için yine palyeli ve palyesiz konfigürasyonlarda 6 Bar, 8 Bar ve 10 Bar piston (hava) basıncı değerlerinde yukarı ve aşağı levha hareketleri ile toplam 12 adet deney gerçekleştirilmiştir. Keson II, sakin su seviyesindeki su derinliği 21 cm olacak şekilde boyutlandırılmış ve kanal içinde yaklaşık 1/5 taban eğimine sahip bir şev üzerine oturtulmuştur. Keson I’de olduğu gibi bu yapıda da dinamik basınç dağılımını elde edebilmek amacı ile 3’ü sakin su seviyesi ve altında, 1’i kronman üzerinde olmak üzere 4 adet basınçölçer kullanılmıştır (Şekil 3.11).



Şekil 3.10: Keson II (Orta Keson) boyutları (boyutların birimi cm'dir)



Şekil 3.11: Keson II önden görünüş ve basınçölçer konumları (boyutların birimi cm'dir)

Ayrıca, Keson II'nin deneyler esnasında kanal içindeki görünümü Şekil 3.12 ve Şekil 3.13'de sunulmuştur.



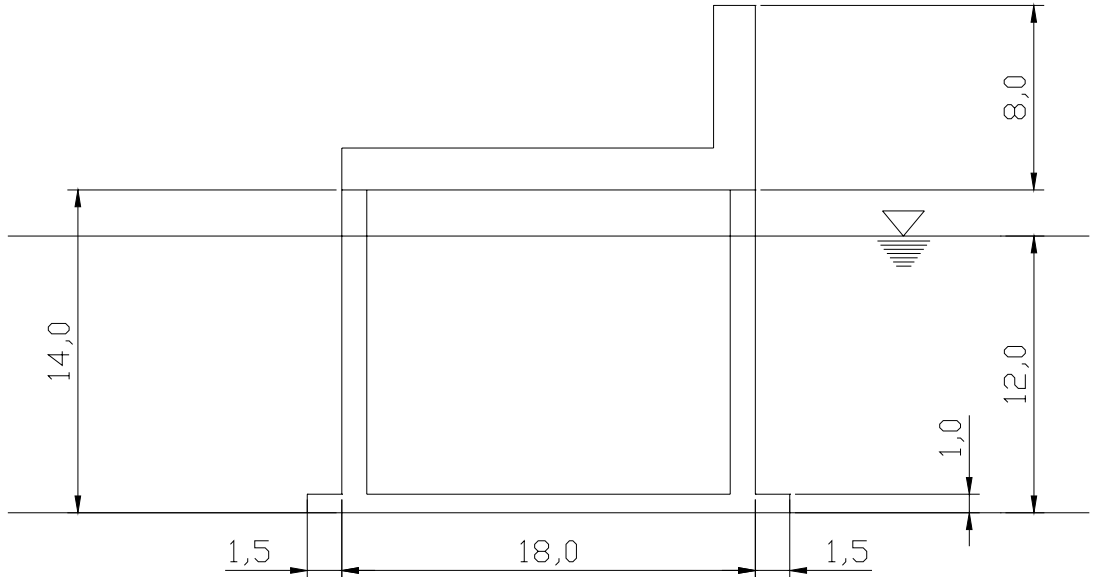
Şekil 3.12: Keson II palyesiz konfigürasyonun deney kanalı içindeki görünümü



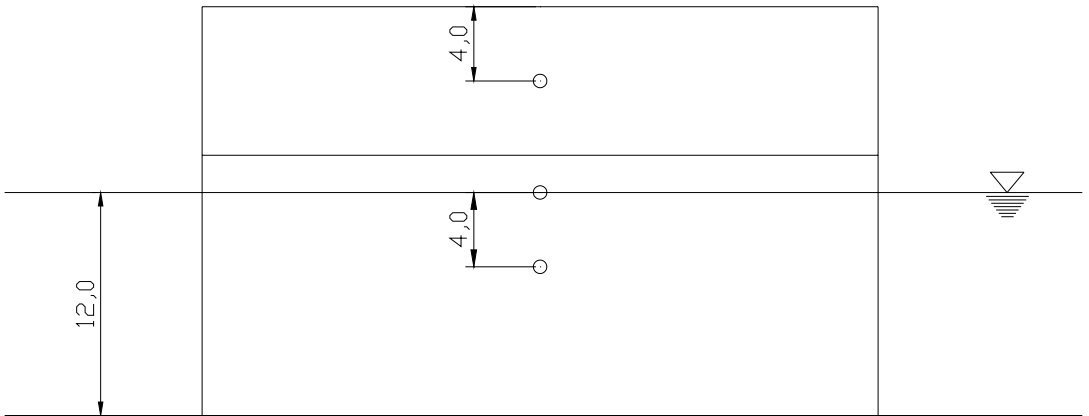
Şekil 3.13: Keson II palyesiz konfigürasyon ve yapı önu dalga probunun kanal içindeki görünümü

3.2.3. Keson III (Küçük Keson)

Uzun dalgaların düşey yüzlü kıyı yapıları üzerindeki etkisinin araştırıldığı bu tez çalışmasında son olarak Keson III (Şekil 3.14) olarak adlandırılan en küçük boyuttaki keson yapısının kullanıldığı deneyler gerçekleştirilmiştir. Keson III sakin su seviyesindeki derinlik değeri 12 cm olacak şekilde boyutlandırılmış ve yaklaşık 1/5 şev eğimine sahip bir kıyı profili üzerine konumlandırılmıştır. Son deney grubunda da öncekilerde olduğu gibi 2 adet rezistans tipi dalga probu ile su yüzeyi değişimleri kaydedilmiş ve yapı ön yüzüne yerleştirilen basınçölçerler sayesinde düşeyde farklı noktalar için uzun dalga kaynaklı dinamik basınç değerleri elde edilmiştir. Fakat, Keson III'ün boyutları dikkate alınarak, önceki iki kesondan farklı şekilde, toplam 3 adet basınçölçer kullanılmıştır. Bunlardan ikisi sakin su seviyesi ve altına; sonuncusu ise kronman üzerine yerleştirilmiştir (Şekil 3.15).



Şekil 3.14: Keson III (Küçük Keson) boyutları (boyutların birimi cm'dir)



Şekil 3.15: Keson III önden görünüş ve basınçölçer konumları (boyutların birimi cm'dir)

Keson III ile yürütülen deneyler, önceki iki deney grubundan farklı olarak 4 Bar, 6 Bar, 7 Bar, 8 Bar ve 10 Bar hava basıncı değerleri için ikişer kere olmak üzere (pistonun yukarı ve aşağı hareketi) palyeli ve palyesiz konfigürasyonlarda toplam 20 adettir. Bu sayede -Keson III yapı boyutlarının küçüklüğü göz önünde bulundurulduğunda- daha sağlıklı bir analiz yapabilmek mümkün olmuştur.

Keson III'n deney kanalı içerisindeki görünümü Şekil 3.16 ve Şekil 3.17 ile verilmiştir.



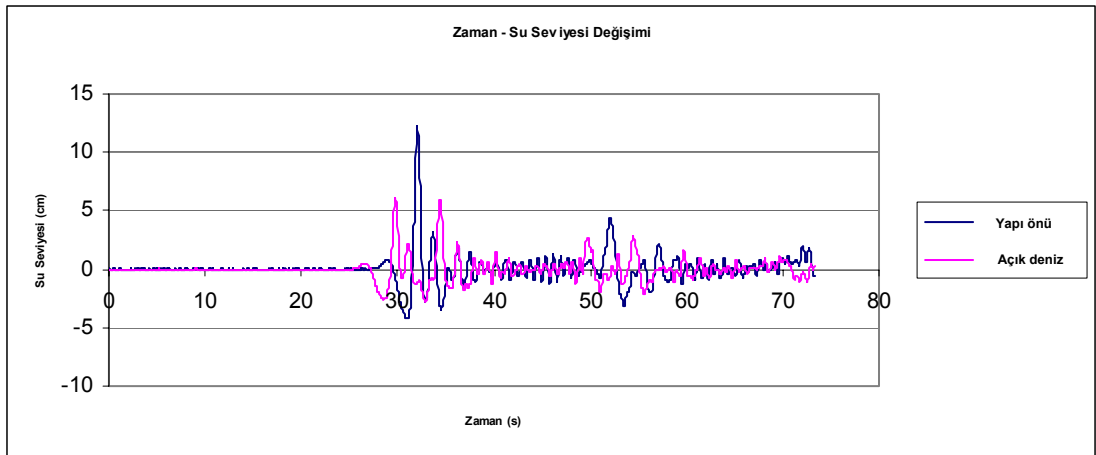
Şekil 3.16: Keson III palyesiz konfigürasyonun kanal içindeki görünümü



Şekil 3.17: Keson III palyesiz konfigürasyon ve yapı önü dalga probunun kanal içindeki görünümü

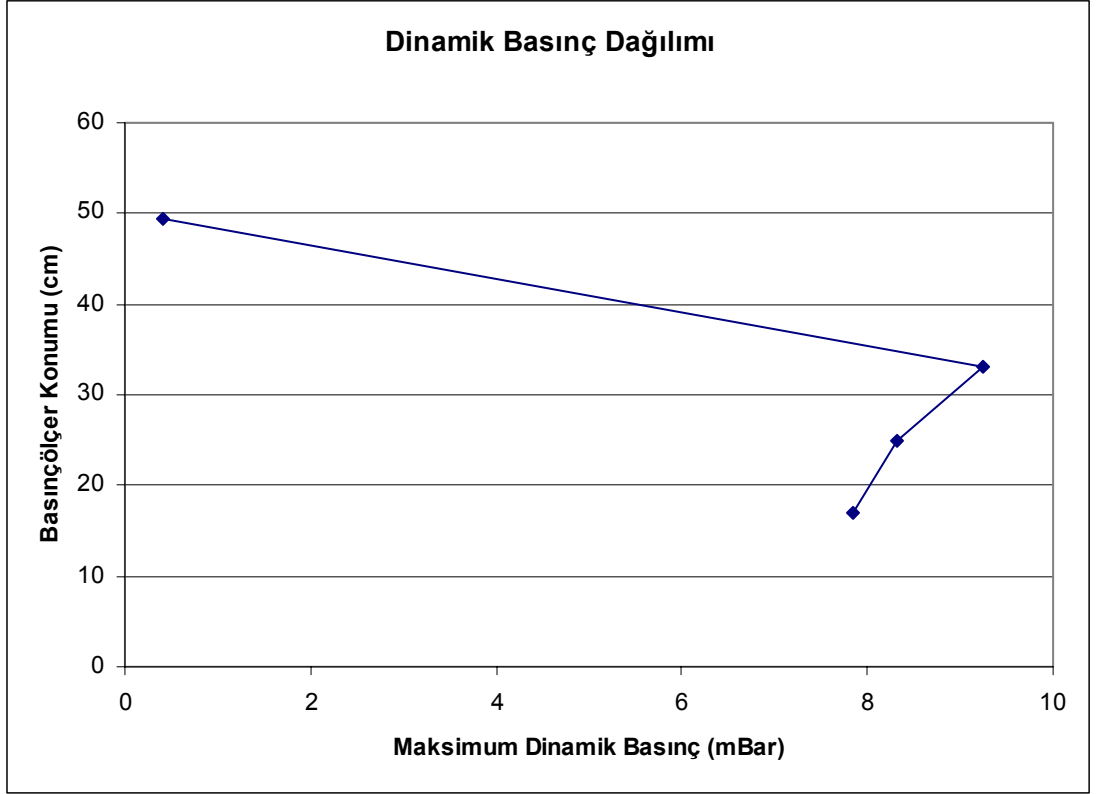
4. DENEYLER VE DEĞERLENDİRME

Daha önce de değinildiği gibi bu çalışmanın amacı uzun dalgaların düşey kıyı yapıları üzerindeki etkisinin deneysel olarak incelenmesidir. Bu kapsamda, bir önceki bölümde anlatılan 3 farklı boyuttaki keson yapısı ile deneyler yürütülmüştür. Keson I, Keson II ve Keson III için palyeli ve palyesiz durumda sırası ile 12, 12 ve 20 adet olmak üzere toplamda 44 adet deney gerçekleştirilmiş ve her bir deneyde yapı üzerine yollanan uzun dalganın açık deniz ve yapı önü profili ile dalganın yapı üzerinde meydana getirdiği basınçlar ölçülmüştür. Her deney sonucunda elde edilen veriler grafik gösterimleri ile EK-A, EK-B ve EK-C’de verilmiştir. Deney çıktılarına bir örnek Şekil 4.1-4.3’de görülebilir. Bu şekillerden ilki dalga problemlerinden alınan veriler ile çizilen, zamana karşılık su seviyesi değişimi grafiğidir. Grafikte yer alan iki seriden biri açık deniz dalga probundan alınan su seviyesi değişimleri (pembe renkli), diğeri ise yapı önü dalga probundan alınan su seviyesi değişimleridir (mavi renkli) (Şekil 4.1).



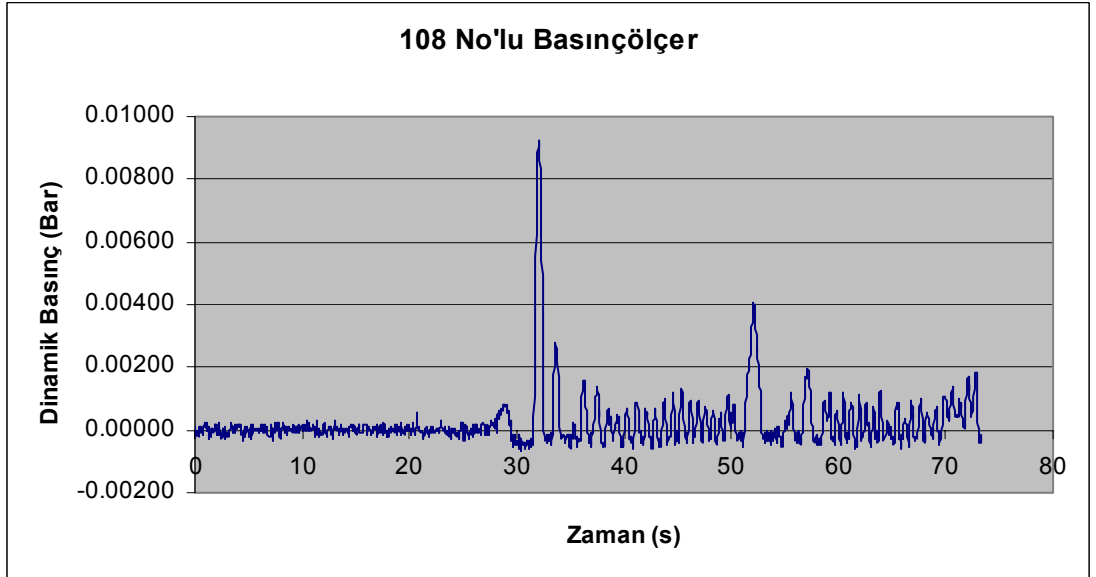
Şekil 4.1: Dalga problemlerinden alınan su seviyesi değişimi verileri

Şekil 4.2’de keson üzerine yerleştirilmiş basınçölçerler tarafından kaydedilen maksimum dinamik basınç değerlerinin (pik basınç değerleri) basınçölçer konumuna göre çizilmesi ile oluşturulan basınç dağılımı grafiği verilmiştir.



Şekil 4.2: Yapı üzerindeki maksimum dinamik basınç dağılımı

Şekil 4.3’de ise bir basınçölçerden alınan veriler ile elde edilmiş dinamik basınç değerlerinin zamanla değişimi gösterilmiştir.



Şekil 4.3: Basınçölçer verilerinden elde edilen zaman-dinamik basınç grafiği

Yapılan deneyler ve elde edilen veri sonuçları toplu olarak Tablo 4.1’de sunulmuştur.

Tablo 4.1: Yapılan deneyler, açıklamaları ve sonuçları (Keson I ve Keson II’de 108 no’lu basınçölçer, Keson III’de ise 107 no’lu basınçölçer sakin su seviyesindedir)

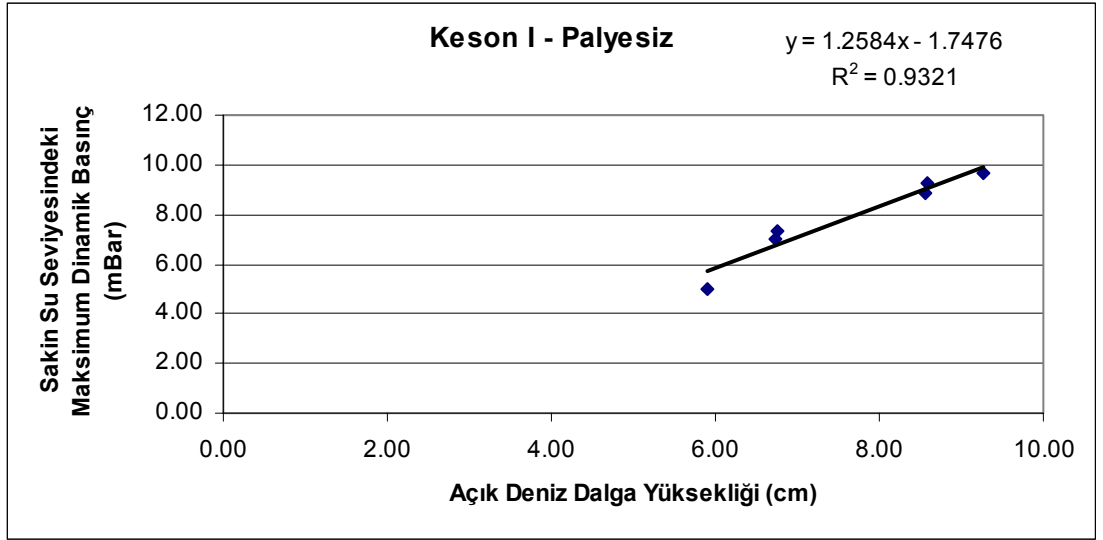
	Deney No	Piston Basıncı	Piston Hareketi	Açık Deniz Dalga Yüksekliği (cm)	Yapı Önü Dalga Yüksekliği (cm)	Maksimum Dinamik Basınç (mBar)			
						106	107	108	109
Keson I-Palyesiz Konfigürasyon	101	6 Bar	Aşağı	8.55	16.29	7.69	8.00	8.85	0.00
	102	6 Bar	Yukarı	5.91	11.00	4.99	5.03	5.01	0.00
	103	8 Bar	Aşağı	9.27	17.68	7.93	8.45	9.67	0.00
	104	8 Bar	Yukarı	6.74	13.91	6.72	6.61	7.03	0.00
	105	10 Bar	Aşağı	8.59	16.58	7.85	8.32	9.25	0.00
	106	10 Bar	Yukarı	6.75	13.61	6.62	6.84	7.35	0.00
Keson I-Palyeli Konfigürasyon	201	6 Bar	Yukarı	5.38	10.15	4.65	4.77	4.94	0.00
	202	6 Bar	Aşağı	8.15	16.33	7.70	8.17	8.97	0.00
	203	8 Bar	Yukarı	6.28	13.11	5.98	6.13	6.16	0.00
	204	8 Bar	Aşağı	9.04	17.67	8.11	8.71	9.49	0.00
	205	10 Bar	Yukarı	7.90	15.96	7.81	7.89	8.23	0.00
	206	10 Bar	Aşağı	9.43	18.41	8.35	8.61	9.95	0.00
Keson II-Palyeli Konfigürasyon	401	6 Bar	Yukarı	6.39	13.27	5.12	5.39	5.07	0.00
	402	6 Bar	Aşağı	8.14	19.83	8.45	8.44	8.95	1.87
	403	8 Bar	Yukarı	6.55	17.46	6.80	7.10	7.10	0.00
	404	8 Bar	Aşağı	8.67	19.82	8.38	8.87	9.25	1.54
	405	10 Bar	Yukarı	7.81	20.48	8.15	8.09	8.48	0.00
	406	10 Bar	Aşağı	9.16	19.92	8.71	9.14	9.16	2.32
Keson II-Palyesiz Konfigürasyon	501	6 Bar	Yukarı	6.18	11.08	4.99	5.01	5.32	0.00
	502	6 Bar	Aşağı	7.91	17.13	8.01	8.45	8.64	0.92
	503	8 Bar	Yukarı	6.53	14.73	6.84	6.80	6.94	0.00
	504	8 Bar	Aşağı	8.63	17.82	8.23	8.65	8.96	1.55
	505	10 Bar	Yukarı	8.12	17.61	8.33	8.26	8.63	0.00
	506	10 Bar	Aşağı	9.19	17.92	8.77	8.91	9.52	2.07

Tablo 4.1: Yapılan deneyler, açıklamaları ve sonuçları (Keson I ve Keson II’de 108 no’lu basınçölçer, Keson III’de ise 107 no’lu basınçölçer sakin su seviyesindedir) - devamı

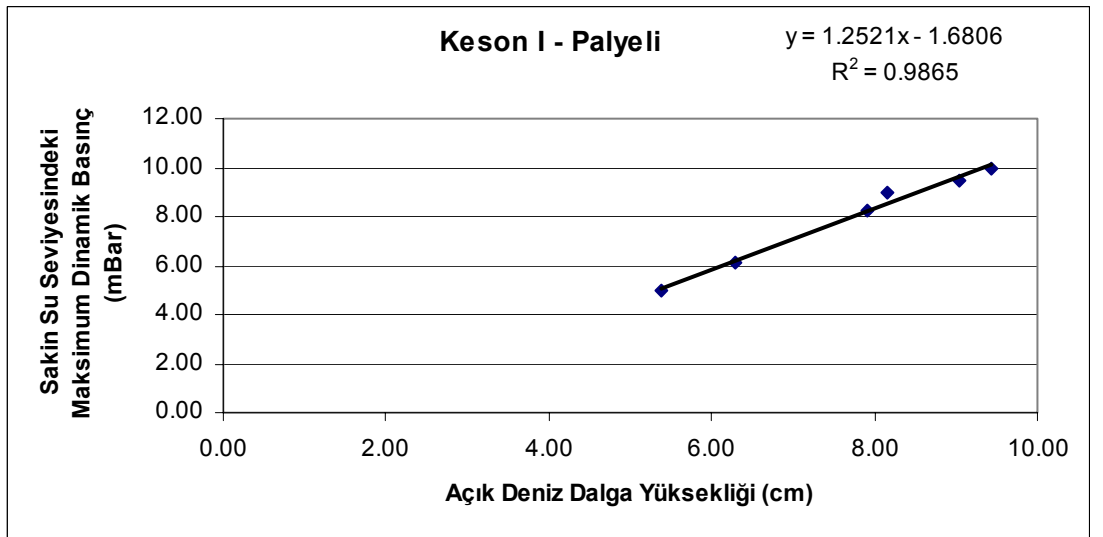
Keson III-Palyesiz Konfigürasyon	601	6 Bar	Yukarı	6.54	11.56	5.29	5.20	0.00	---
	602	6 Bar	Aşağı	8.31	aşma	8.81	9.12	4.82	---
	603	7 Bar	Yukarı	6.54	13.77	6.47	6.47	1.28	---
	604	7 Bar	Aşağı	8.77	aşma	8.96	9.27	5.09	---
	605	8 Bar	Yukarı	7.46	aşma	7.59	7.82	2.70	---
	606	8 Bar	Aşağı	9.02	aşma	9.18	9.43	5.34	---
	607	10 Bar	Yukarı	7.92	aşma	8.26	8.37	3.18	---
	608	10 Bar	Aşağı	9.54	aşma	9.21	9.43	5.13	---
	609	4 Bar	Yukarı	4.85	9.24	4.02	4.04	0.00	---
	610	4 Bar	Aşağı	7.20	aşma	7.30	7.65	3.19	---
Keson III-Palyeli Konfigürasyon	701	6 Bar	Yukarı	6.35	10.70	5.60	5.61	0.00	---
	702	6 Bar	Aşağı	8.23	aşma	9.42	9.45	4.84	---
	703	7 Bar	Yukarı	6.59	13.74	7.54	7.63	2.23	---
	704	7 Bar	Aşağı	8.94	aşma	9.64	9.83	5.31	---
	705	8 Bar	Yukarı	7.32	aşma	8.54	8.40	3.35	---
	706	8 Bar	Aşağı	9.10	aşma	9.56	9.69	5.35	---
	707	10 Bar	Yukarı	8.85	aşma	10.14	10.01	5.22	---
	708	10 Bar	Aşağı	9.60	aşma	9.35	10.10	7.93	---
	709	4 Bar	Yukarı	5.49	10.42	5.22	5.37	0.00	---
	710	4 Bar	Aşağı	7.43	aşma	8.93	8.94	4.25	---

Tablo 4.1’de de görülebileceği üzere uzun dalgalar etkisinde deneylerde kullanılan düşey yüzlü kıyı yapıları üzerindeki maksimum dinamik basınç -az sayıdaki istisnalar haricinde- sakin su seviyesinde gözlenmiştir. Bunun yanında, deney sonuçlarının daha ayrıntılı değerlendirmesi aşağıda yapılmıştır.

Öncelikle sakin su seviyesinde elde edilen maksimum dinamik dalga basınçları her konfigürasyon için değerlendirilmiş ve açık deniz dalga yüksekliği ile sakin su seviyesindeki maksimum dinamik basınç değişiminin yeterli ölçüde lineer dağılıma uyduğu görülmüştür. Keson I’e ait palyesiz ve palyeli konfigürasyon için elde edilen eğilimler, lineer fonksiyonları ve R^2 değerleri ile birlikte Şekil 4.4 ve Şekil 4.5’de verilmiştir.

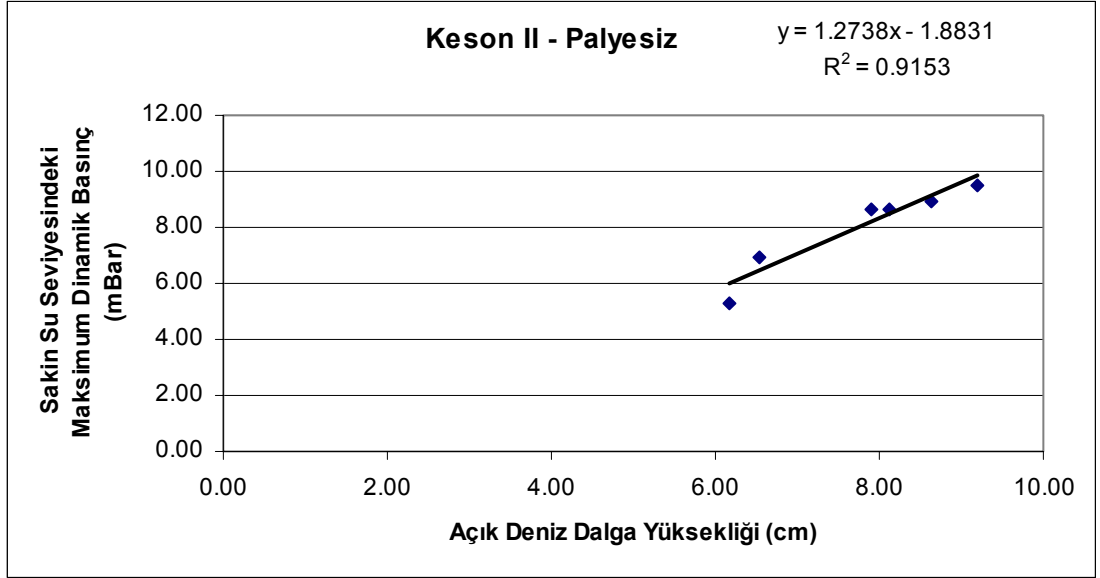


Şekil 4.4: Keson I (Büyük Keson) palyesiz konfigürasyon, açık deniz dalga yüksekliği ve sakin su seviyesindeki maksimum dinamik basınç ilişkisi

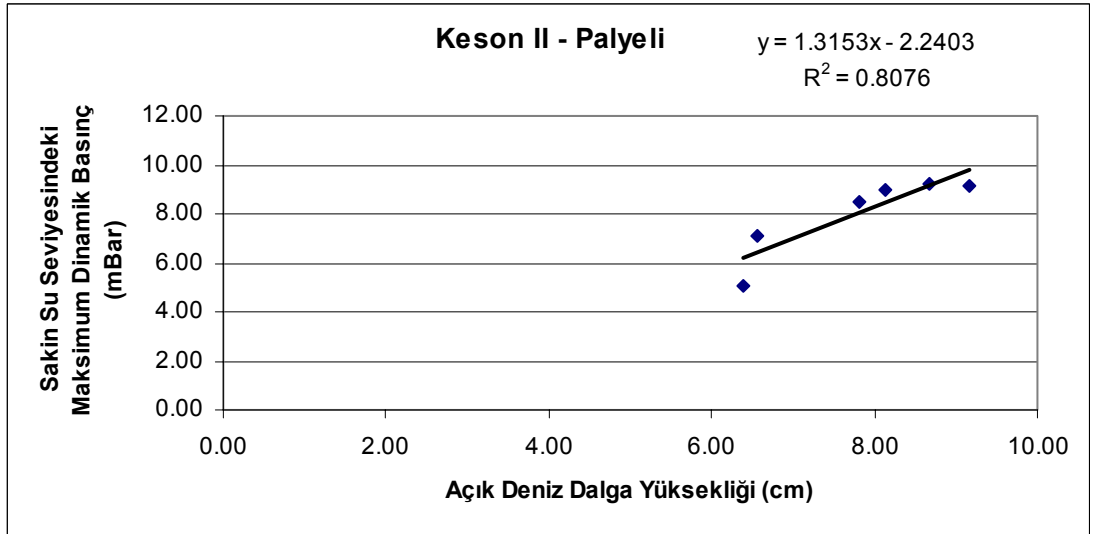


Şekil 4.5: Keson I (Büyük Keson) palyeli konfigürasyon, açık deniz dalga yüksekliği ve sakin su seviyesindeki maksimum dinamik basınç ilişkisi

Keson II'ye ait palyesiz ve palyeli konfigürasyon için elde edilen eğilimler, lineer fonksiyonları ve R^2 değerleri ile birlikte Şekil 4.6 ve Şekil 4.7'de verilmiştir.

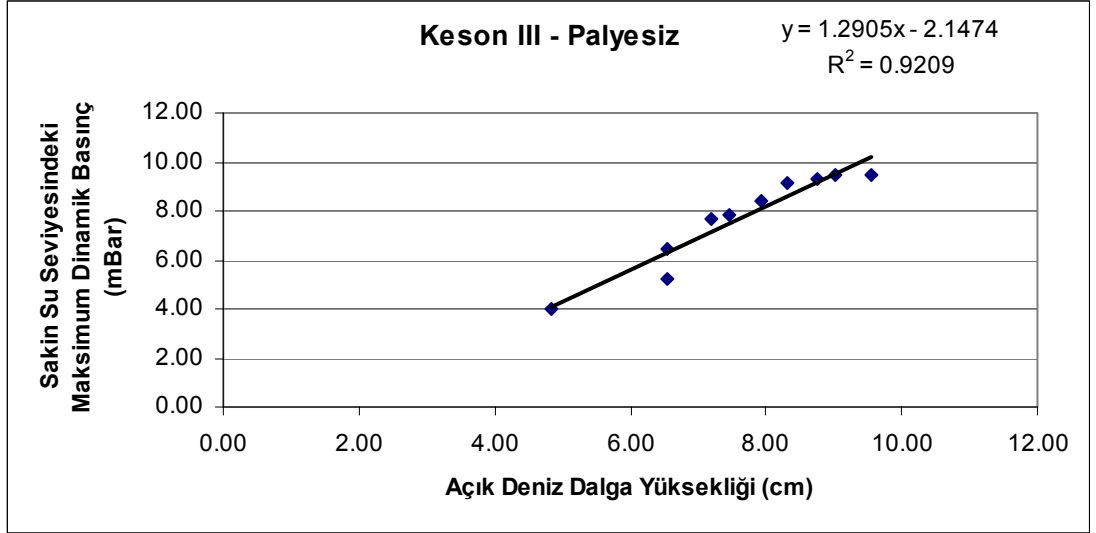


Şekil 4.6: Keson II (Orta Keson) palyesiz konfigürasyon, açık deniz dalga yüksekliği ve sakin su seviyesindeki maksimum dinamik basınç ilişkisi

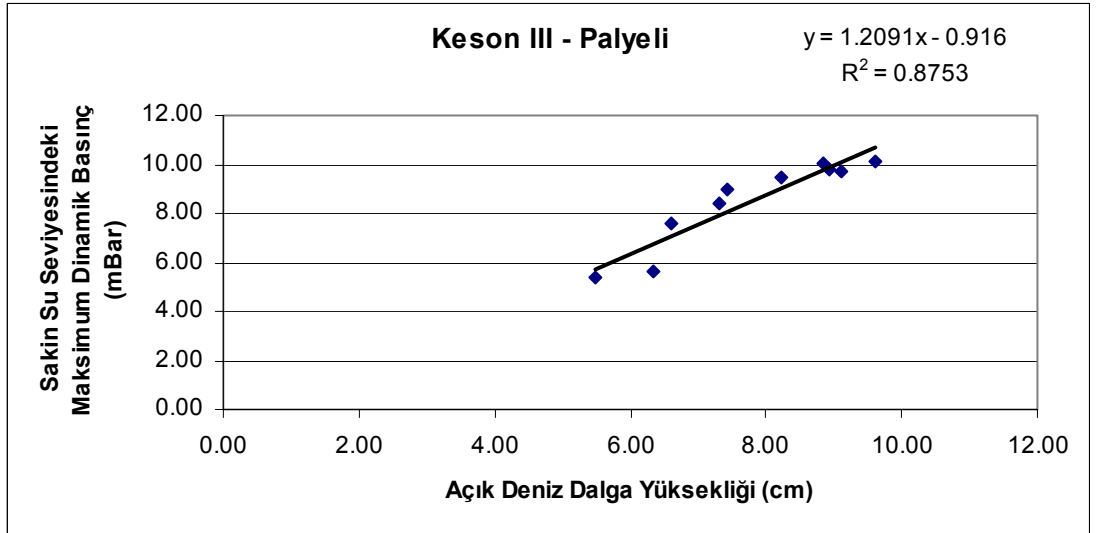


Şekil 4.7: Keson II (Orta Keson) palyeli konfigürasyon, açık deniz dalga yüksekliği ve sakin su seviyesindeki maksimum dinamik basınç ilişkisi

Keson III'e ait palyesiz ve palyeli konfigürasyon için elde edilen eğilimler ise, lineer fonksiyonları ve R^2 değerleri ile birlikte Şekil 4.8 ve Şekil 4.9'da verilmiştir.



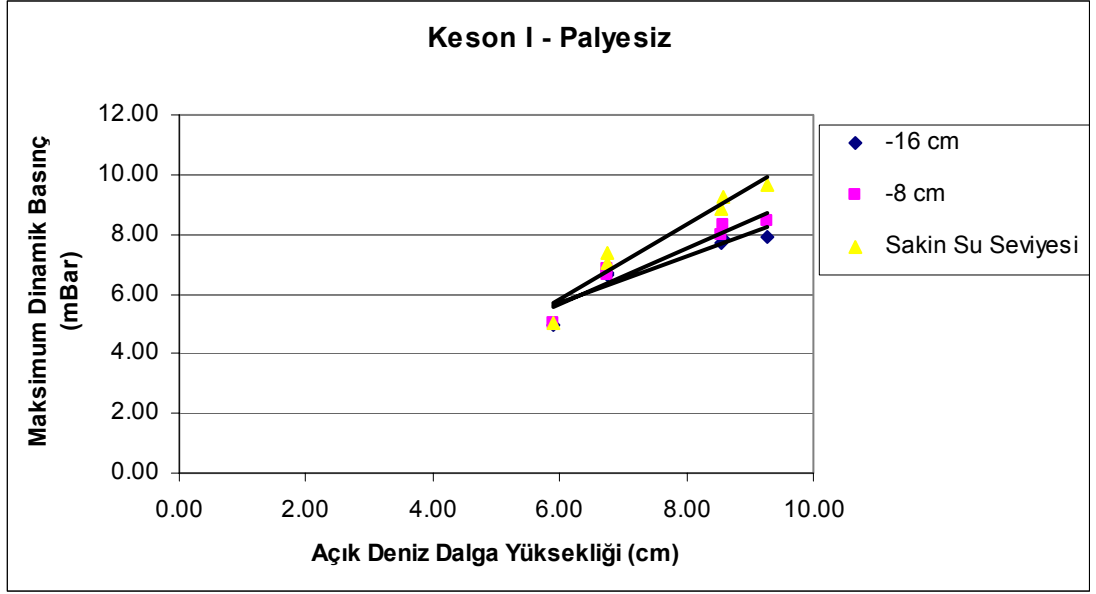
Şekil 4.8: Keson III (Küçük Keson) palyesiz konfigürasyon, açık deniz dalga yüksekliği ve sakin su seviyesindeki maksimum dinamik basınç ilişkisi



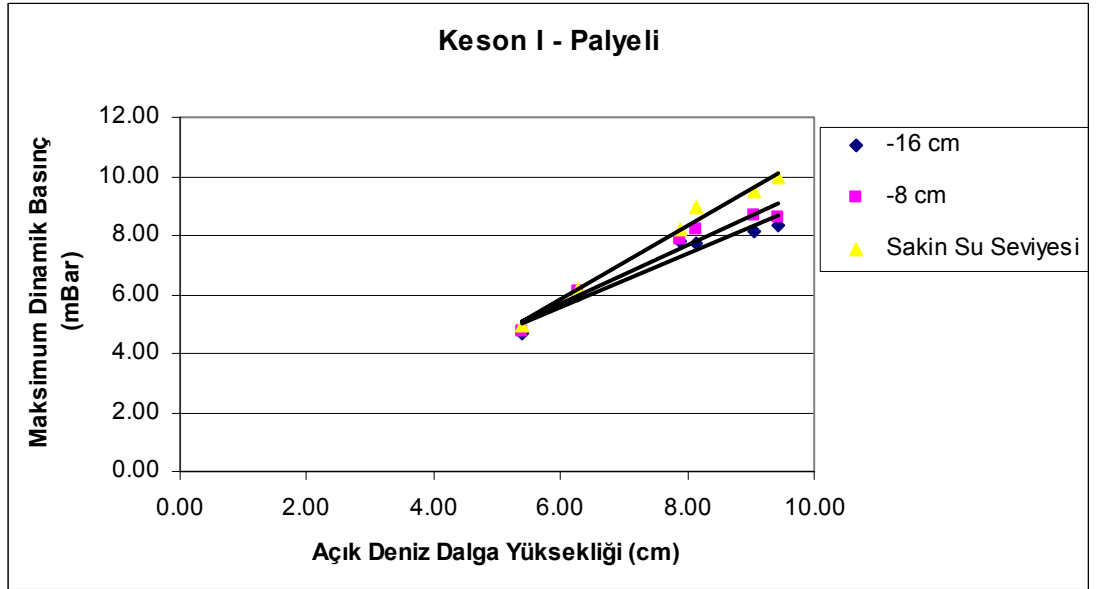
Şekil 4.9: Keson III (Küçük Keson) palyeli konfigürasyon, açık deniz dalga yüksekliği ve sakin su seviyesindeki maksimum dinamik basınç ilişkisi

Deney sonuçlarının değerlendirilmesinde bir sonraki adım olarak, yine 6 farklı konfigürasyon için açık deniz dalga yüksekliği ile sakin su seviyesi ve sakin su seviyesinin altında kalan basınçölçerler ile ölçülen maksimum dinamik basınçlar arasındaki ilişki aynı grafik üzerinde incelenmiştir. Bu değerlendirme ile uzun dalgalar etkisinde düşey yüzlü kıyı yapıları üzerinde beklenecek olan basınç dağılımının formu hakkında fikir sahibi olunabilir. Nitekim, grafikler incelendiğinde görülecektir ki, Keson I (Büyük Keson)'den Keson III (Küçük Keson)' e gidildikçe üniforma daha yakın bir basınç dağılımı elde edilmiştir.

Söz konusu grafiklerden Keson I'e ait olanları Şekil 4.10 ve Şekil 4.11'de görülebilir.

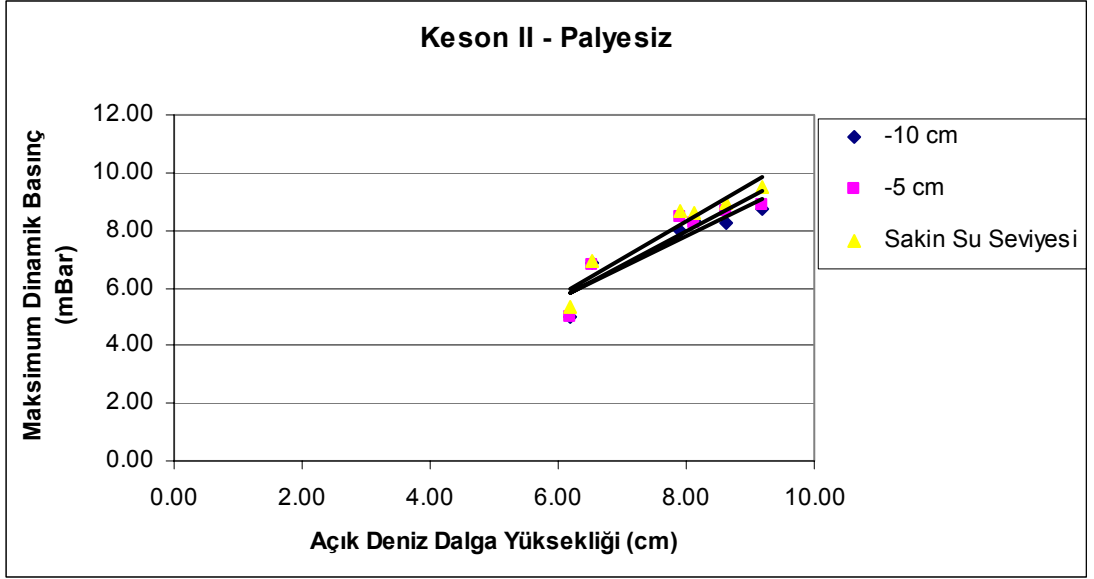


Şekil 4.10: Keson I (Büyük Keson) palyesiz konfigürasyon, açık deniz dalga yüksekliği ve farklı konumlardaki maksimum dinamik basınçlar arasındaki ilişki

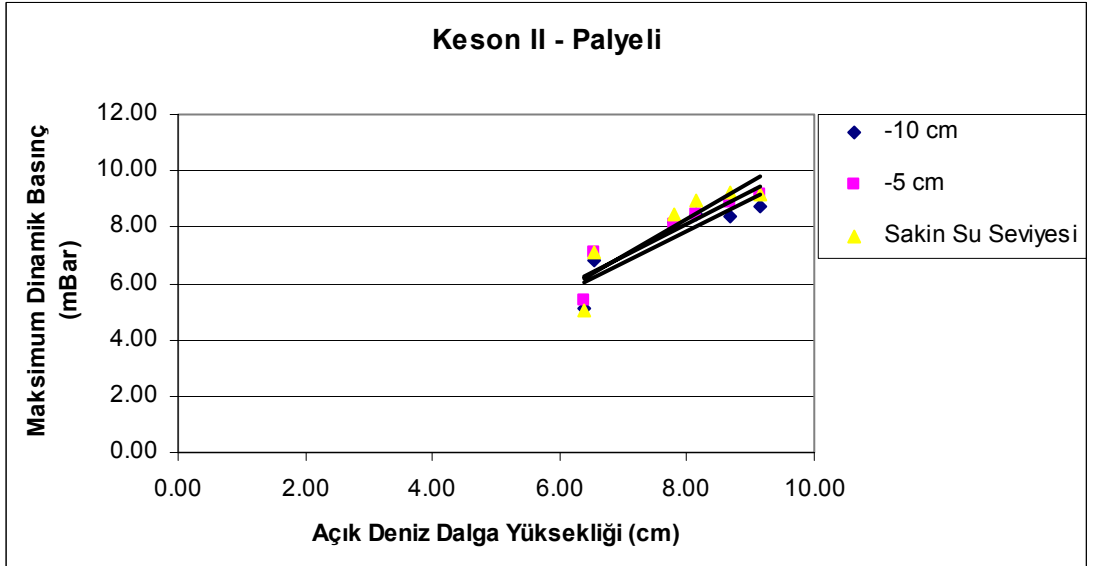


Şekil 4.11: Keson I (Büyük Keson) palyeli konfigürasyon, açık deniz dalga yüksekliği ve farklı konumlardaki maksimum dinamik basınçlar arasındaki ilişki

Keson II ile yapılan deneyler sonucu elde edilen aynı tip grafikler, palyesiz ve palyeli konfigürasyonlar için sırası ile Şekil 4.12 ve 4.13'de verilmiştir.

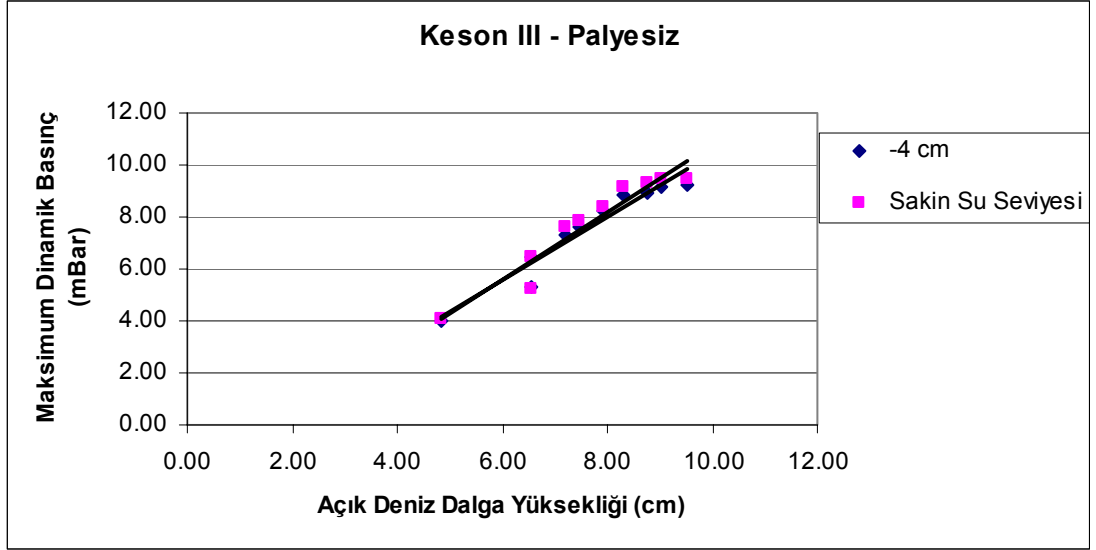


Şekil 4.12: Keson II (Orta Keson) palyesiz konfigürasyon, açık deniz dalga yüksekliği ve farklı konumlardaki maksimum dinamik basınçlar arasındaki ilişki

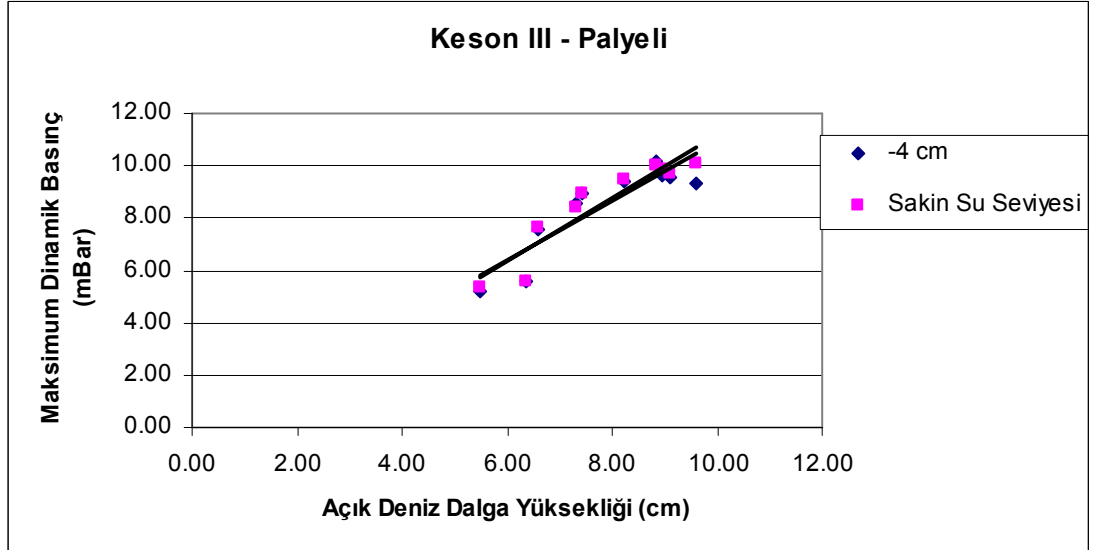


Şekil 4.13: Keson II (Orta Keson) palyeli konfigürasyon, açık deniz dalga yüksekliği ve farklı konumlardaki maksimum dinamik basınçlar arasındaki ilişki

Keson III'ün denendiği deneyler sonucu elde edilen aynı tip grafikler ise, palyesiz ve palyeli konfigürasyonlar için sırası ile Şekil 4.14 ve 4.15'de verilmiştir.

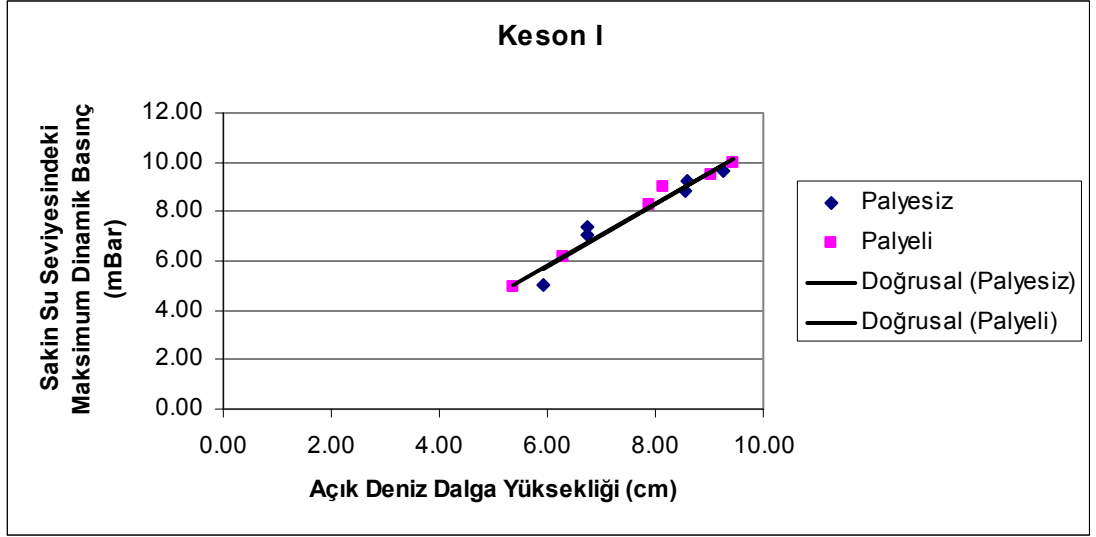


Şekil 4.14: Keson III (Küçük Keson) palyesiz konfigürasyon, açık deniz dalga yüksekliği ve farklı konumlardaki maksimum dinamik basınçlar arasındaki ilişki

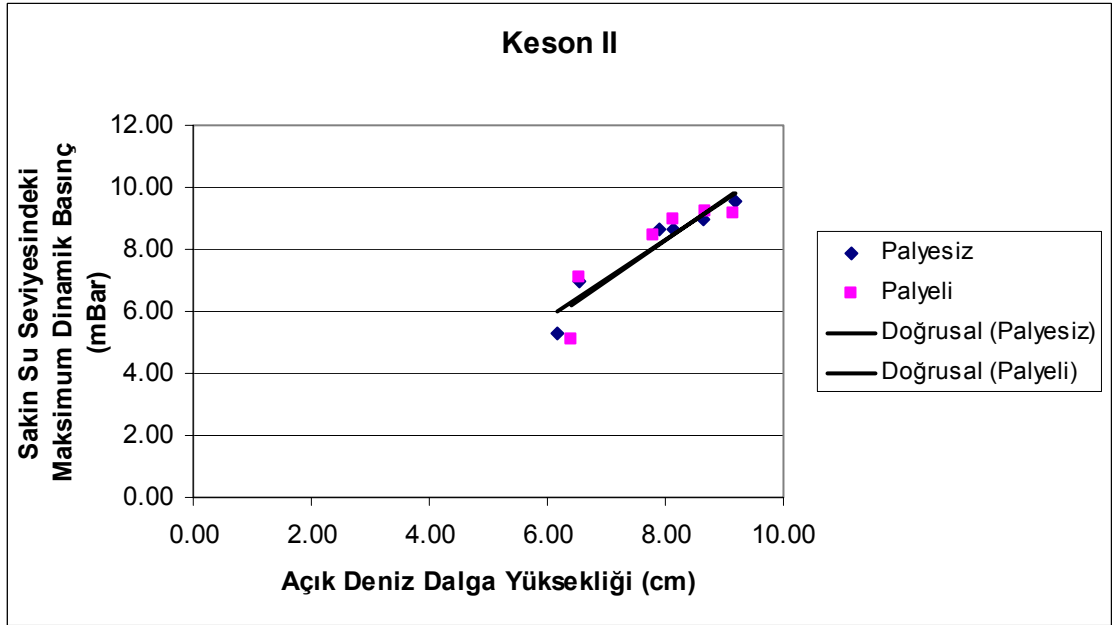


Şekil 4.15: Keson III (Küçük Keson) palyeli konfigürasyon, açık deniz dalga yüksekliği ve farklı konumlardaki maksimum dinamik basınçlar arasındaki ilişki

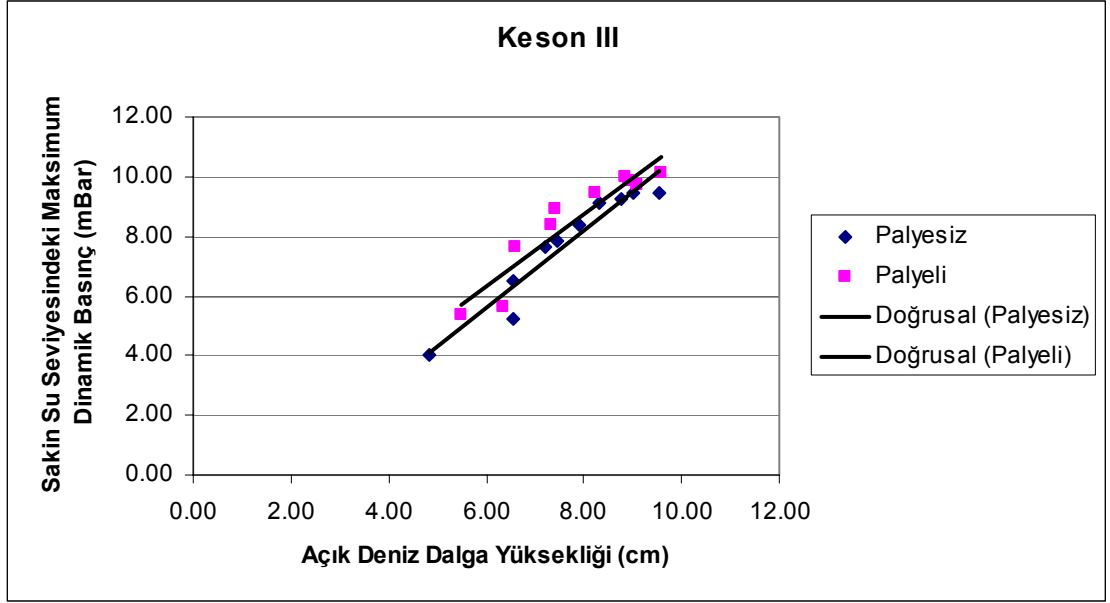
Bir diğer sonuç değerlendirmesi de yine çalışmanın amaçlarından biri olan palyeli durum ile palyesiz durumu karşılaştırmak için yapılmıştır. Buna göre, 3 farklı büyüklükteki kesona ait deney sonuçları, açık deniz dalga yüksekliği ile sakin su seviyesindeki dinamik basınç değerindeki değişimi aynı grafik üzerinde hem palyeli hem de palyesiz durum için gösterecek şekilde incelenmiştir. Sonuçlar Keson I, Keson II ve Keson III için sırası ile Şekil 4.16-4.18'de görülebilir.



Şekil 4.16: Keson I (Büyük Keson) palyeli - palyesiz konfigürasyon karşılaştırması, açık deniz dalga yüksekliği ve sakin su seviyesindeki maksimum dinamik basınç arasındaki ilişki



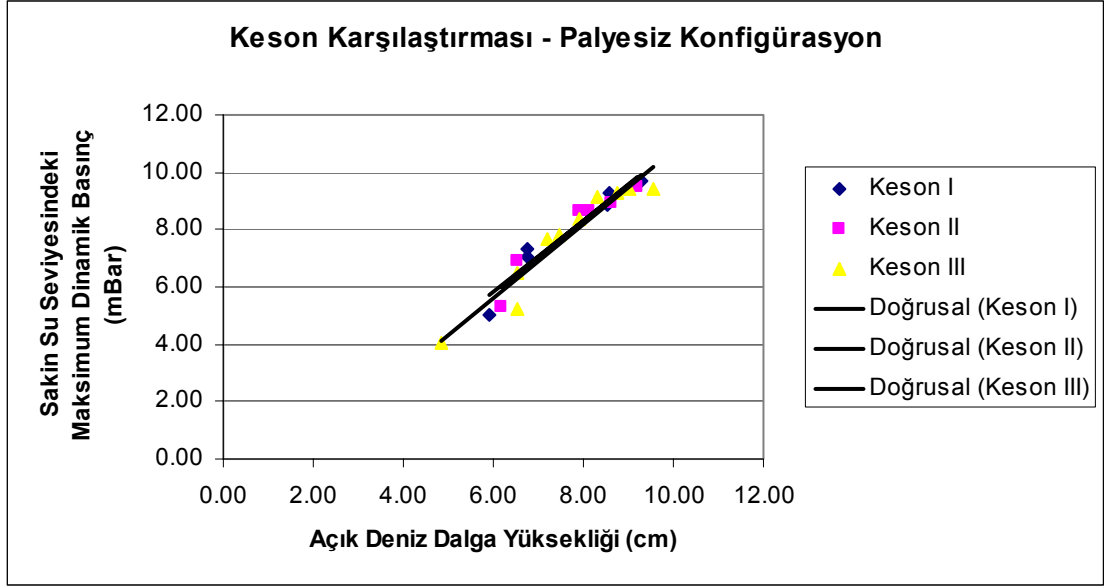
Şekil 4.17: Keson II (Orta Keson) palyeli - palyesiz konfigürasyon karşılaştırması, açık deniz dalga yüksekliği ve sakin su seviyesindeki maksimum dinamik basınç arasındaki ilişki



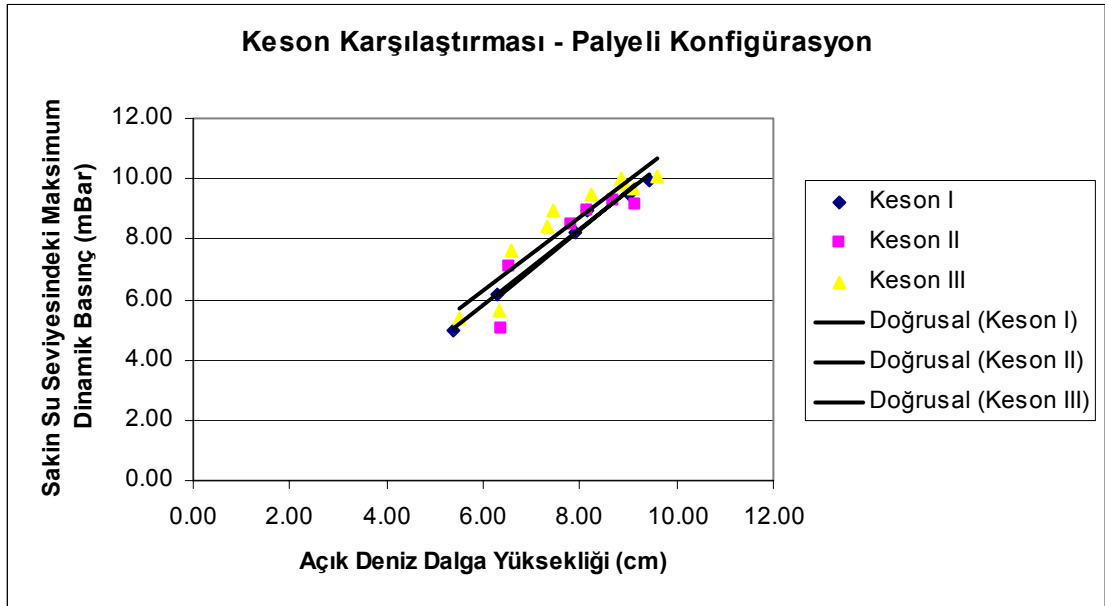
Şekil 4.18: Keson III (Küçük Keson) palyeli - palyesiz konfigürasyon karşılaştırması, açık deniz dalga yüksekliği ve sakin su seviyesindeki maksimum dinamik basınç arasındaki ilişki

Bu değerlendirme sonucunda görülmüştür ki, büyük ve orta boyuttaki keson için palyeli ve palyesiz durumların dinamik basınç açısından pek bir farkı yoktur; fakat, küçük keson (Keson III)'a ait deney sonuçlarına göre palye uygulaması maksimum dinamik basınç değerlerini arttırmaktadır. Kesonlar arasındaki bu farkın uzun dalganın keson boyutlarına göre ölçeğinden (H_0/d , H_0 :açık deniz dalga yüksekliği; d :yapı önü su derinliği) ileri gelmesinin yanında, yapı önüne konumlandırılan anroşman yüksekliğinin keson yüksekliğine oranı ile ilgili olduğu da açıktır. Buna göre, düşey yüzlü kıyı yapısının önüne inşa edilecek palye yüksekliği arttıkça, özellikle yapının (düşey yüzlü) üzerinden aşacak mertebede büyük bir uzun dalga etkisi altında, söz konusu yapının karşılaşıacağı dinamik dalga kuvvetlerinde bir artış beklenecektir.

Ayrıca, bu çalışmada yürütülen deneylerde kullanılan kesonları boyutları açısından birbirleri ile karşılaştırabilmek amacı ile, yine sakin su seviyesindeki maksimum dinamik basınç değerlerinin, açık deniz dalga yüksekliği değerleri ile değişimi palyeli ve palyesiz durumlar için ayrı ayrı, 3 keson da aynı grafikte olacak şekilde incelenmiştir (Şekil 4.19 ve Şekil 4.20).

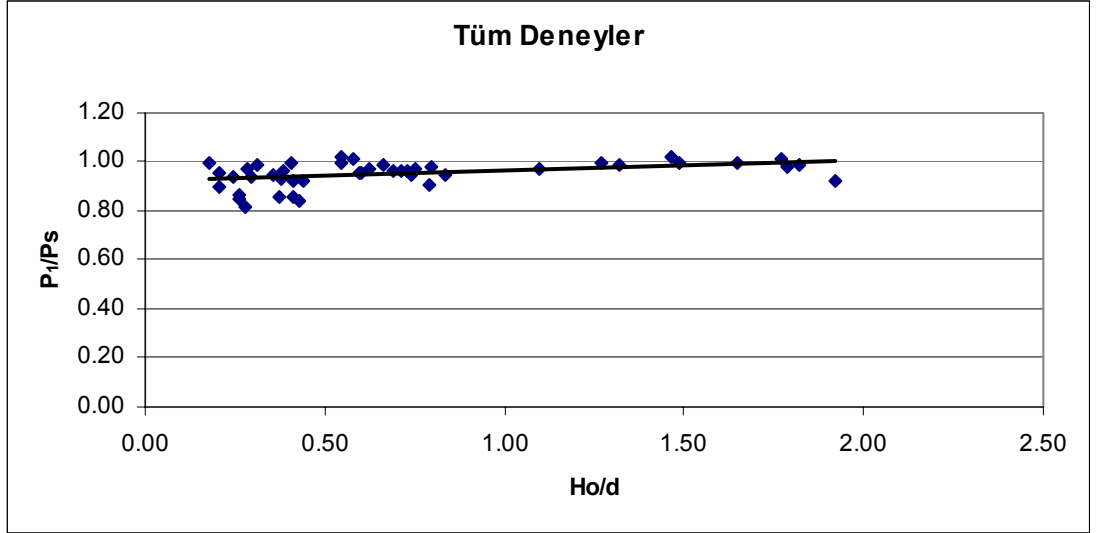


Şekil 4.19: Keson karşılaştırması - palyesiz konfigürasyon, açık deniz dalga yüksekliği ve sakin su seviyesindeki maksimum dinamik basınç arasındaki ilişki



Şekil 4.20: Keson karşılaştırması - palyeli konfigürasyon, açık deniz dalga yüksekliği ve sakin su seviyesindeki maksimum dinamik basınç arasındaki ilişki

Bu değerlendirmelere ek olarak, deney verilerini boyutsuzlaştırmak amacı ile H_0/d (açık deniz dalga yüksekliğinin yapı önü su derinliğine oranı) ve P_1/P_s (yapı üzerinde ölçülen en düşük dinamik basıncın sakin su seviyesinde ölçülen dinamik basınca oranı) arasındaki ilişki incelenmiştir. Tüm deney sonuçlarını içeren grafik Şekil 4.21’de verilmiştir. Buna göre, H_0/d oranı büyüdükçe yapı üzerinde ölçülen en düşük dinamik basıncın sakin su seviyesindeki dinamik basınca oranı (P_1/P_0) 1 değerine yaklaşmaktadır. Diğer bir deyişle, uzun dalga yapı boyutlarına göre büyüdükçe, basınç dağılımı üniform hale gelmektedir.



Şekil 4.21: Tüm deneyler – H_0/d oranı ile P_1/P_s oranının değişimi

Bölüm 2’de ayrıntılı olarak bahsedilen Tanimoto’ya ait hesap yöntemi ile deneyler sırasında ölçülen basınç değerleri arasındaki benzerliği ortaya koymak için ise her bir deneyde ölçülen açık deniz dalga yüksekliklerini kullanarak, Denklem 2.3 yardımı ile Tanimoto’nun önerdiği yapı önü dinamik basınç değerleri hesaplanmış ve bu değerler ile sakin su seviyesinde ölçülen maksimum dinamik basınç değerleri karşılaştırılmıştır. Ölçülen ve hesaplanan basınçlar ile her deney için hata oranı (ya da önerilen hesap yöntemine yakınlık) Tablo 4.2’de sunulmuştur. Bu analiz sonucunda, hata oranlarının mutlak değerlerinin ortalaması % **6,51** olarak ortaya çıkmaktadır.

Tablo 4.2: Ölçülen basınçlar, Tanimoto yöntemi ile hesaplanan basınçlar ve hata yüzdeleri

Deney No	Ho (cm)	P _{ölçülen} (mBar)	P _{hesaplanan} (mBar)	Hata (%)
101	8.55	8.85	9.23	-4.08
102	5.91	5.01	6.38	-21.44
103	9.27	9.67	10.00	-3.33
104	6.74	7.03	7.27	-3.34
105	8.59	9.25	9.27	-0.21
106	6.75	7.35	7.28	0.91
201	5.38	4.94	5.81	-14.91
202	8.15	8.97	8.79	1.99
203	6.28	6.16	6.78	-9.10
204	9.04	9.49	9.76	-2.72
205	7.90	8.23	8.52	-3.46
206	9.43	9.95	10.18	-2.22
401	6.39	5.07	6.90	-26.47
402	8.14	8.95	8.78	1.89
403	6.55	7.10	7.07	0.45
404	8.67	9.25	9.36	-1.13
405	7.81	8.48	8.43	0.62
406	9.16	9.16	9.88	-7.33
501	6.18	5.32	6.67	-20.23
502	7.91	8.64	8.54	1.22
503	6.53	6.94	7.05	-1.51
504	8.63	8.96	9.31	-3.79
505	8.12	8.63	8.76	-1.51
506	9.19	9.52	9.92	-4.00
601	6.54	5.20	7.06	-26.32
602	8.31	9.12	8.97	1.70
603	6.54	6.47	7.06	-8.32
604	8.77	9.27	9.46	-2.05
605	7.46	7.82	8.05	-2.86
606	9.02	9.43	9.73	-3.12
607	7.92	8.37	8.55	-2.06
608	9.54	9.43	10.29	-8.40
609	4.85	4.04	5.23	-22.81
610	7.20	7.65	7.77	-1.54
701	6.35	5.61	6.85	-18.13
702	8.23	9.45	8.88	6.41
703	6.59	7.63	7.11	7.29
704	8.94	9.83	9.65	1.90
705	7.32	8.40	7.90	6.34
706	9.10	9.69	9.82	-1.32
707	8.85	10.01	9.55	4.82
708	9.60	10.10	10.36	-2.50
709	5.49	5.37	5.92	-9.36
710	7.43	8.94	8.02	11.50

5. SONUÇLAR VE TARTIŞMA

Bu yüksek lisans tez çalışmasının temel amacı, uzun dalgaların (uzun periyotlu ve uzun dalga boyuna sahip su dalgaları) düşey yüzlü kıyı yapıları üzerindeki etkisinin bir deneysel çalışma ile incelenmesi ve yapıya gelen dalga yüksekliğine bağlı olarak yapı önyüzünde oluşacak basınç değerleri ile basınç dağılımının elde edilmesi; palyeli ve palyesiz inşaat durumlarının dinamik dalga basıncı açısından irdelenmesi şeklinde özetlenebilir.

Bu amaçla İTÜ Hidrolik Laboratuvarı'nda halihazırda bulunan bir dalga kanalı, tsunami tipi uzun dalga üretici ile veri toplayıcılar (dalga probları, basınçölçerler) ve veri kaydedici sistem kullanılmıştır. Uzun dalgaların düşey yüzlü kıyı yapıları üzerindeki etkisini ortaya koyabilmek amacı ile, 3 farklı boyutta tasarlanan keson tipi dalgakıran yapıları imal edilmiştir. Deneysel çalışma kapsamında toplam 44 adet deney gerçekleştirilmiş ve deneylerden elde edilen veriler bir önceki bölümde analiz edilmiştir. Bu veriler sayesinde ulaşılan sonuçlar aşağıda ifade edildiği gibidir.

Uzun dalgaların etkisi altındaki bir düşey yüzlü kıyı yapısında, dalga kaynaklı dinamik basınçların maksimum değeri genellikle sakin su seviyesinde ortaya çıkmaktadır ve açık deniz dalga yüksekliği ile yapı üzerinde oluşan maksimum dinamik basınçlar arasındaki ilişki lineer olarak açıklanabilmektedir.

Düşey yüzlü bir kıyı yapısı üzerinde uzun dalga etkisi ile meydana gelen dinamik basınç dağılımı, dalga yapı boyutlarına göre büyüdükçe üniform hale gelmekte, sakin su seviyesi altındaki maksimum basınç değerleri, sakin su seviyesindeki maksimum basınç değerine yaklaşmaktadır.

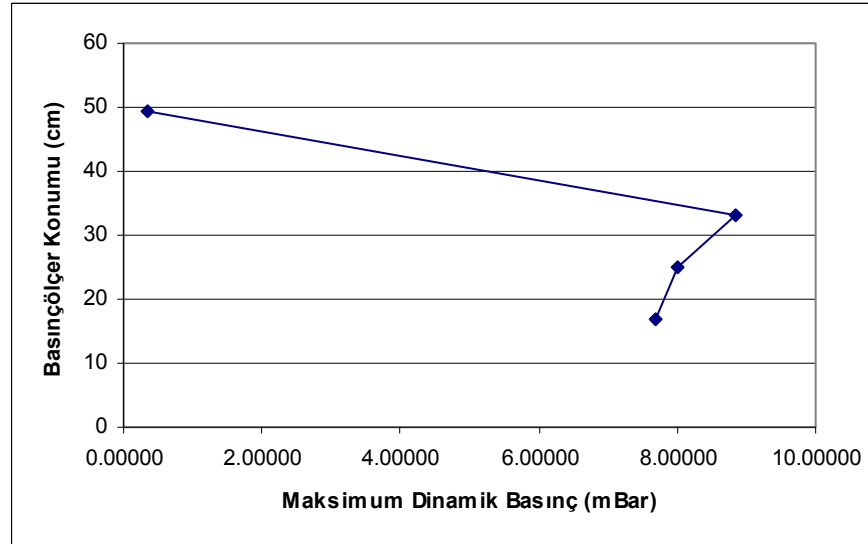
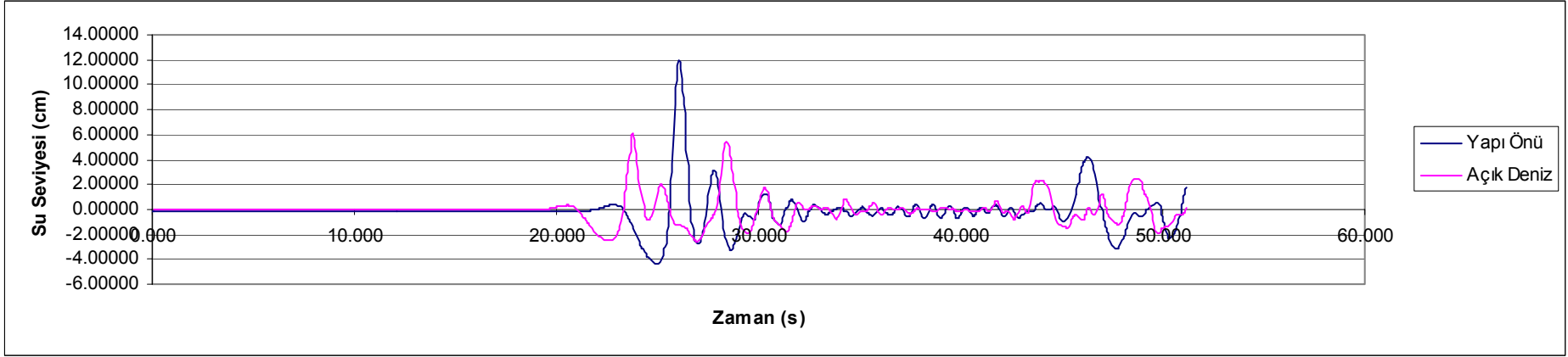
Düşey yüzlü bir kıyı yapısının önüne inşa edilecek palye yüksekliği arttıkça, özellikle yapının üzerinden aşacak mertebede büyük bir uzun dalga etkisi altında, söz konusu yapının karşılaşacağı dinamik dalga kuvvetleri de hissedilir ölçüde artmaktadır. Diğer bir deyişle, palye uygulaması yapının uzun dalga durumunda karşılaşacağı dinamik kuvvetler açısından negatif rol oynamaktadır.

KAYNAKLAR

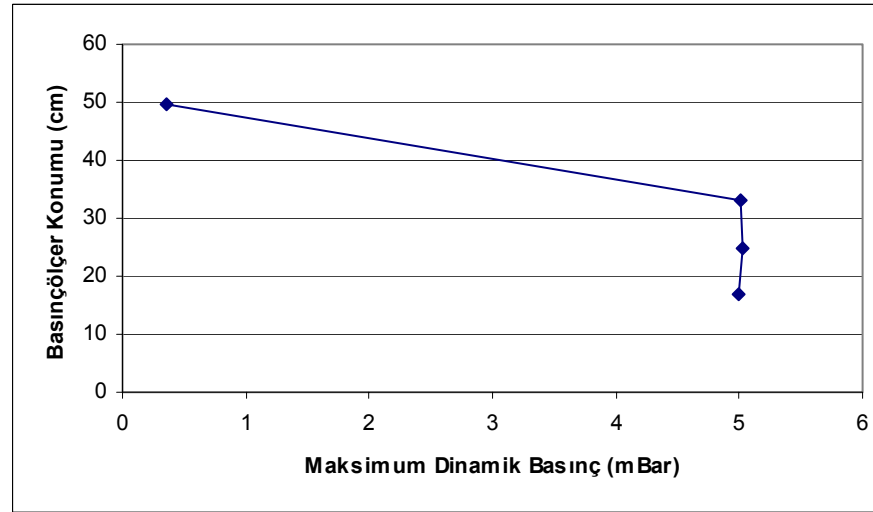
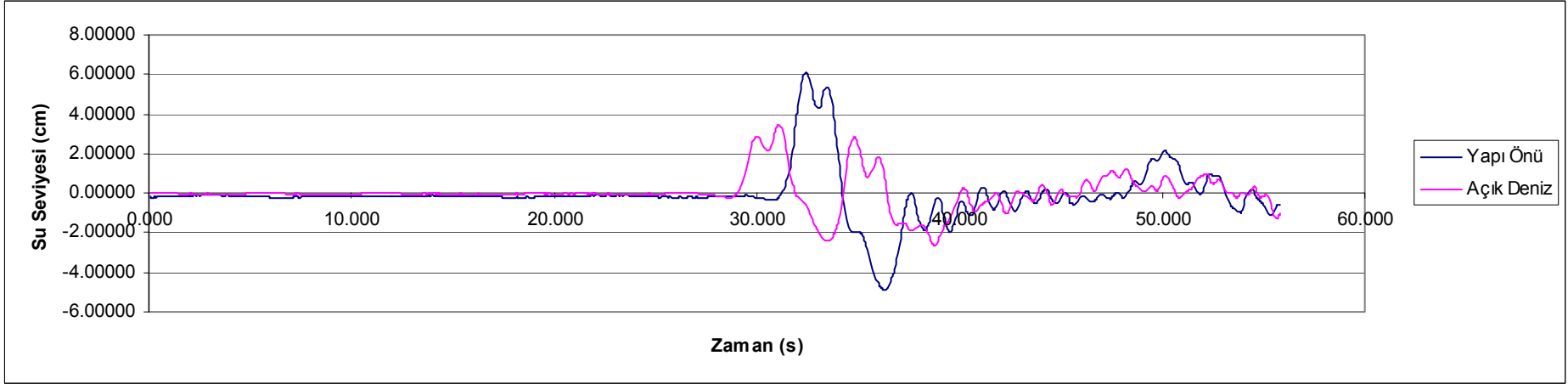
- [1] **Kabdaşlı, S.**, 1992. Kıyı Mühendisliği, İ.T.Ü İnşaat Fakóltesi Matbaası, İstanbul.
- [2] **Cuypers, K.**, 2003. Breakwater Stability Under Tsunami Attack *for a site in Nicaragua*, *Master Thesis*, TU Delft.
- [3] **Kırca, Ö.**, 2002. Uzun Dalgaların Kıyıdaki Davranışlarının İncelenmesi, *Yüksek Lisans Tezi*, İ.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- [4] **Li, Y.**, 2000. Tsunamis: Non-Breaking and Breaking Solitary Wave Run-Up, *PhD Thesis*, CIT, CA.
- [5] **İrtem, E.**, 2004. Uzun Dalgaların Tırmanma Yüksekliğinin Deneysel İncelenmesi, Proje Raporu, BAÜ.
- [6] **National Tsunami Hazard Mitigation Program**, 2001. Designing For Tsunamis, US Department of Commerce and NOAA Report, USA.
- [7] **Ramsden, J.D.**, 1996. Forces On A Vertical Wall Due To Long Waves, Bores, And Dry Bed Surges, *Journal of Waterway, Port, Coastal, and Ocean Engineering*, **May-June**, 134-141.
- [8] **Yeh, H., Robertson, I., and Preuss, J.**, 2005. Development of Design Guidelines for Structures that Serve as Tsunami Vertical Evacuation Sites, Washington Division of Geology and Earth Resources Report, WA.

EKLER

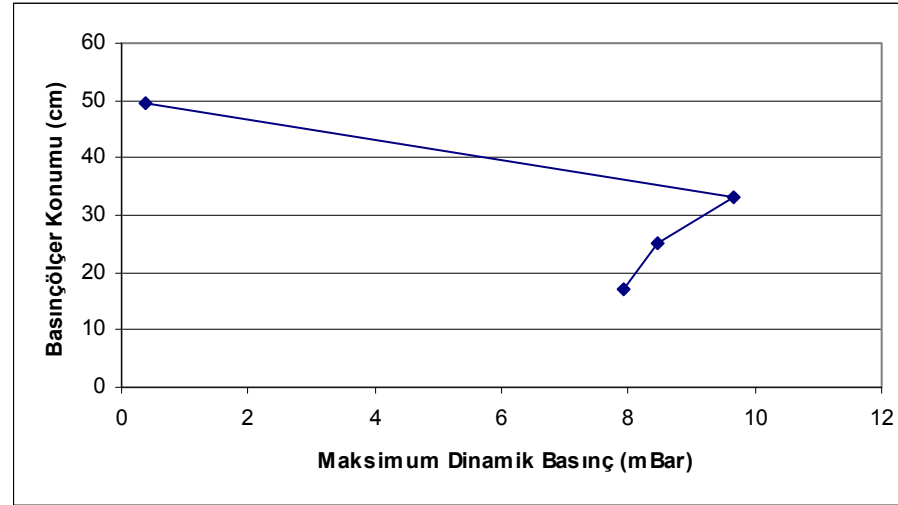
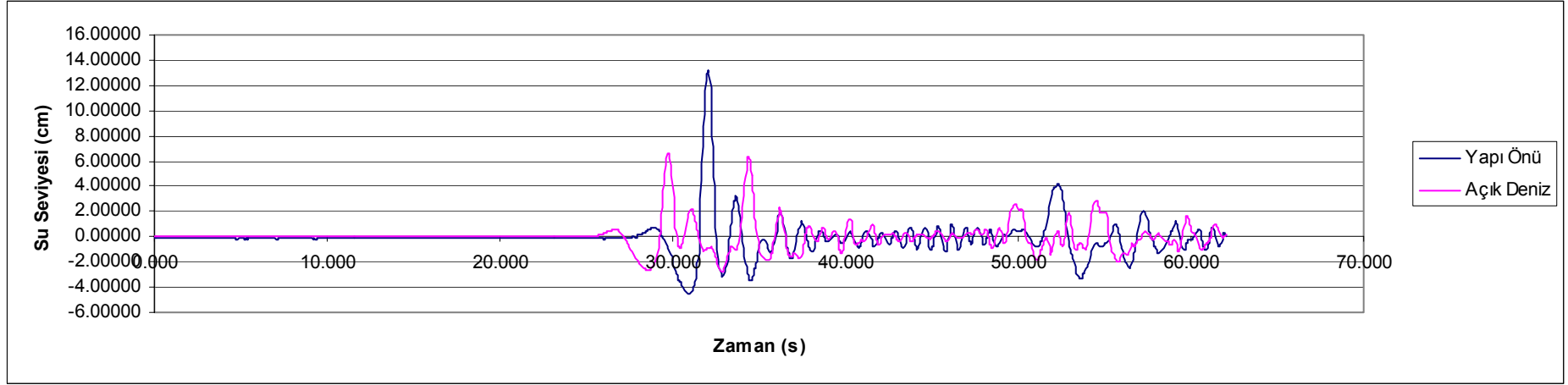
EK - A Keson I Deney Sonuçları



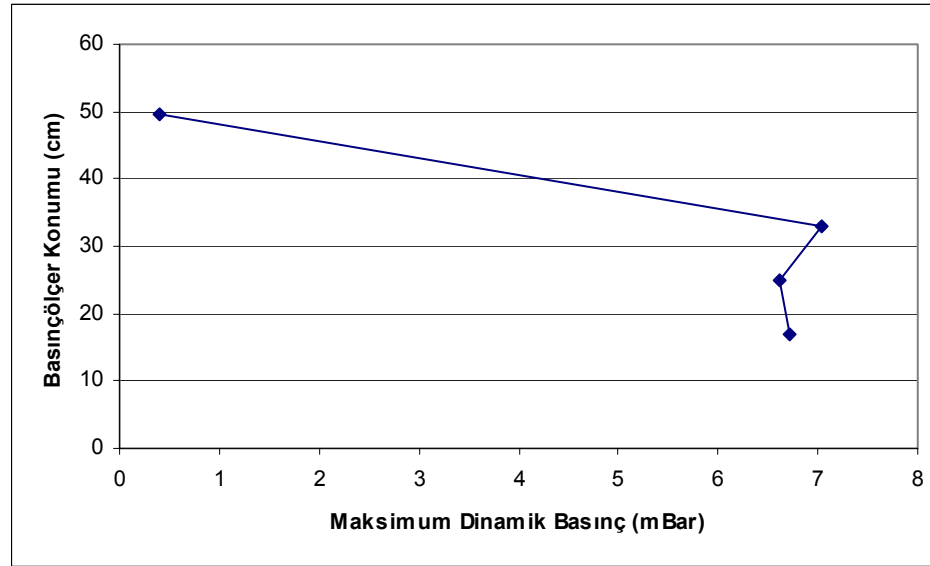
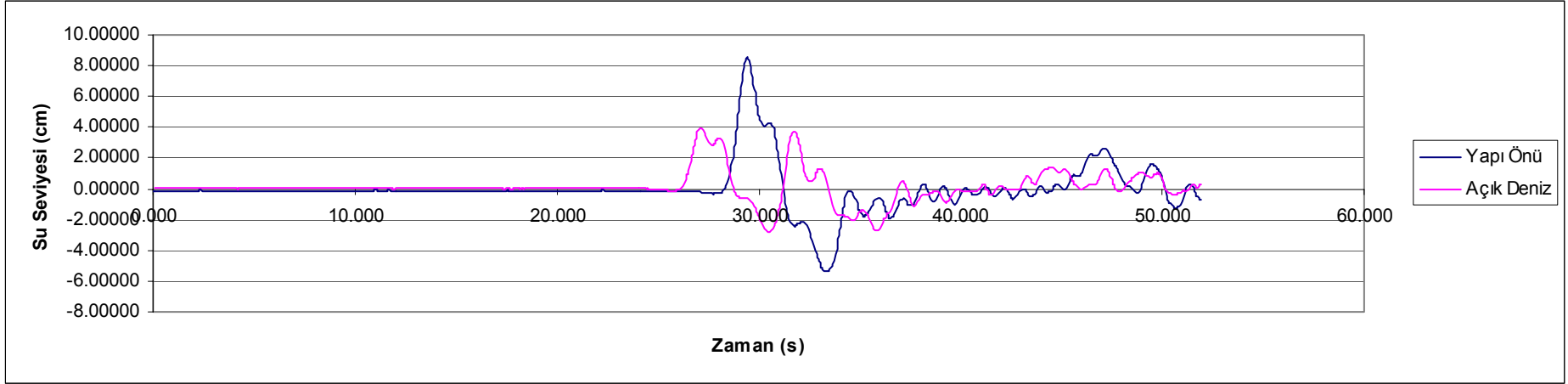
Şekil A.1: Keson I palyesiz konfigürasyon – 6 Bar hava basıncı, piston aşağı



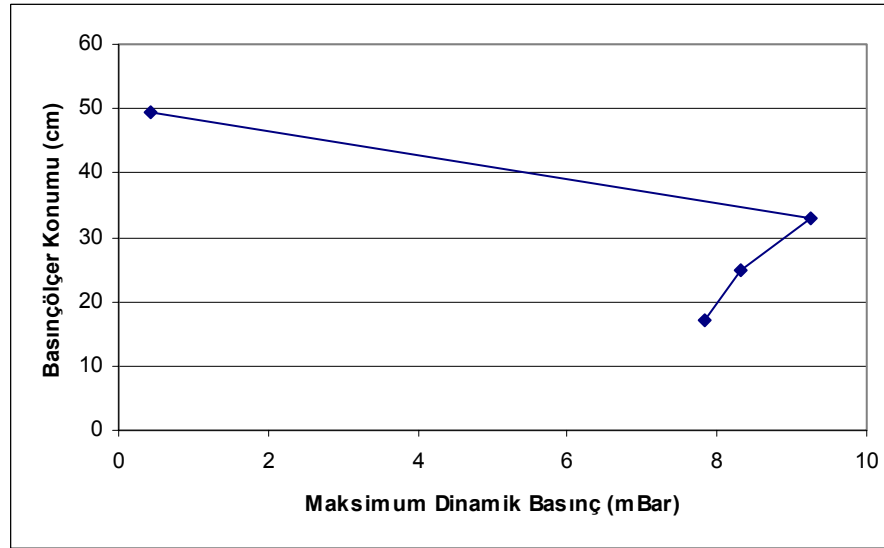
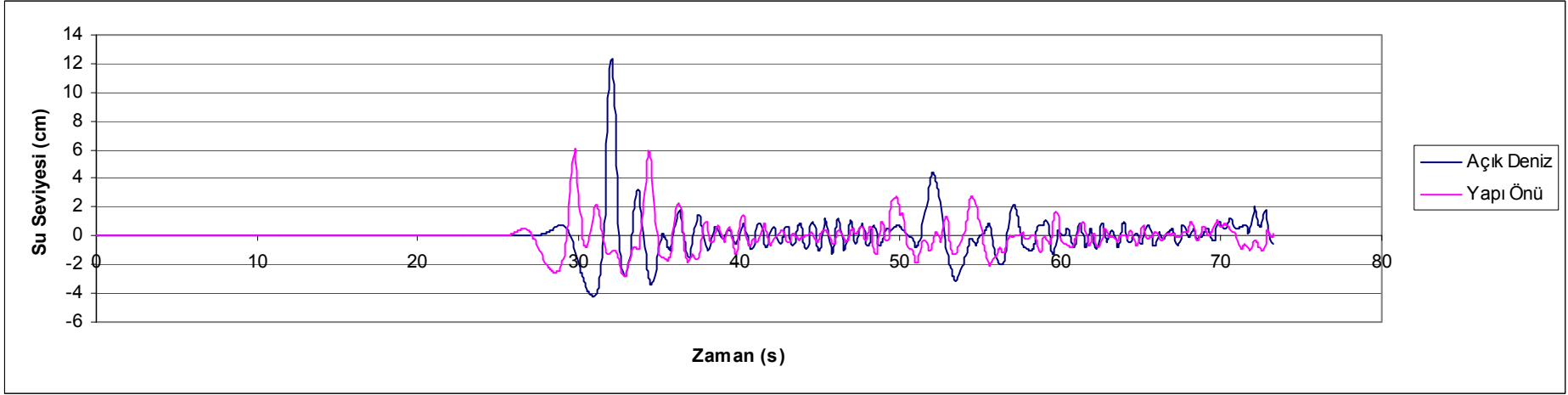
Şekil A.2: Keson I palyesiz konfigürasyon – 6 Bar hava basıncı, piston yukarı



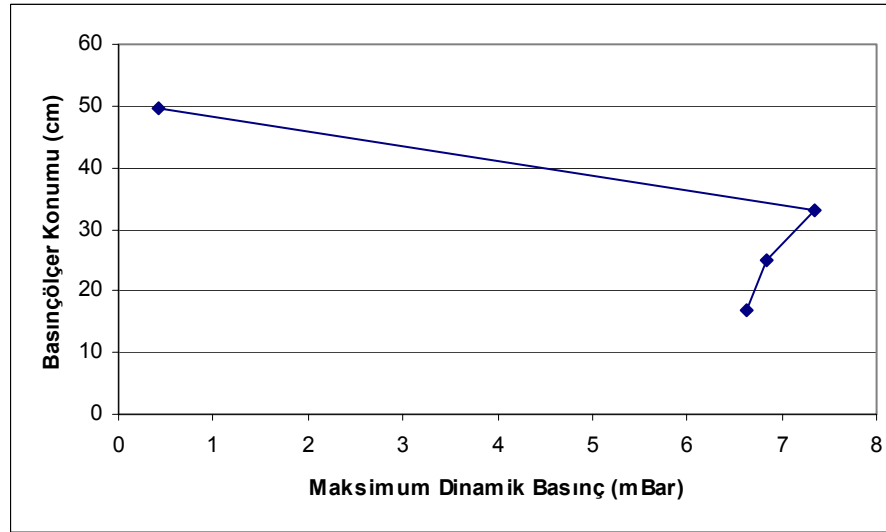
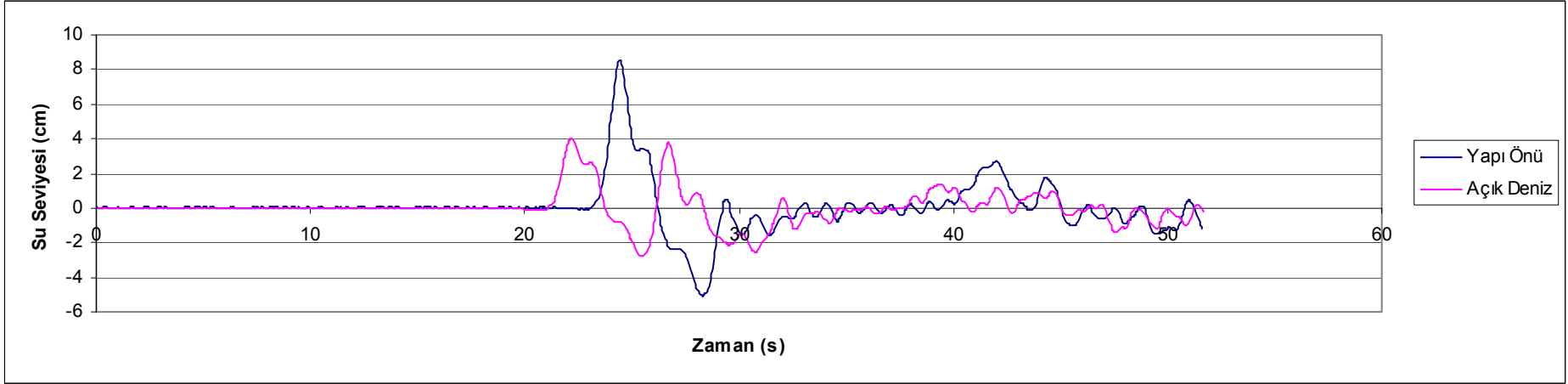
Şekil A.3: Keson I palyesiz konfigürasyon – 8 Bar hava basıncı, piston aşağı



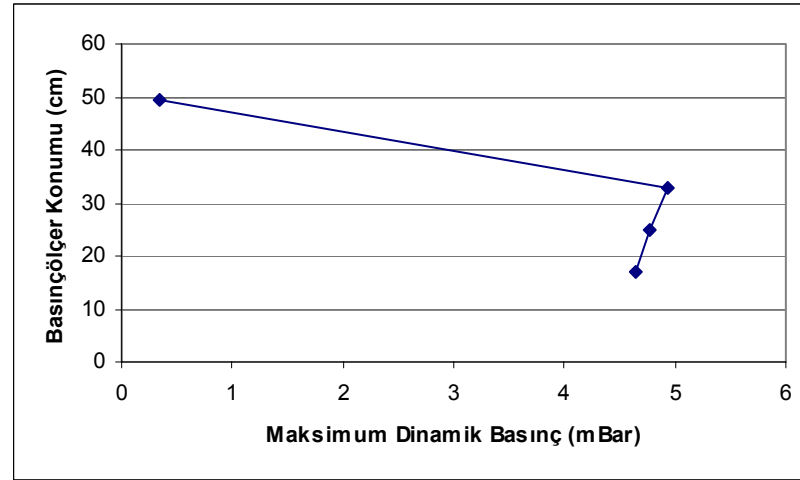
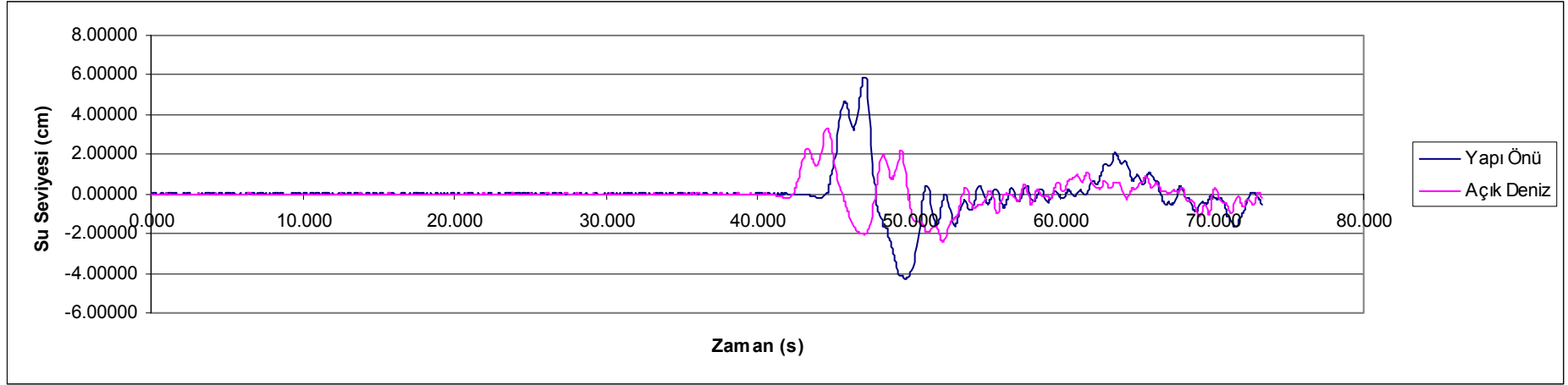
Şekil A.4: Keson I palyesiz konfigürasyon – 8 Bar hava basıncı, piston yukarı



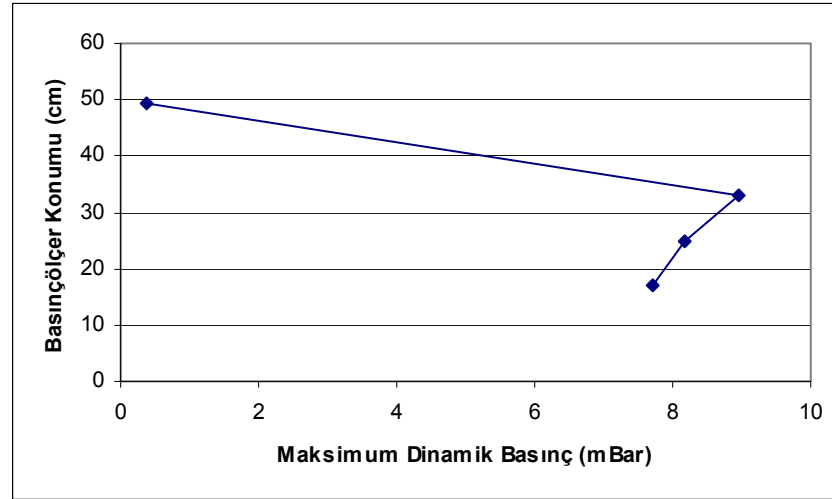
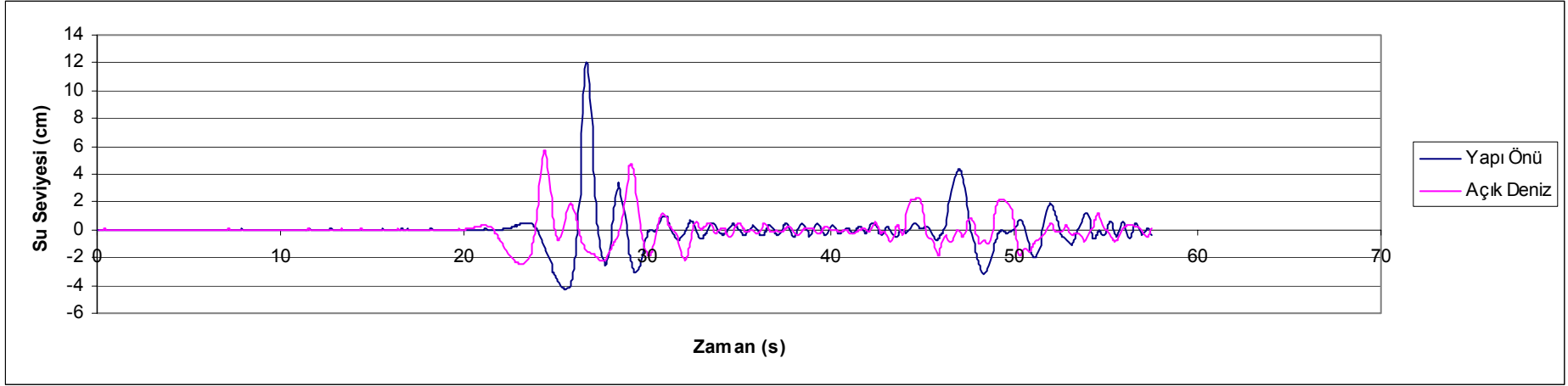
Şekil A.5: Keson I palyesiz konfigürasyon – 10 Bar hava basıncı, piston aşağı



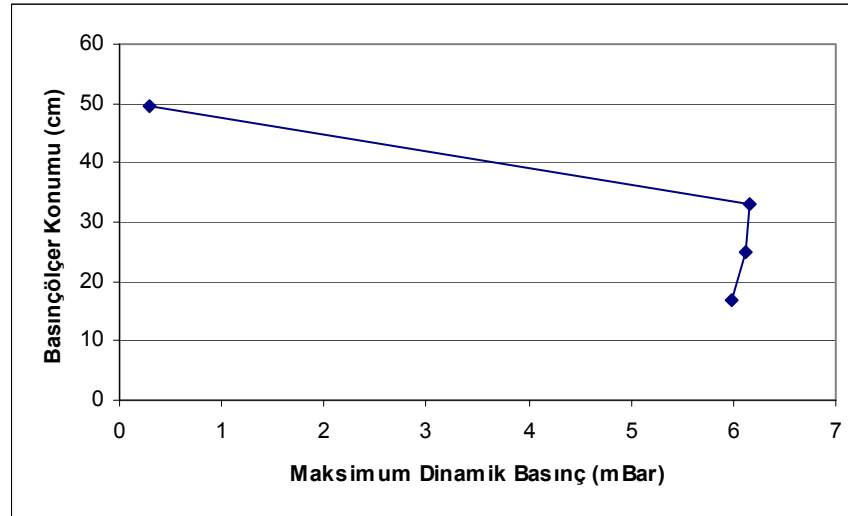
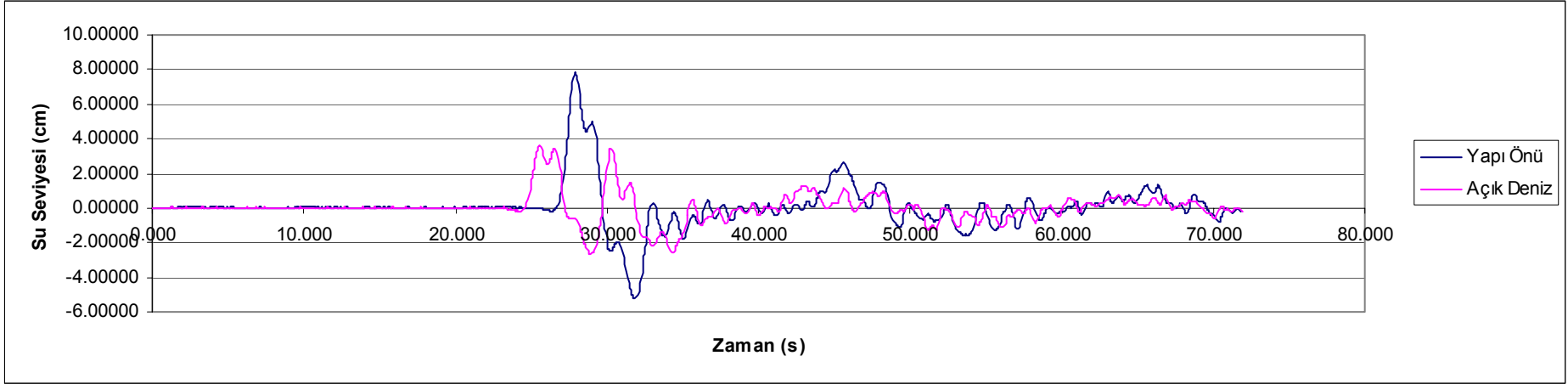
Şekil A.6: Keson I palyesiz konfigürasyon – 10 Bar hava basıncı, piston yukarı



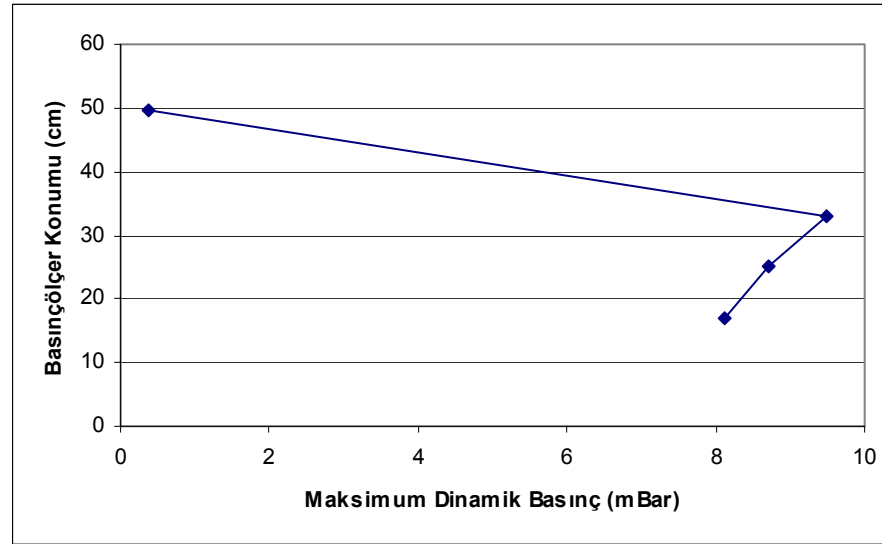
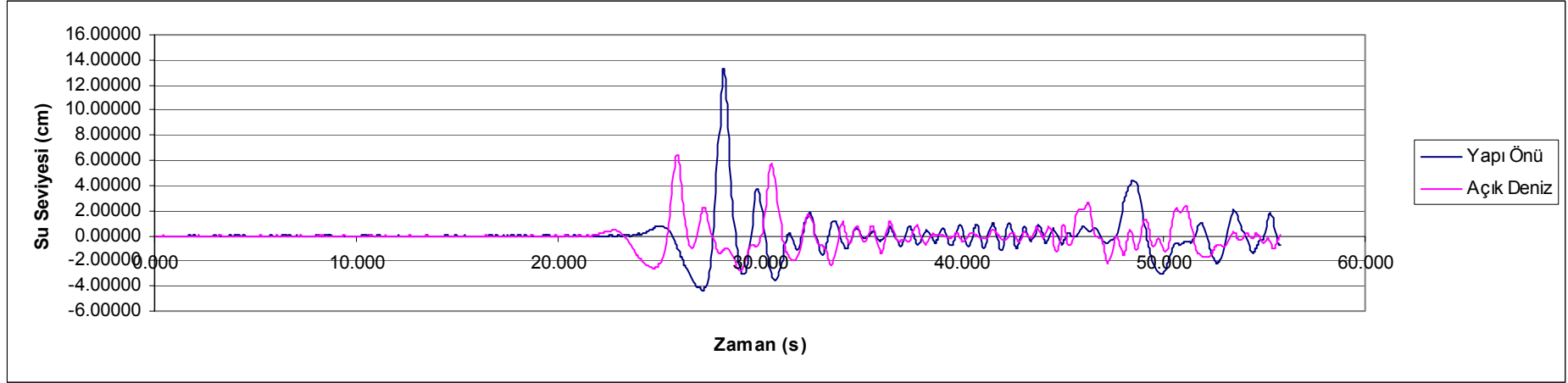
Şekil A.7: Keson I palyeli konfigürasyon – 6 Bar hava basıncı, piston yukarı



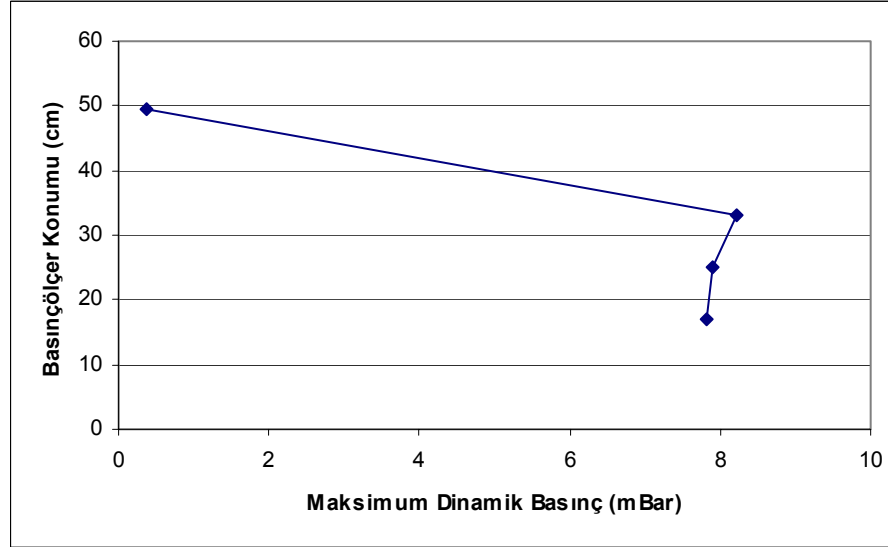
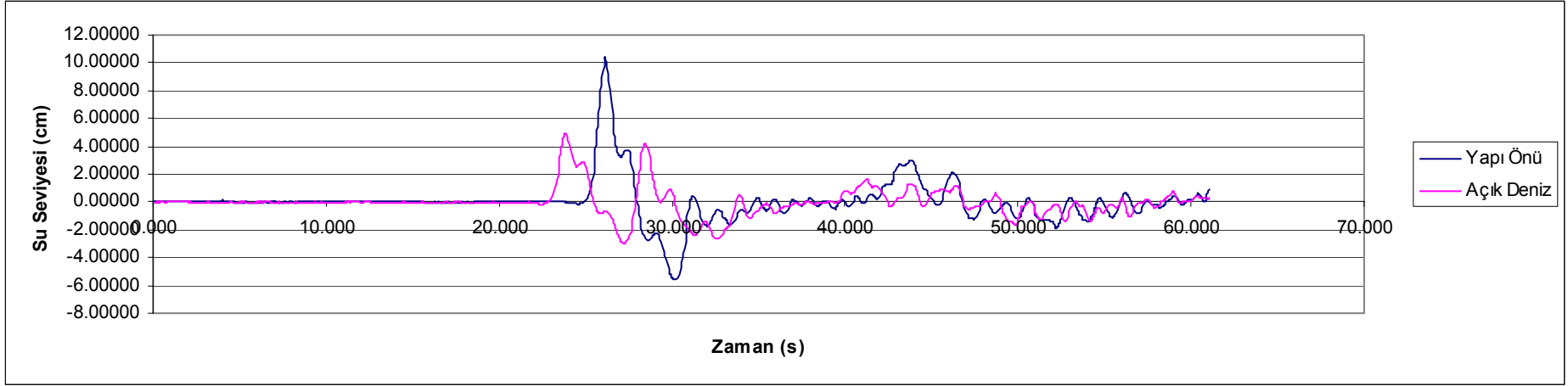
Şekil A.8: Keson I palyeli konfigurasyon – 6 Bar hava basıncı, piston aşağı



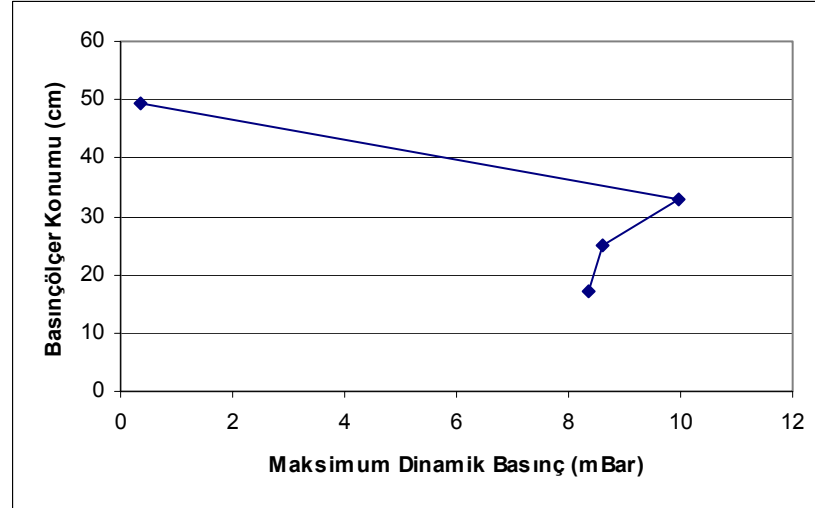
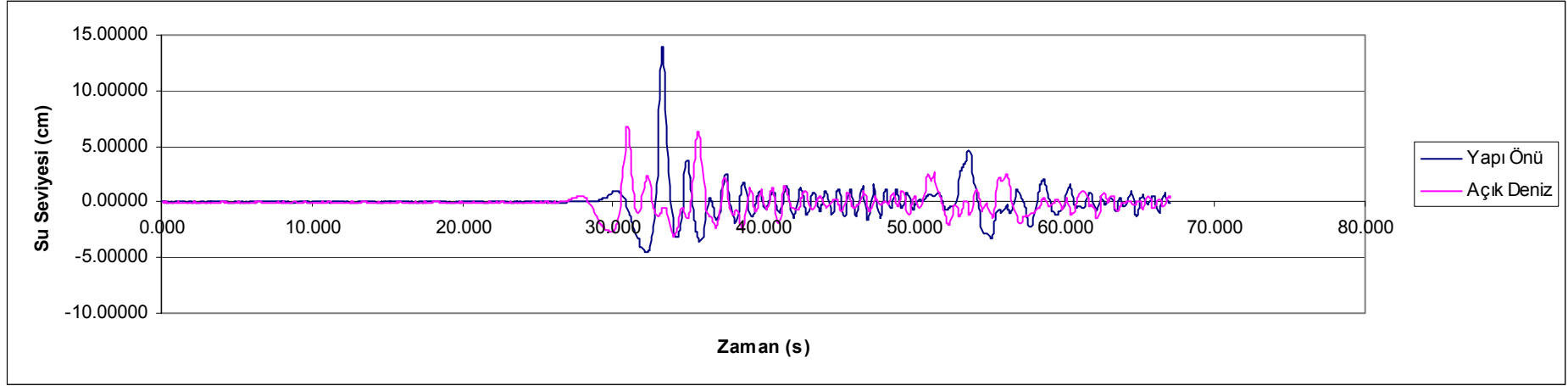
Şekil A.9: Keson I palyeli konfigürasyon – 8 Bar hava basıncı, piston yukarı



Şekil A.10: Keson I palyeli konfigurasyon – 8 Bar hava basıncı, piston aşağı

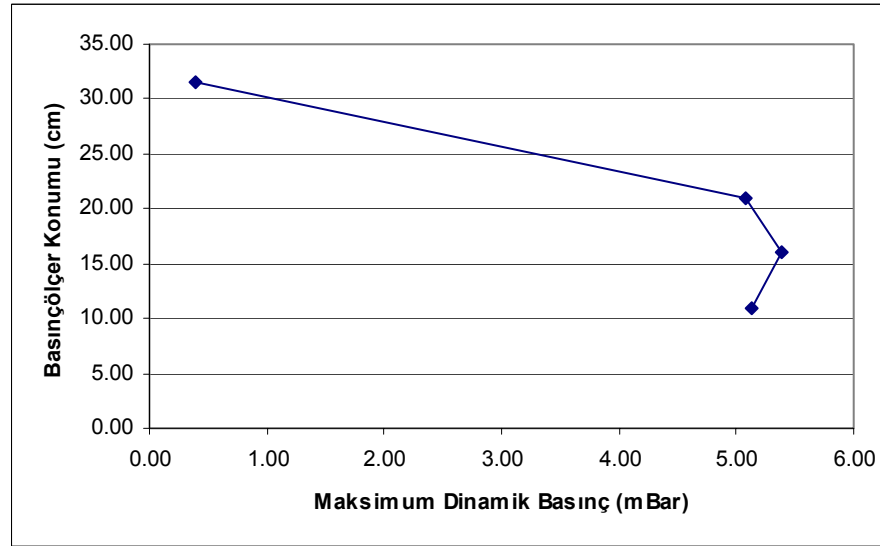
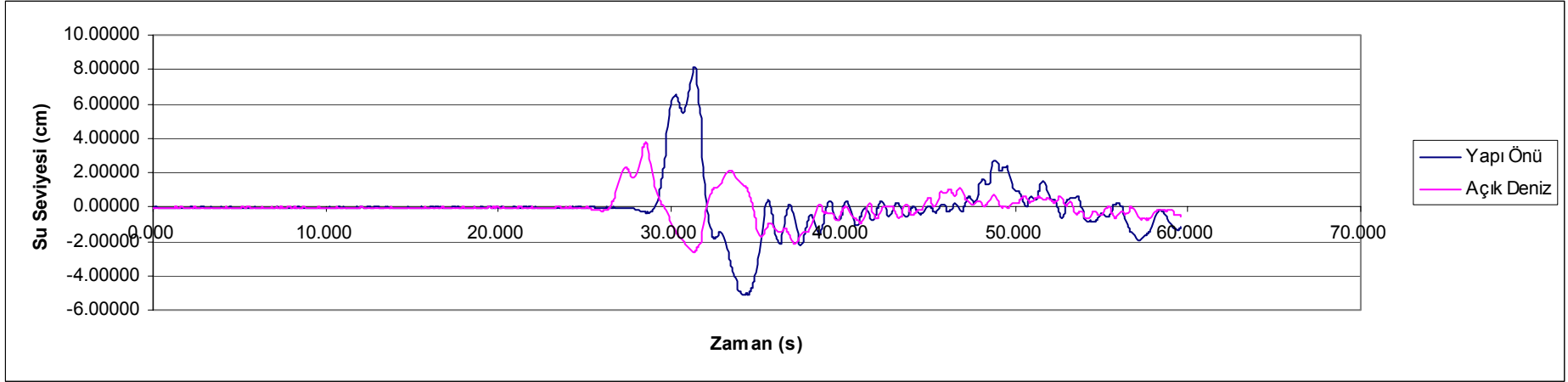


Şekil A.11: Keson I palyeli konfigürasyon – 10 Bar hava basıncı, piston yukarı

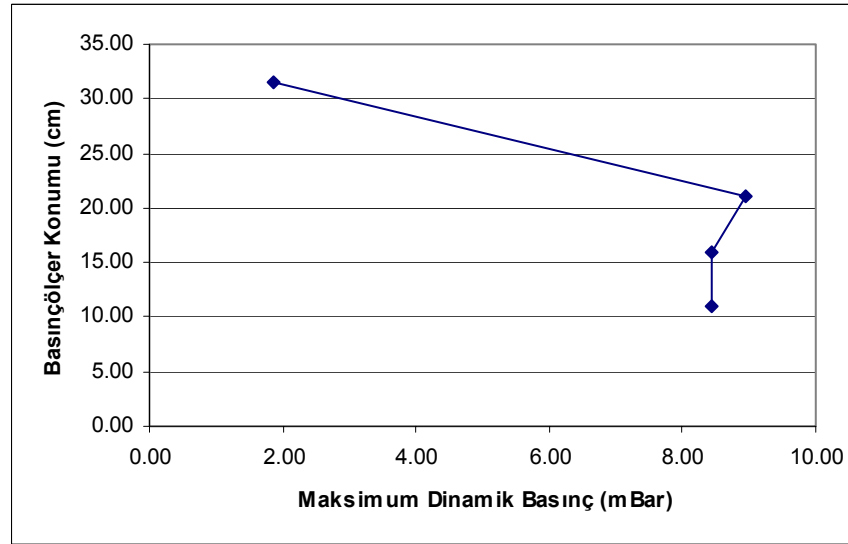
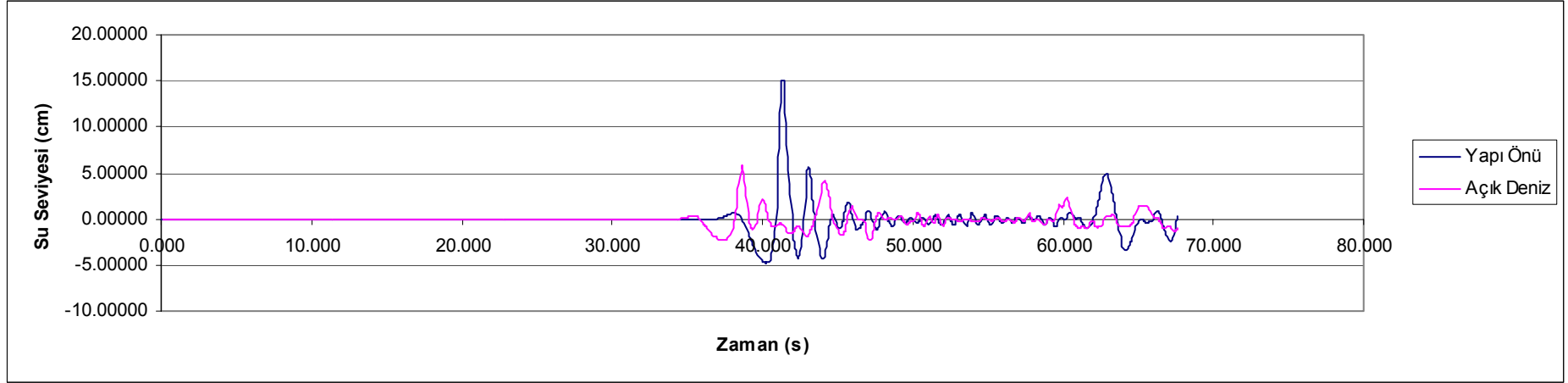


Şekil A.12: Keson I palyeli konfigürasyon – 10 Bar hava basıncı, piston aşağı

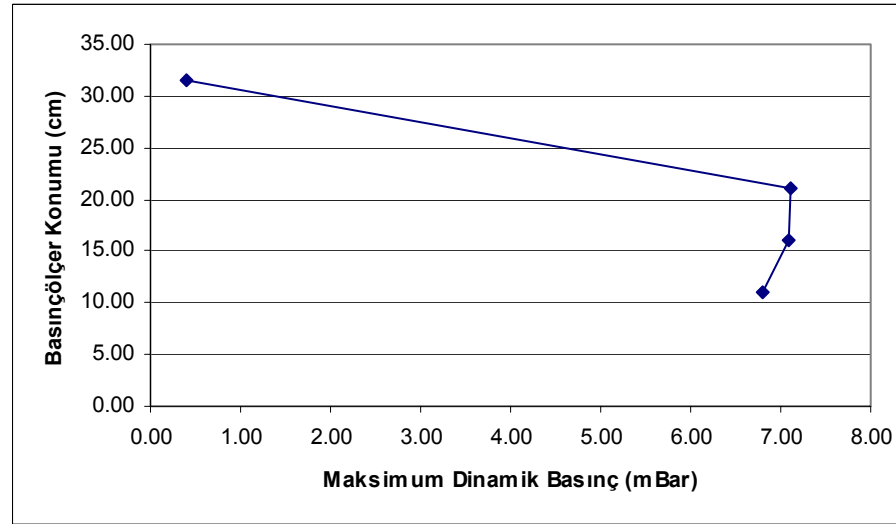
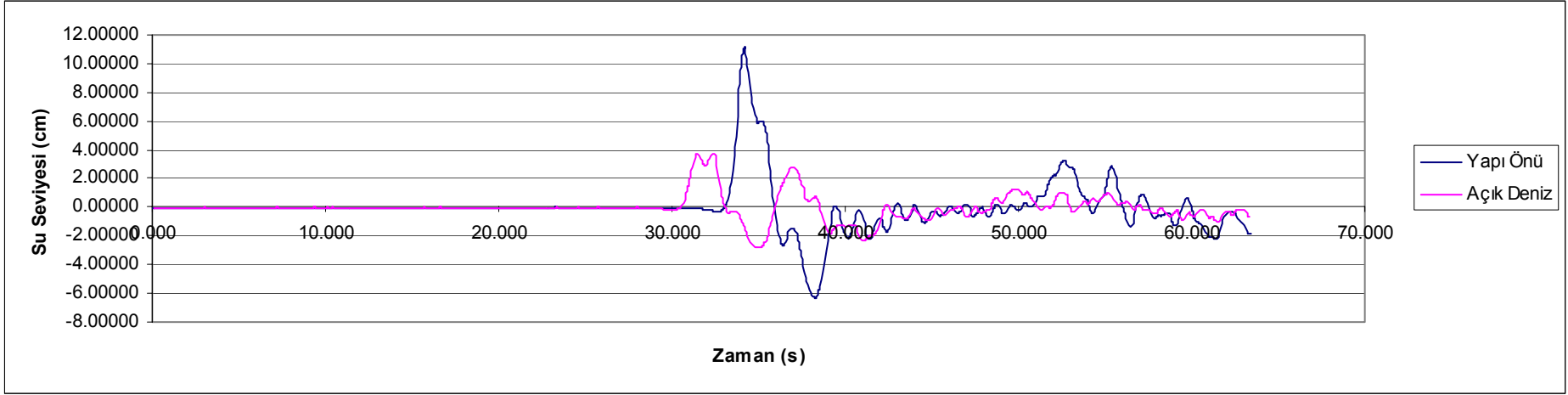
EK - B Keson II Deney Sonuları



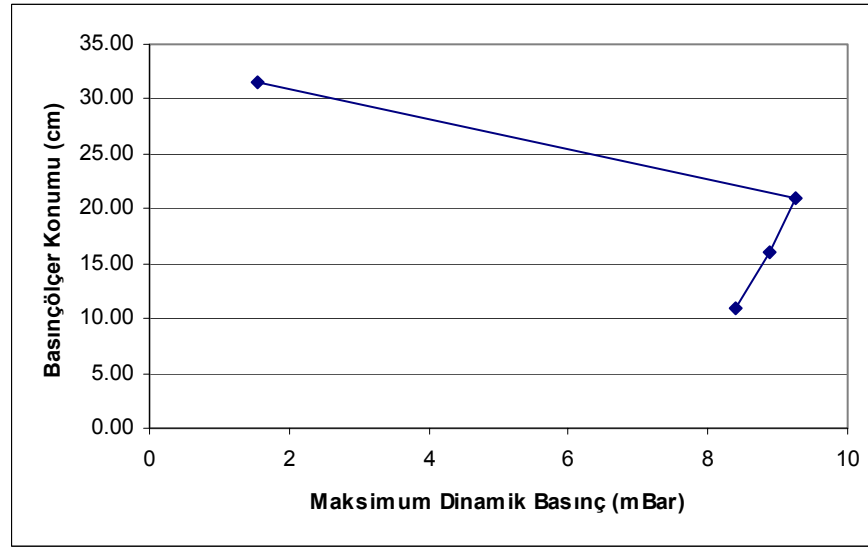
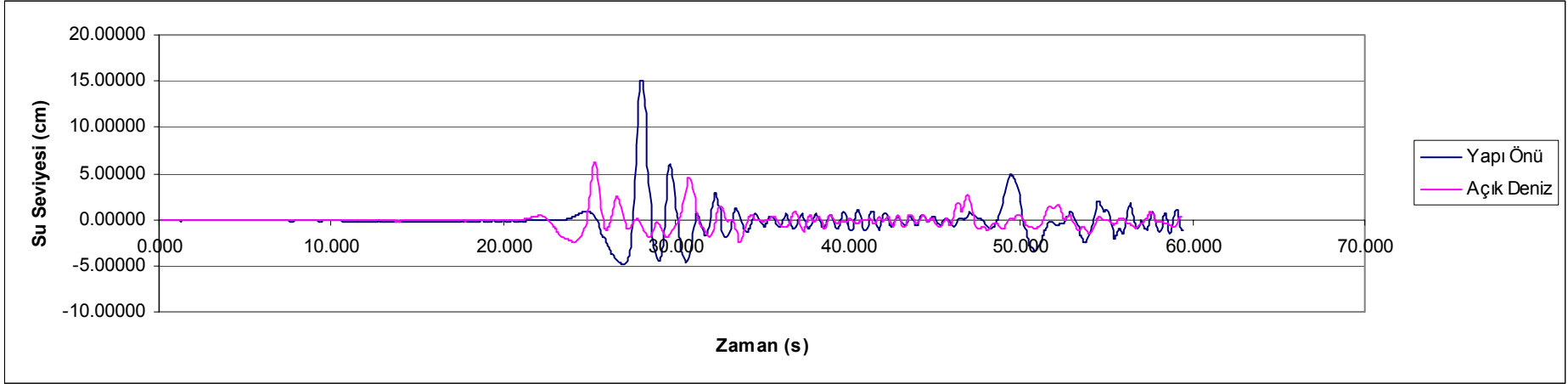
Şekil B.1: Keson II palyeli konfigürasyon – 6 Bar hava basıncı, piston yukarı



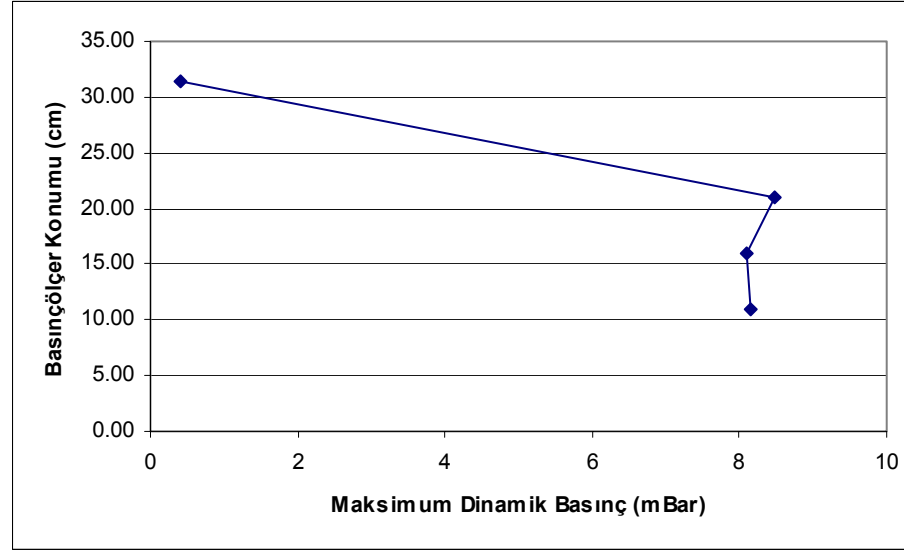
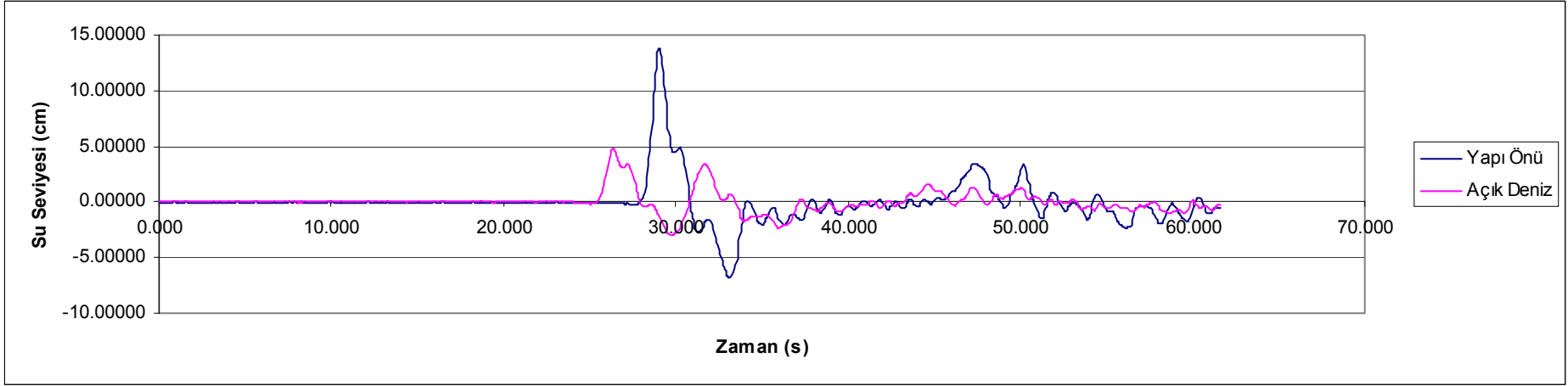
Şekil B.2: Keson II palyeli konfigürasyon – 6 Bar hava basıncı, piston aşağı



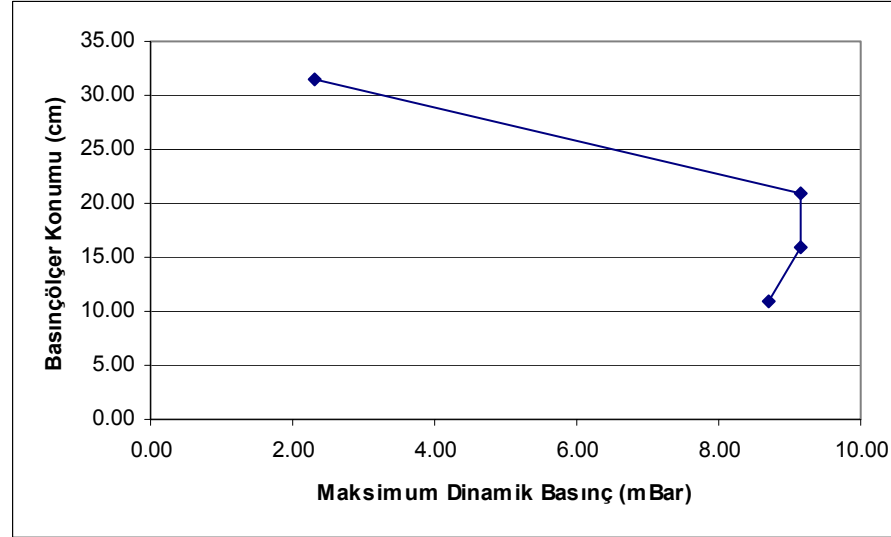
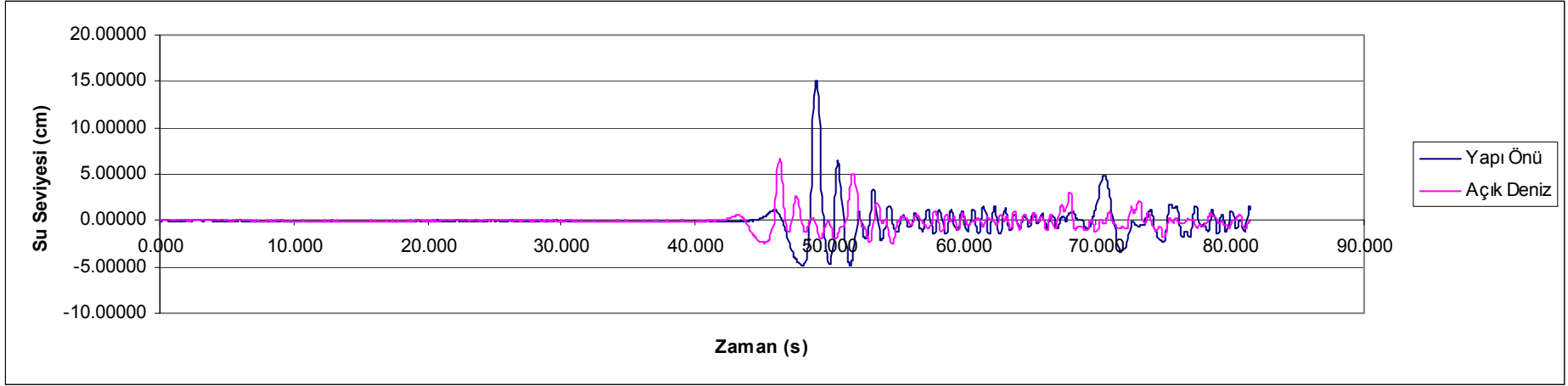
Şekil B.3: Keson II palyeli konfigurasyon – 8 Bar hava basıncı, piston yukarı



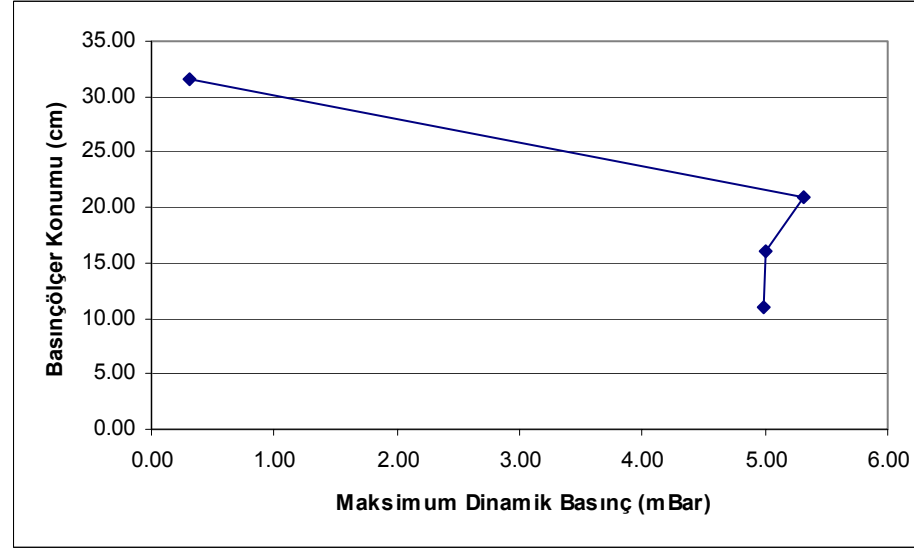
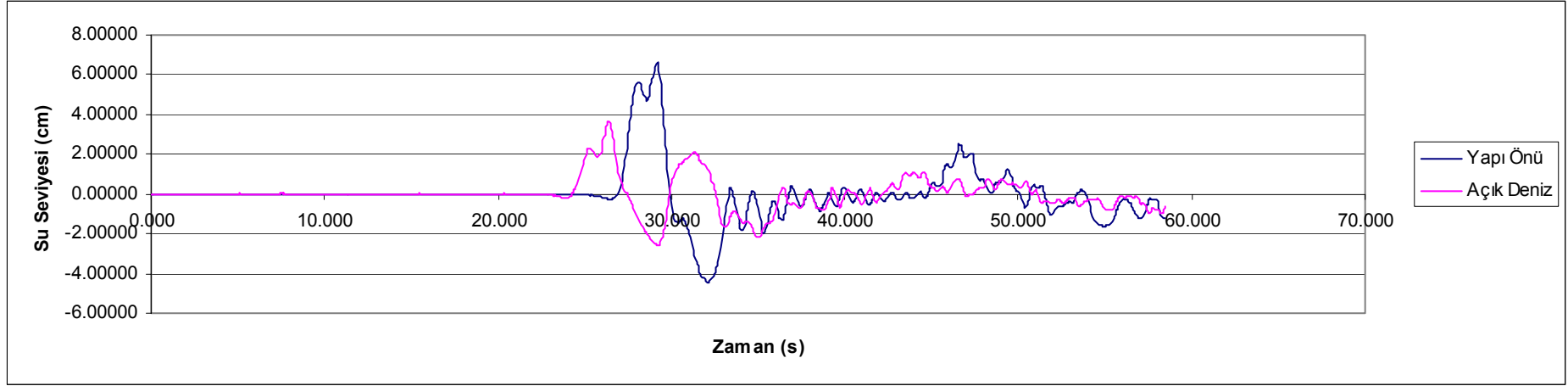
Şekil B.4: Keson II palyeli konfigürasyon – 8 Bar hava basıncı, piston aşağı



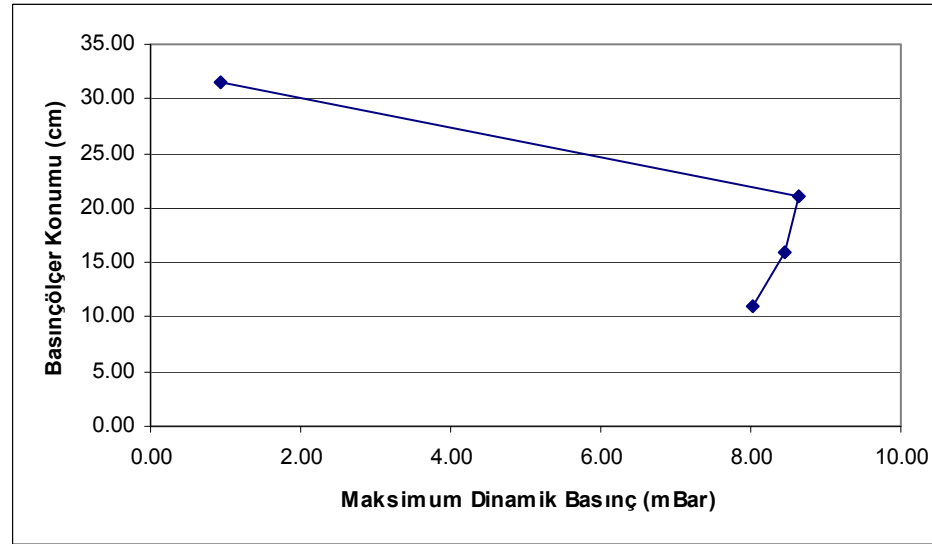
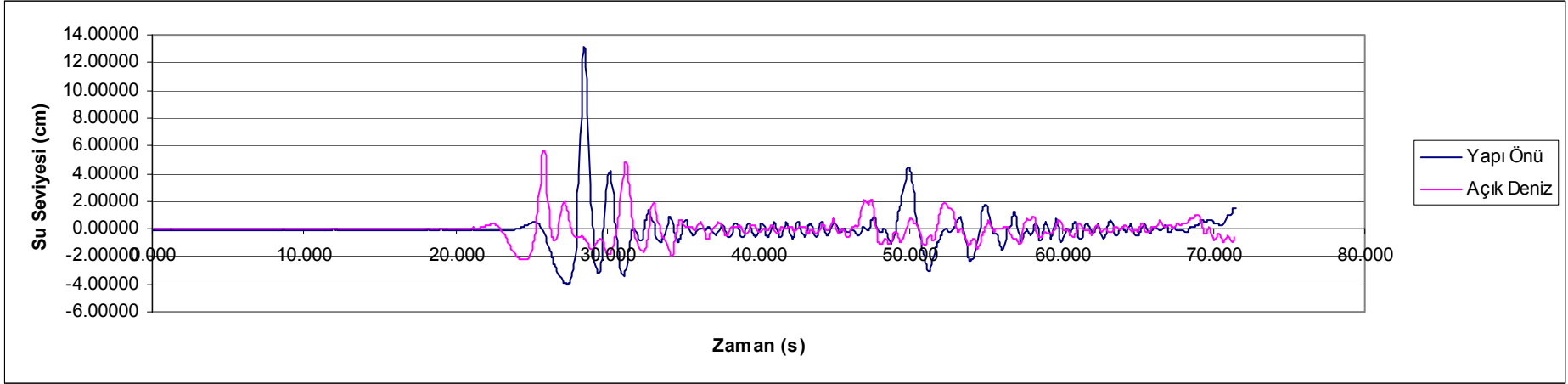
Şekil B.5: Keson II palyeli konfigürasyon – 10 Bar hava basıncı, piston yukarı



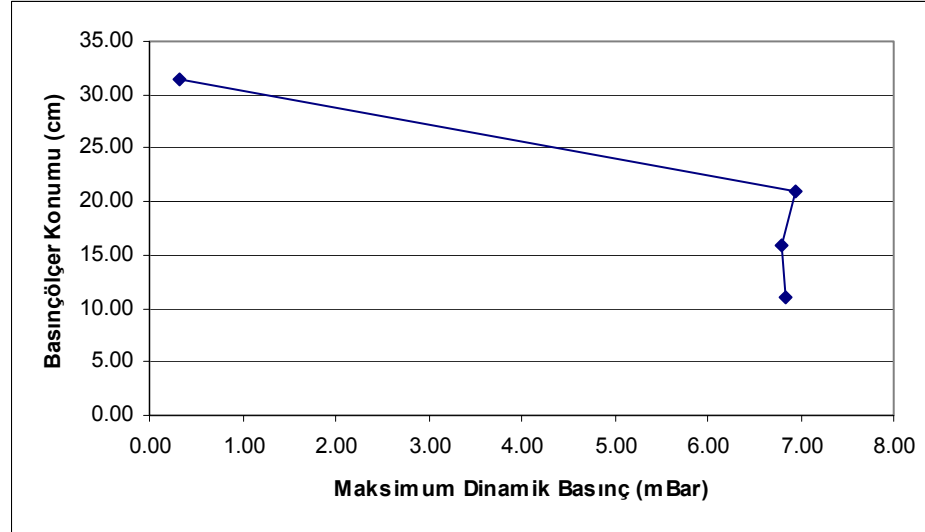
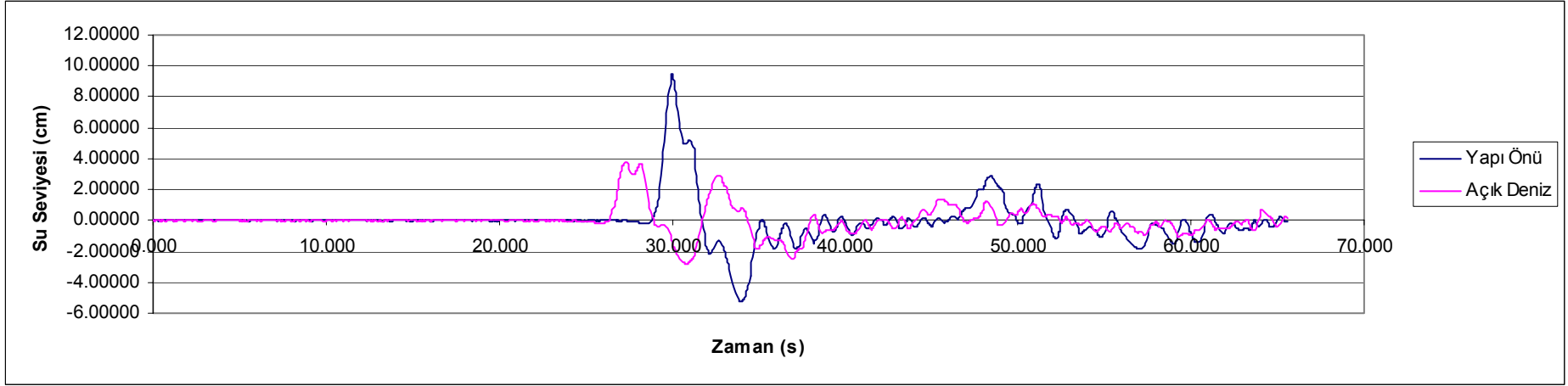
Şekil B.6: Keson II palyeli konfigurasyon – 10 Bar hava basıncı, piston aşağı



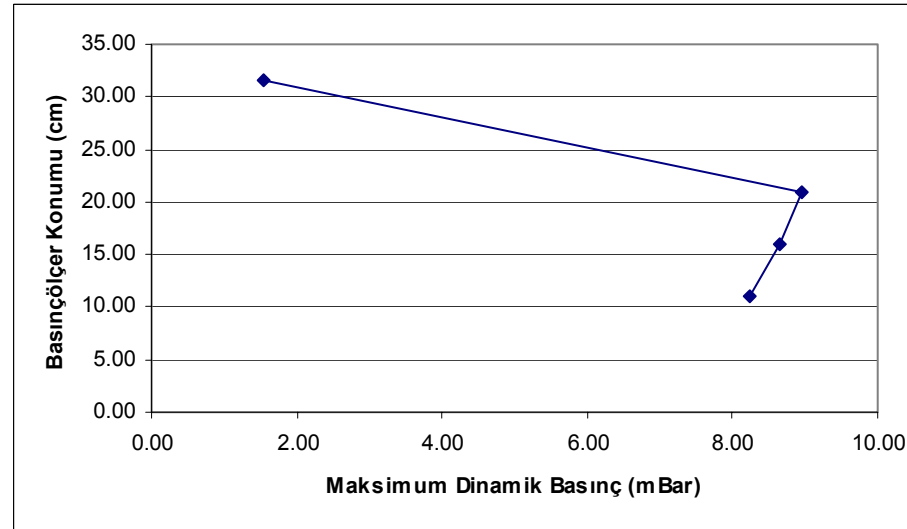
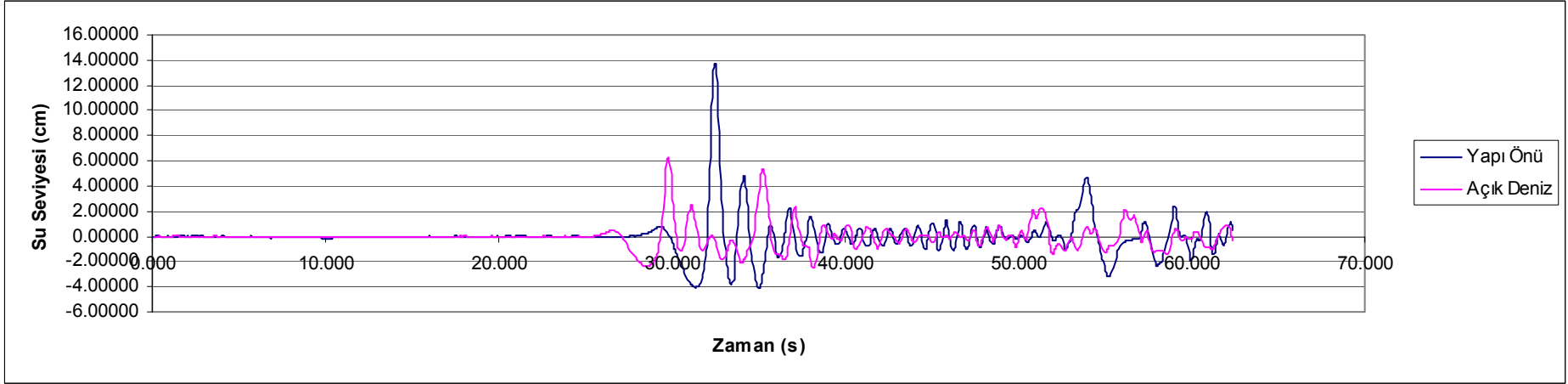
Şekil B.7: Keson II palyesiz konfigürasyon – 6 Bar hava basıncı, piston yukarı



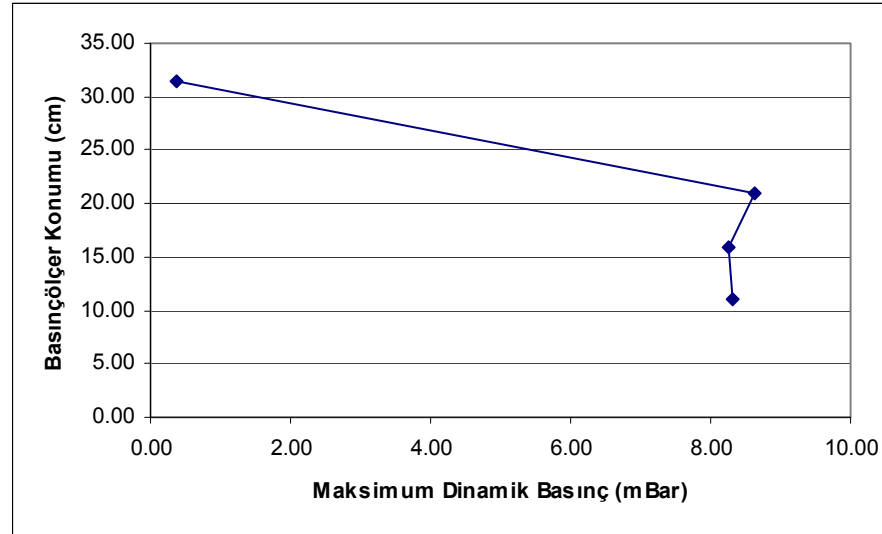
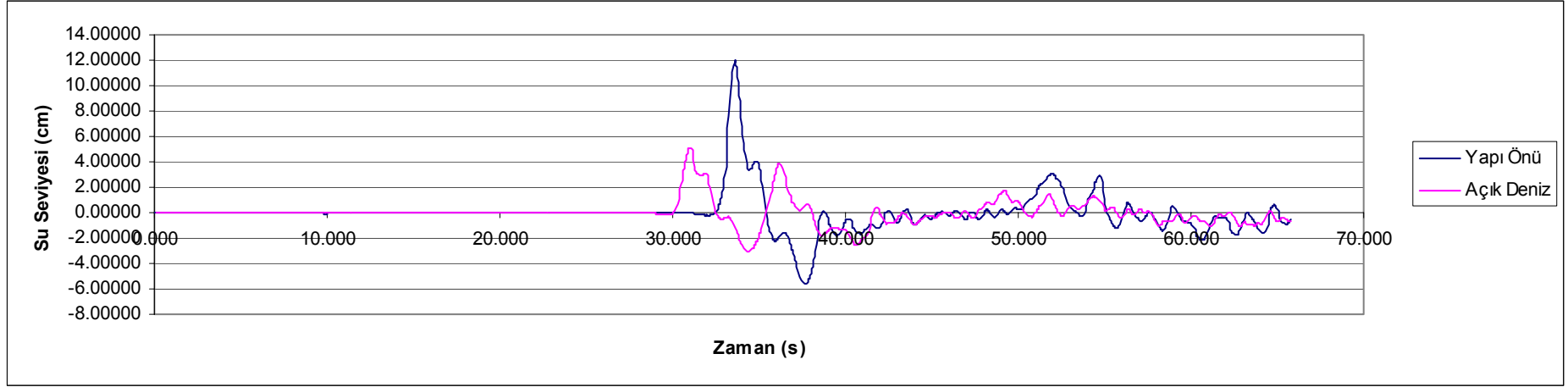
Şekil B.8: Keson II palyesiz konfigürasyon – 6 Bar hava basıncı, piston aşağı



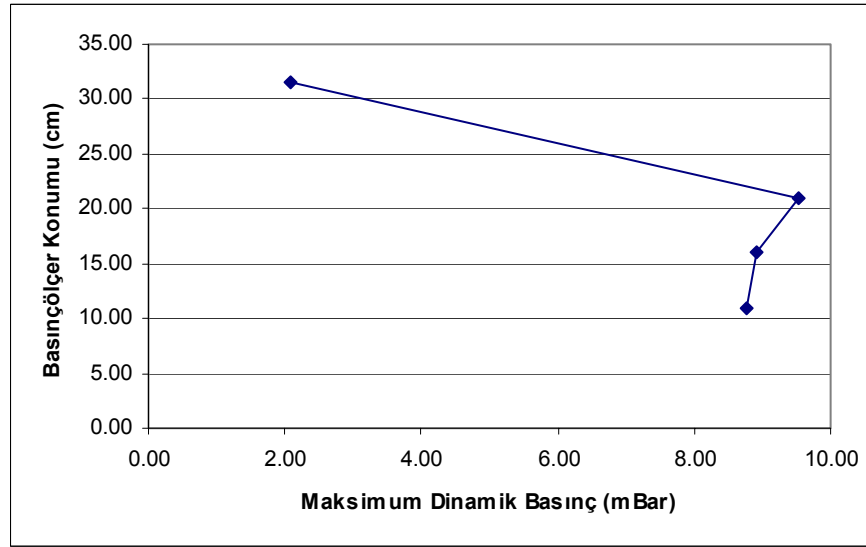
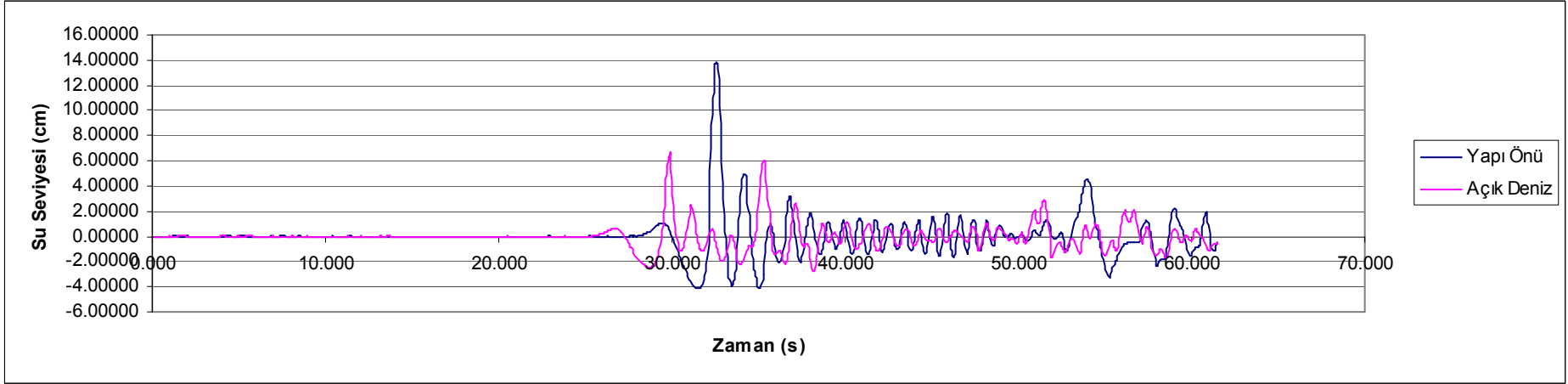
Şekil B.9: Keson II palyesiz konfigürasyon – 8 Bar hava basıncı, piston yukarı



Şekil B.10: Keson II palyesiz konfigürasyon – 8 Bar hava basıncı, piston aşağı

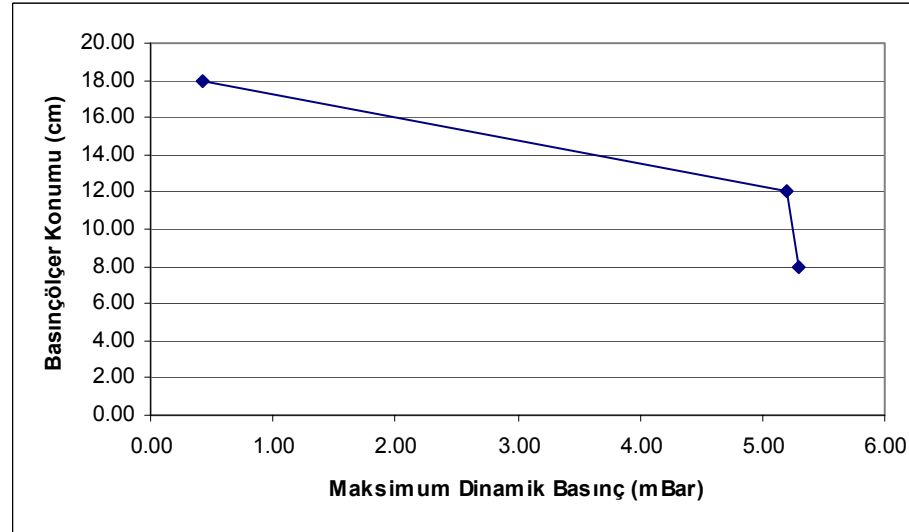
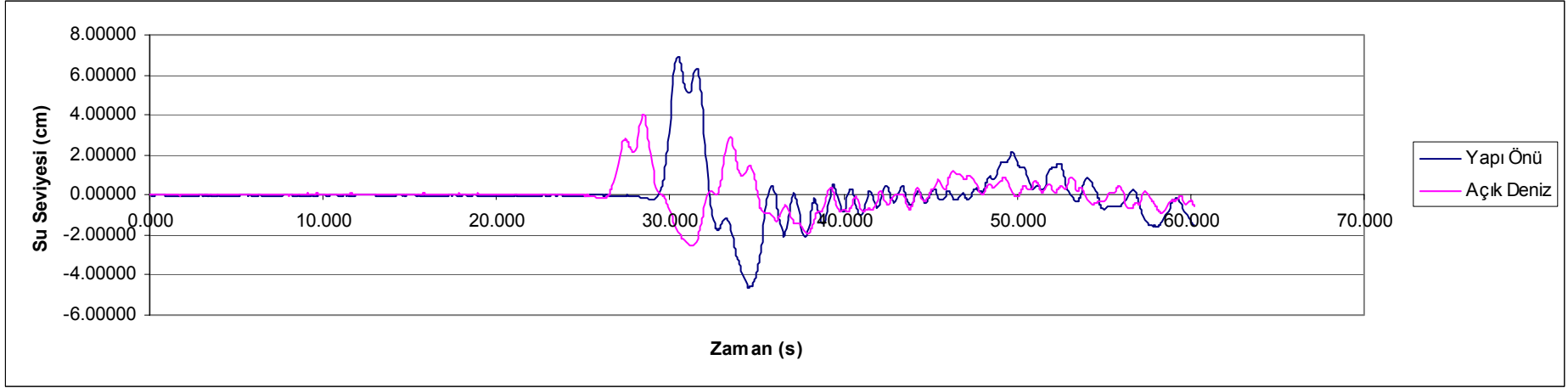


Şekil B.11: Keson II palyesiz konfigürasyon – 10 Bar hava basıncı, piston yukarı

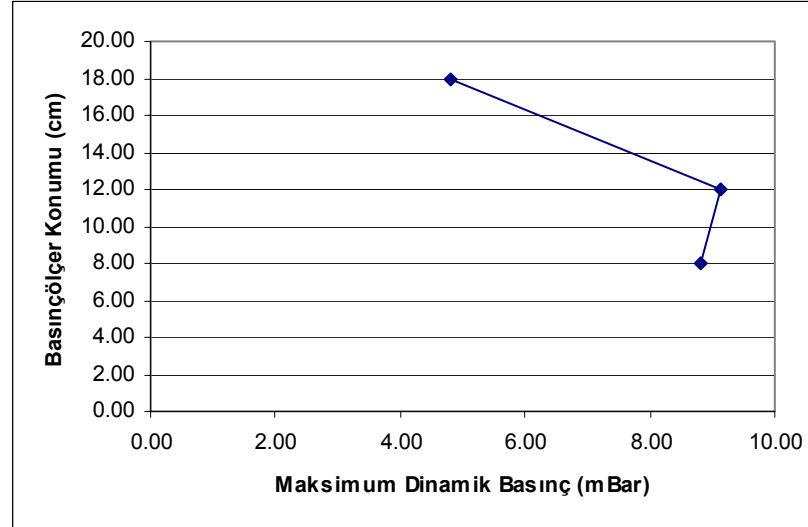
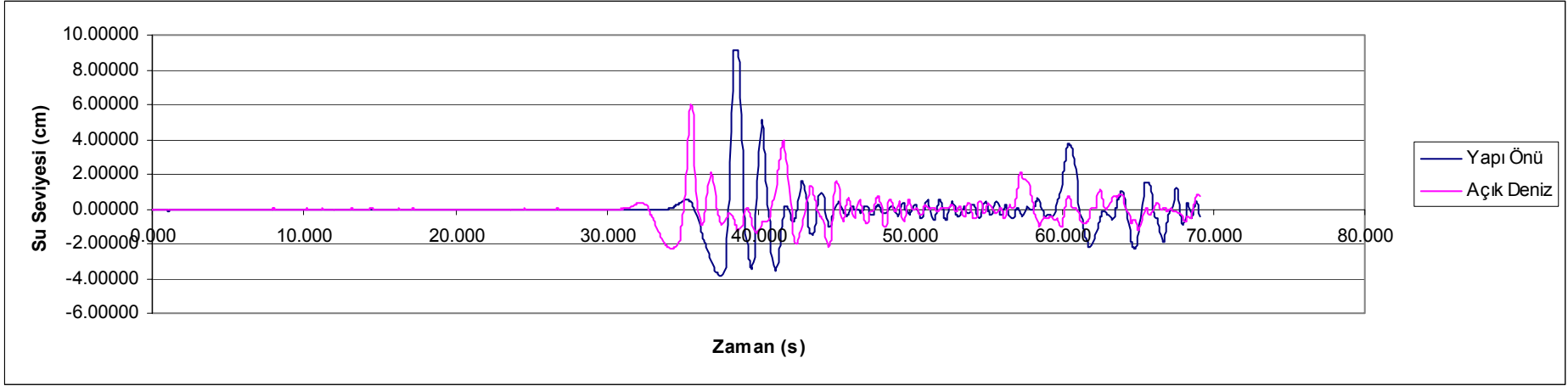


Şekil B.12: Keson II palyesiz konfigürasyon – 10 Bar hava basıncı, piston aşağı

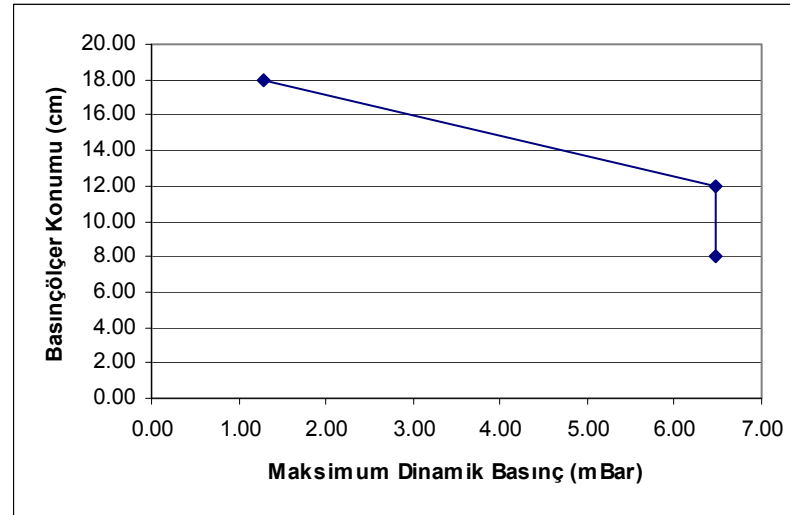
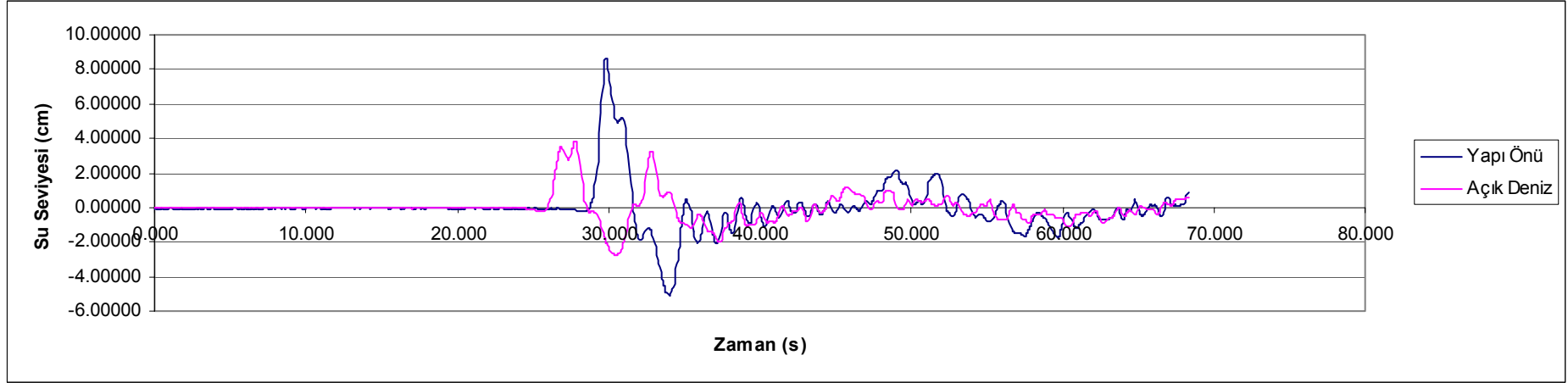
EK - C Keson III Deney Sonuları



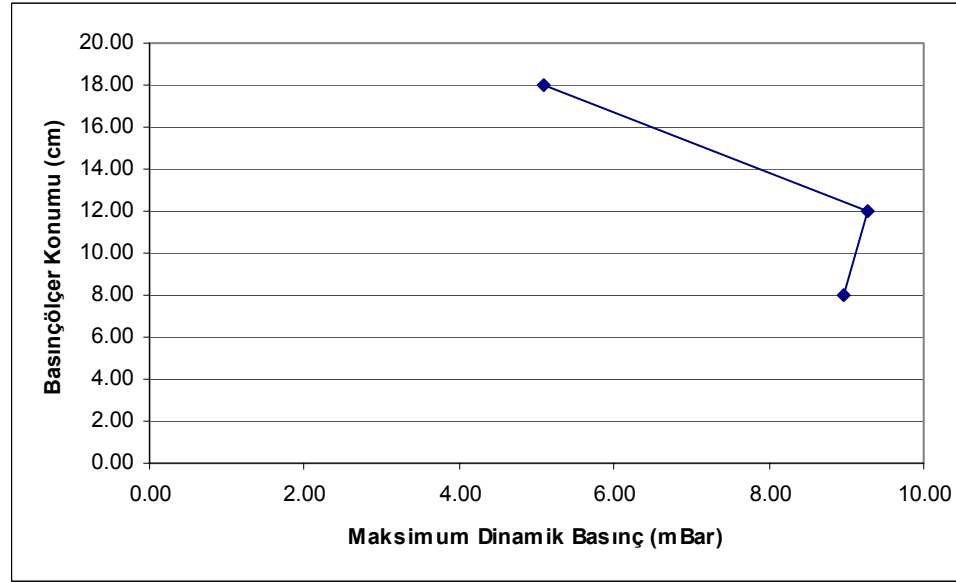
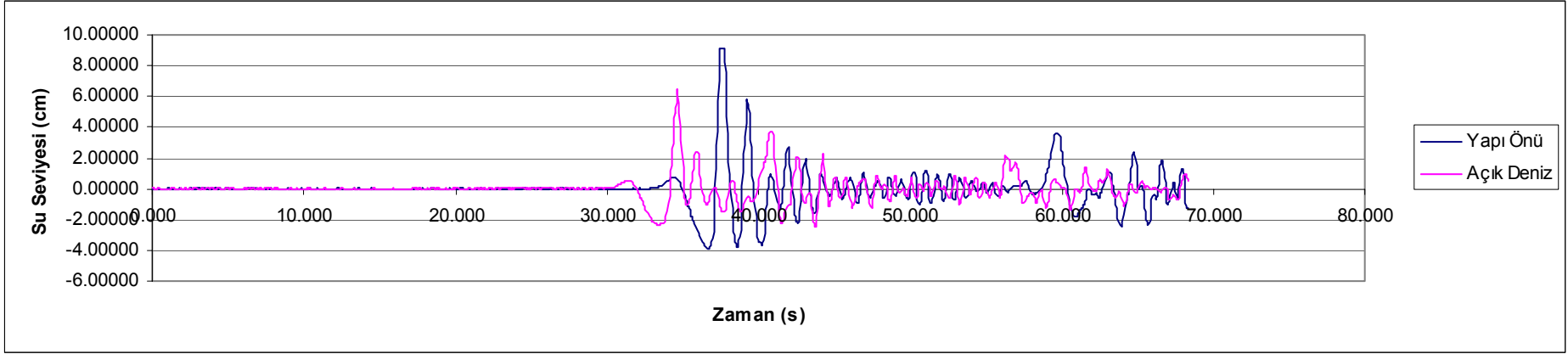
Şekil C.1: Keson III palyesiz konfigürasyon – 6 Bar hava basıncı, piston yukarı



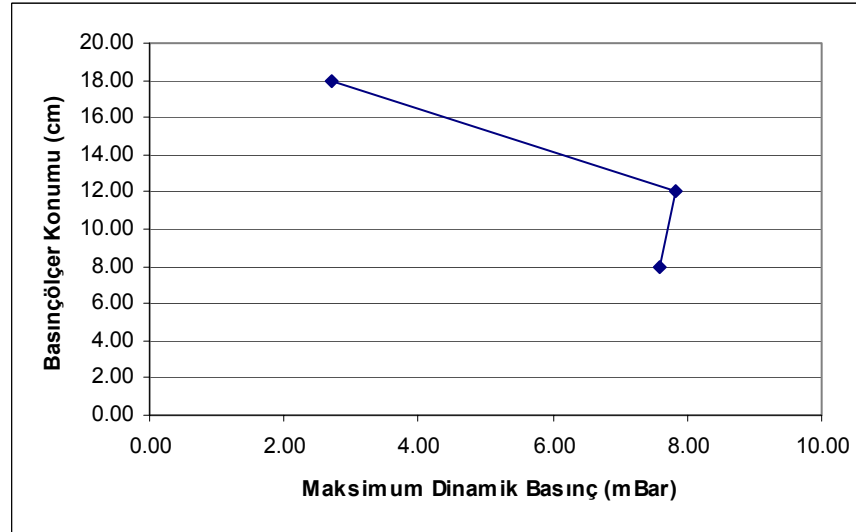
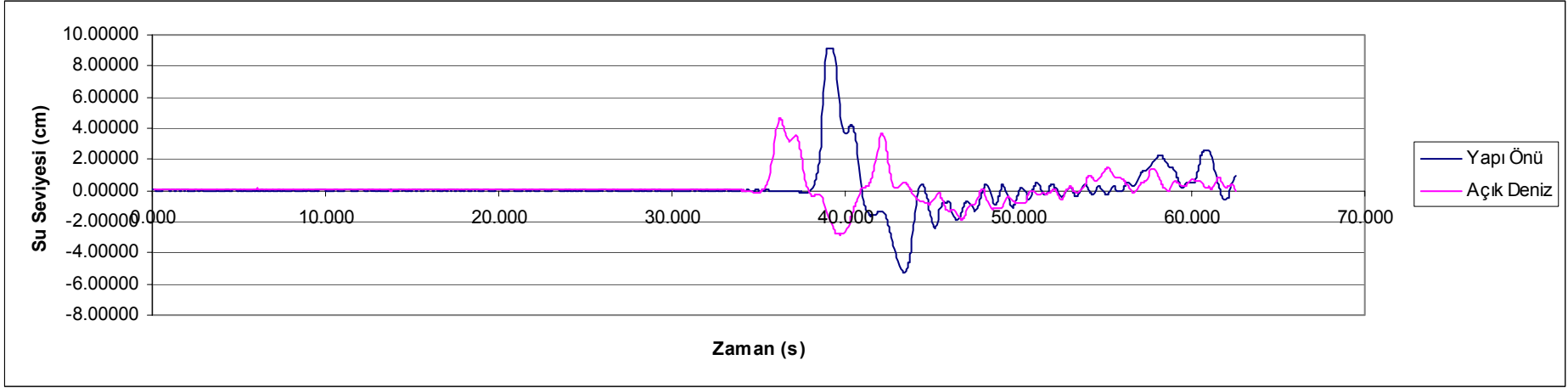
Şekil C.2: Keson III palyesiz konfigurasyon – 6 Bar hava basıncı, piston aşağı



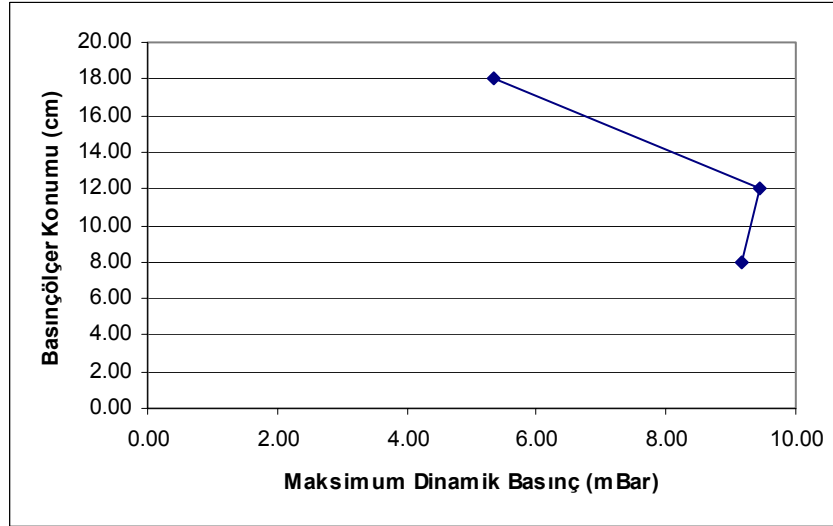
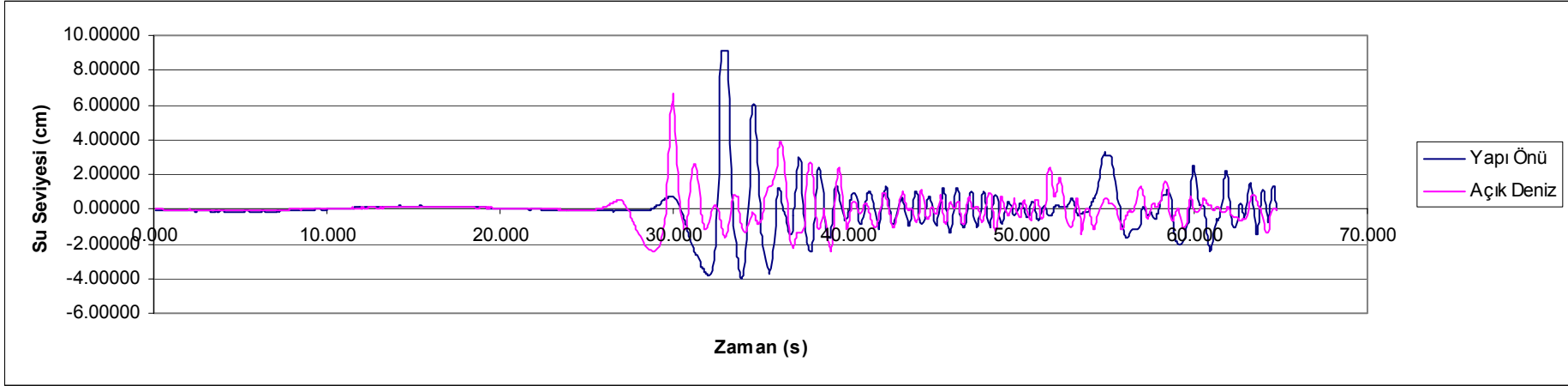
Şekil C.3: Keson III palyesiz konfigürasyon – 7 Bar hava basıncı, piston yukarı



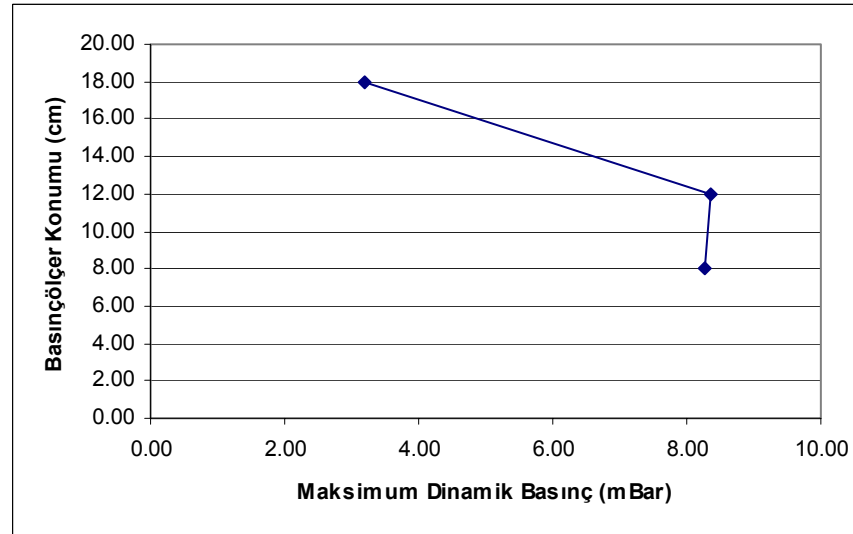
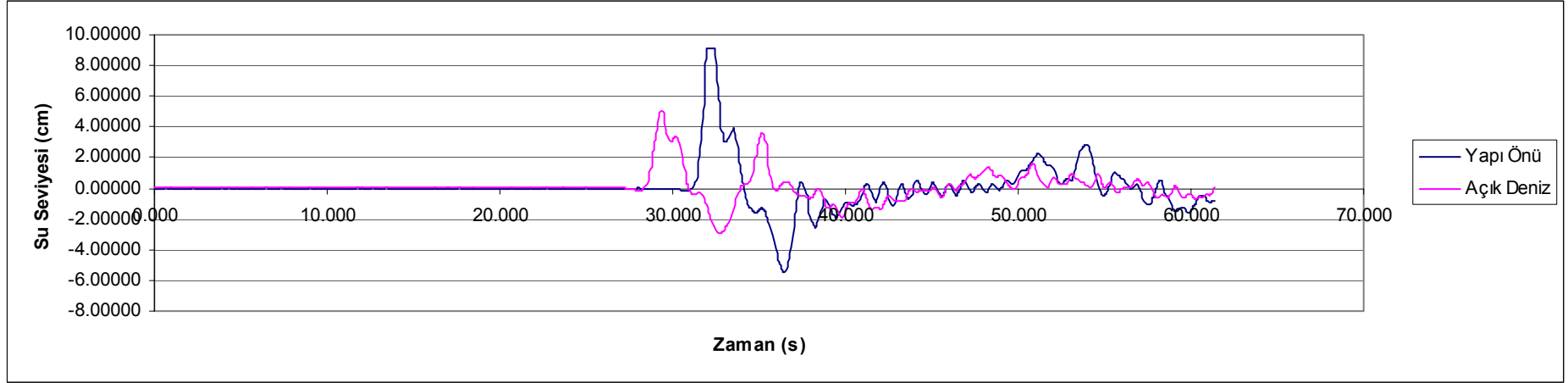
Şekil C.4: Keson III palyesiz konfigürasyon – 7 Bar hava basıncı, piston aşağı



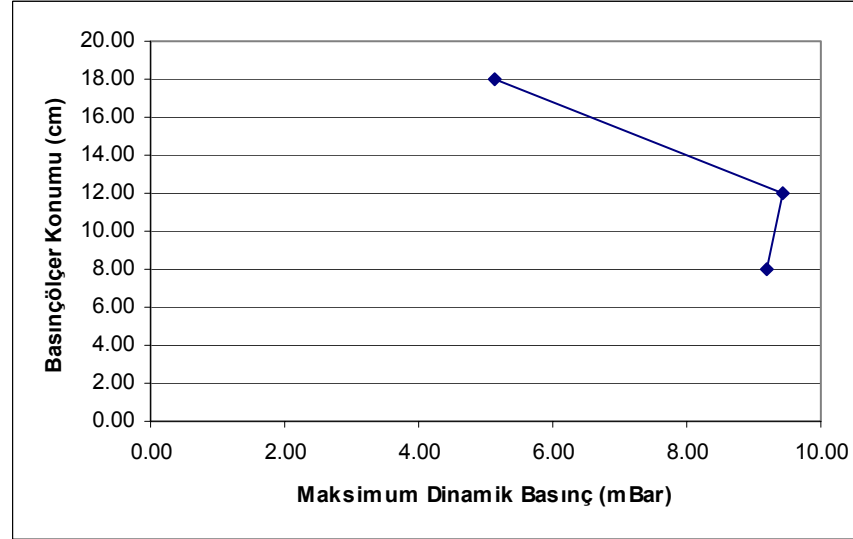
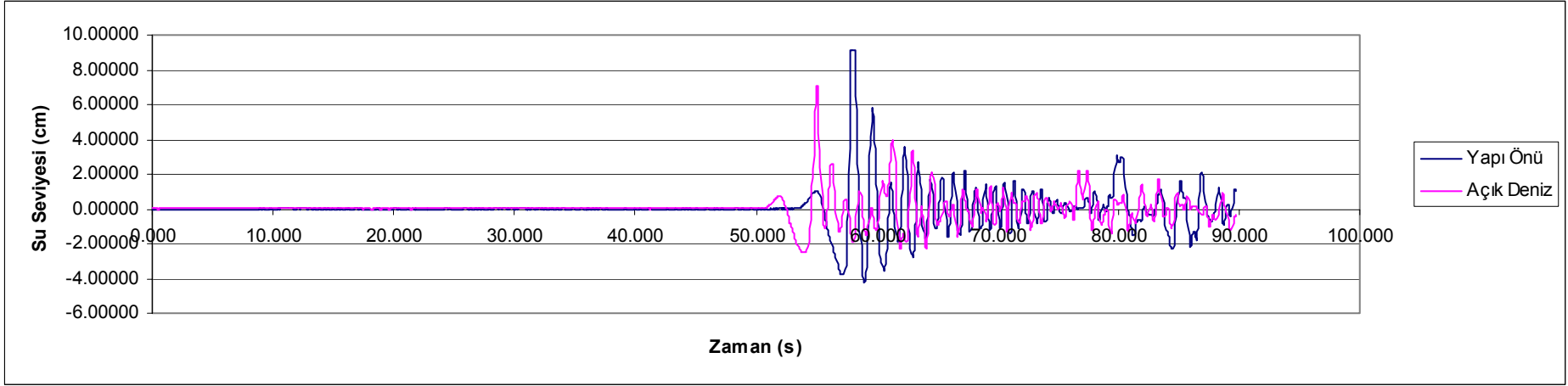
Şekil C.5: Keson III palyesiz konfigürasyon – 8 Bar hava basıncı, piston yukarı



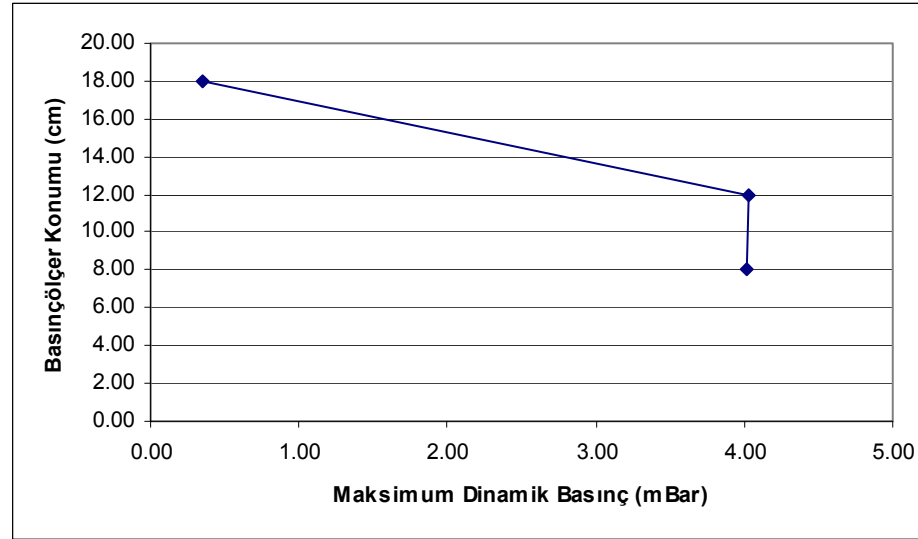
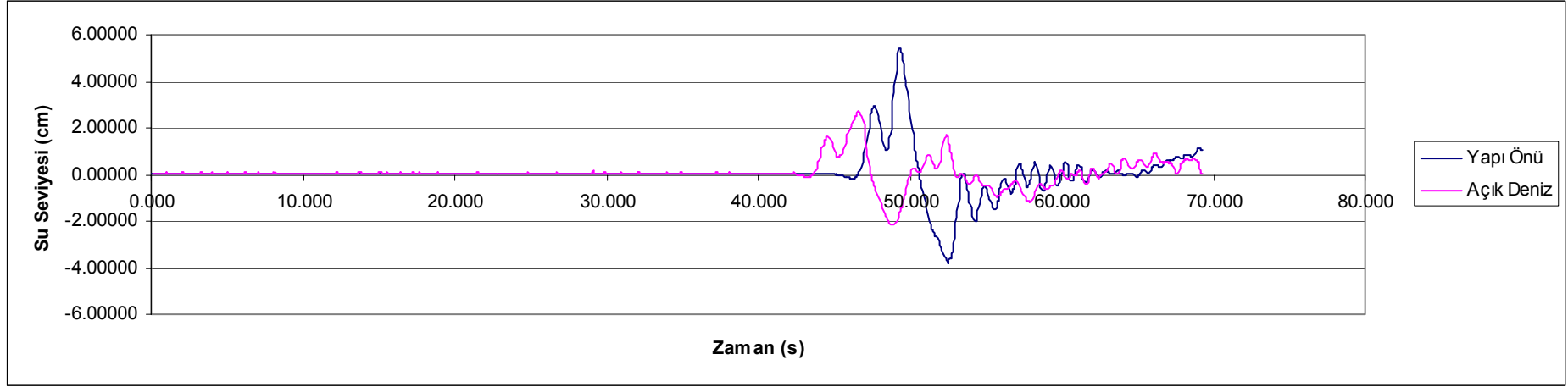
Şekil C.6: Keson III palyesiz konfigürasyon – 8 Bar hava basıncı, piston aşağı



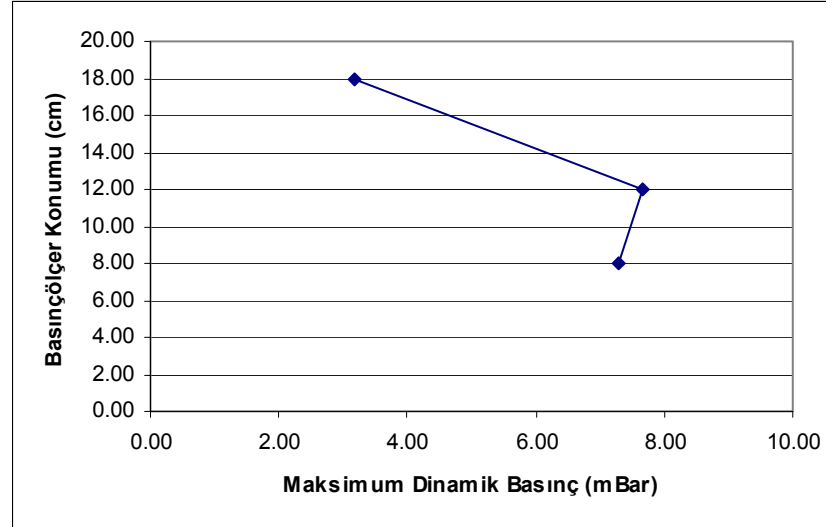
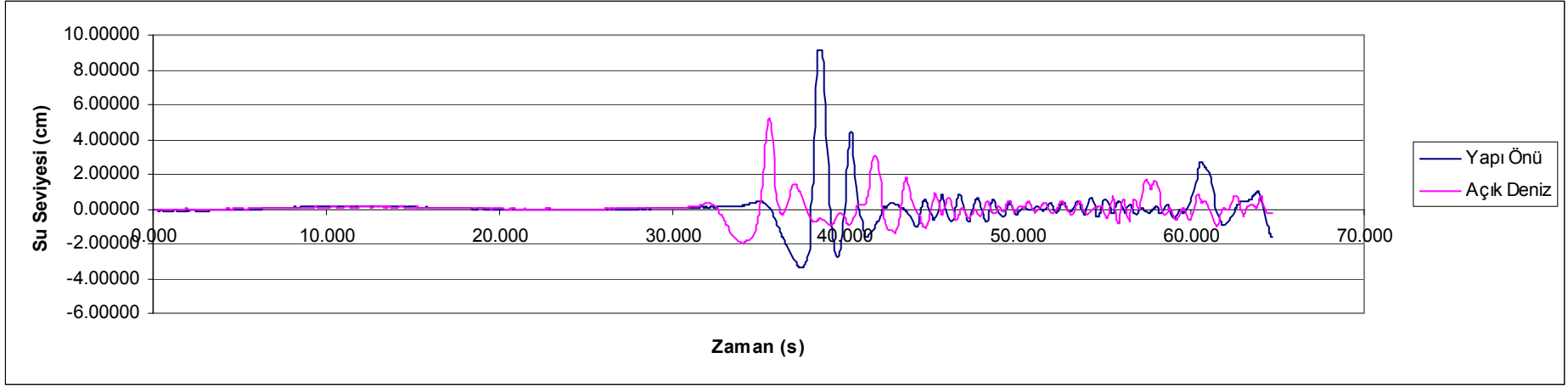
Şekil C.7: Keson III palyesiz konfigürasyon – 10 Bar hava basıncı, piston yukarı



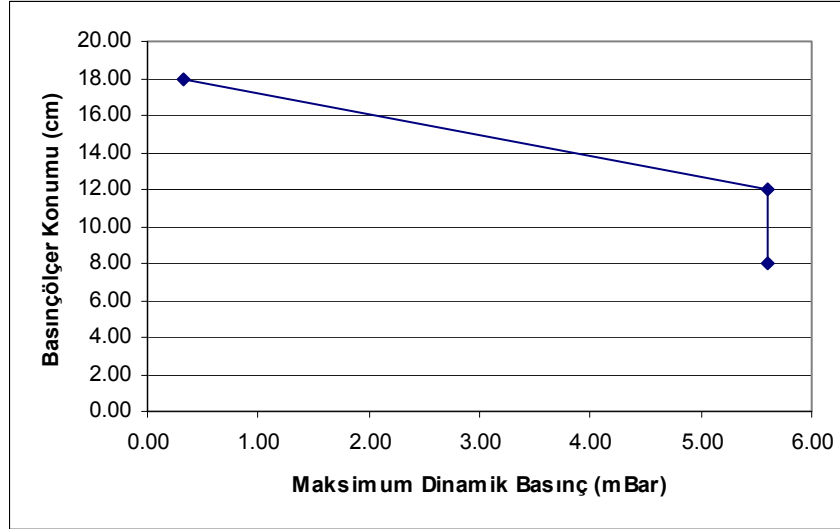
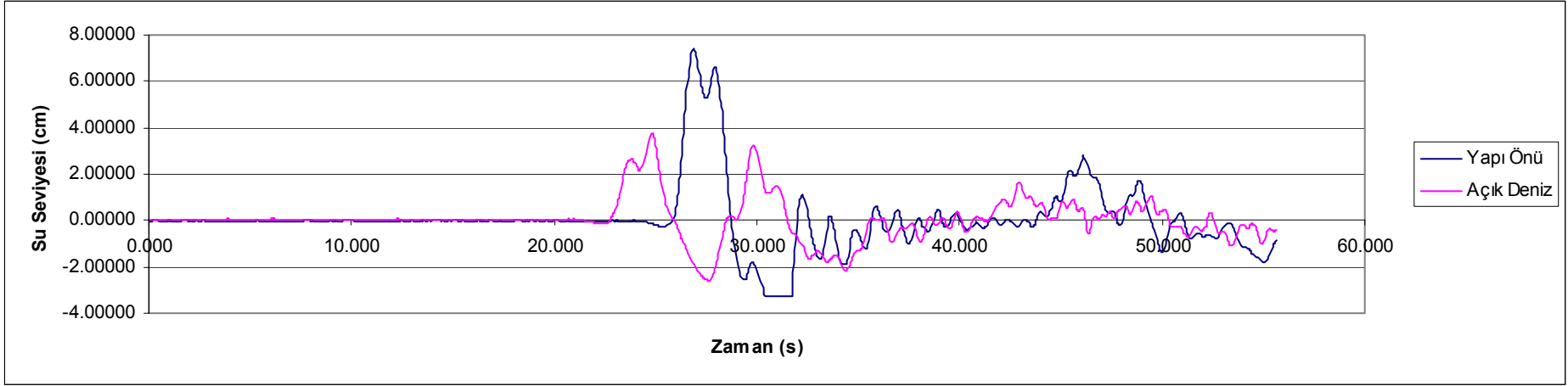
Şekil C.8: Keson III palyesiz konfigürasyon – 10 Bar hava basıncı, piston aşağı



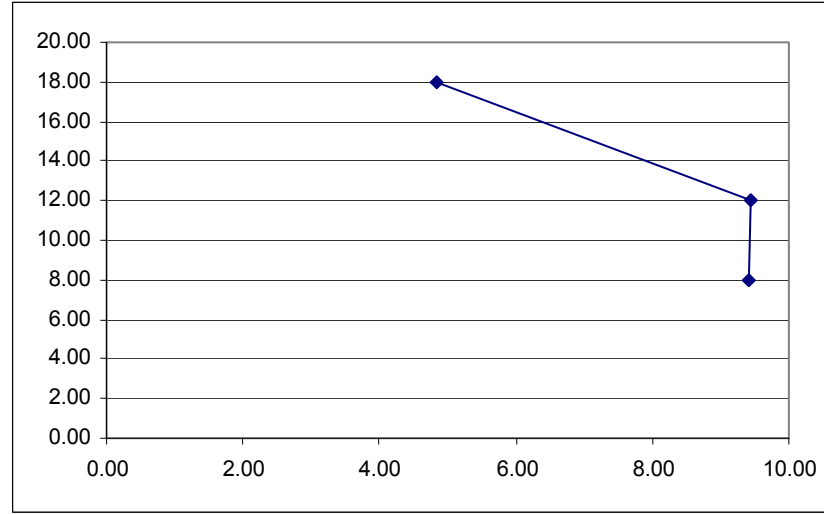
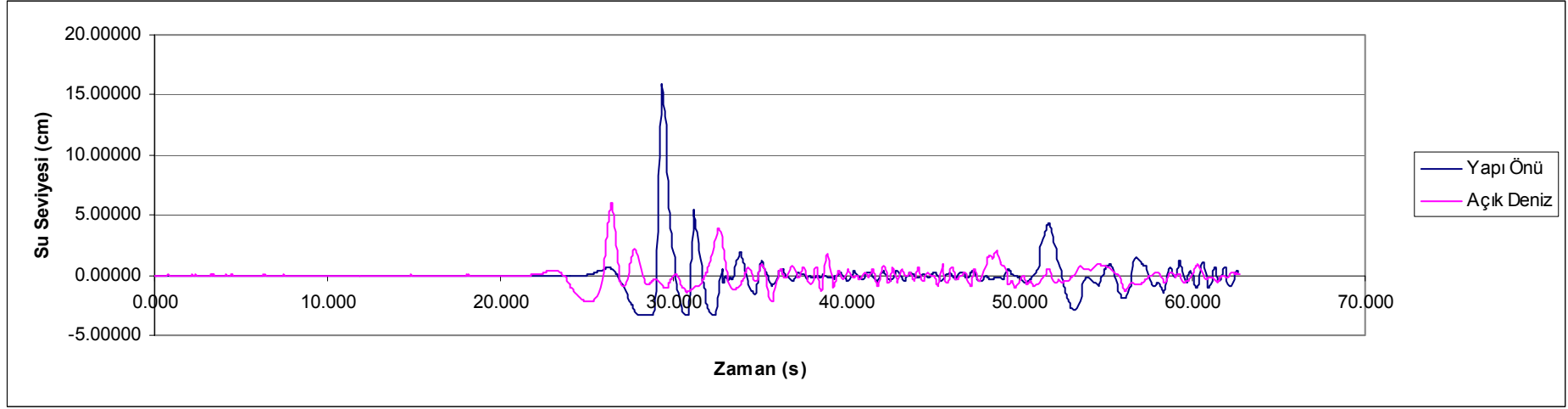
Şekil C.9: Keson III palyesiz konfigürasyon – 4 Bar hava basıncı, piston yukarı



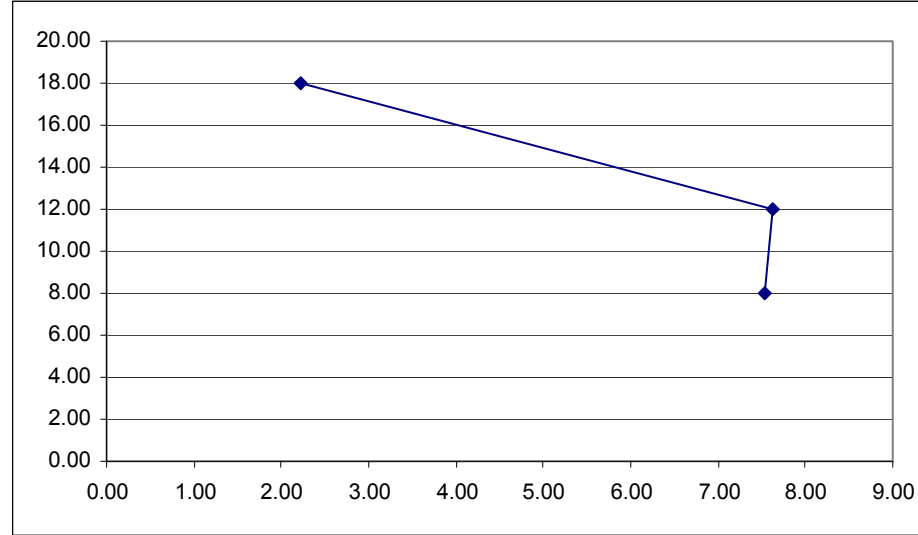
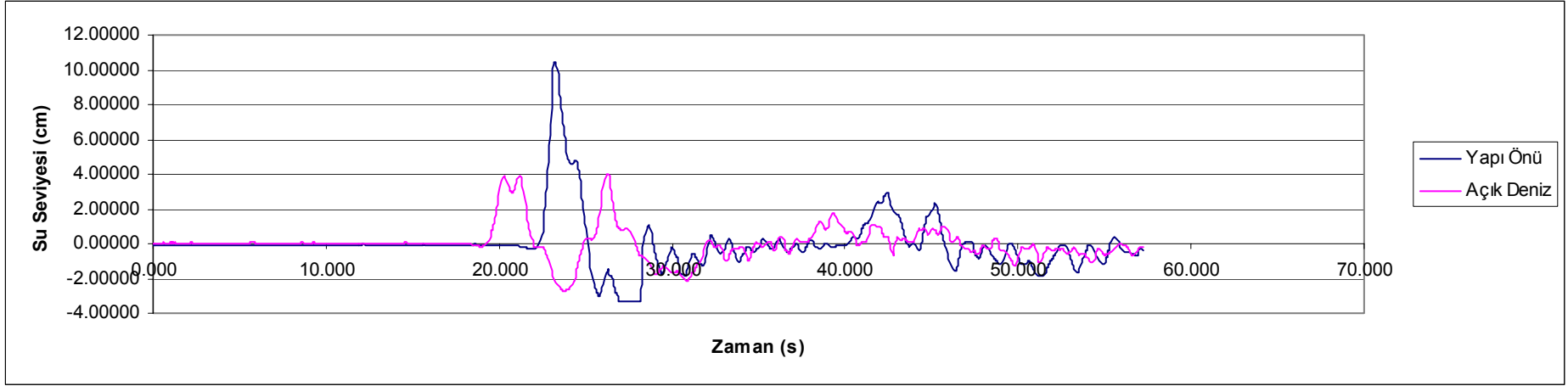
Şekil C.10: Keson III palyesiz konfigürasyon – 4 Bar hava basıncı, piston aşağı



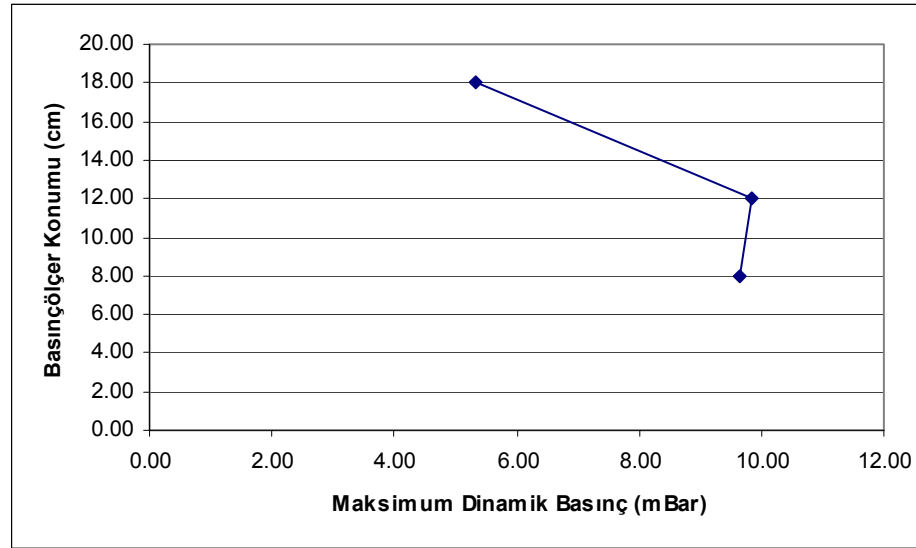
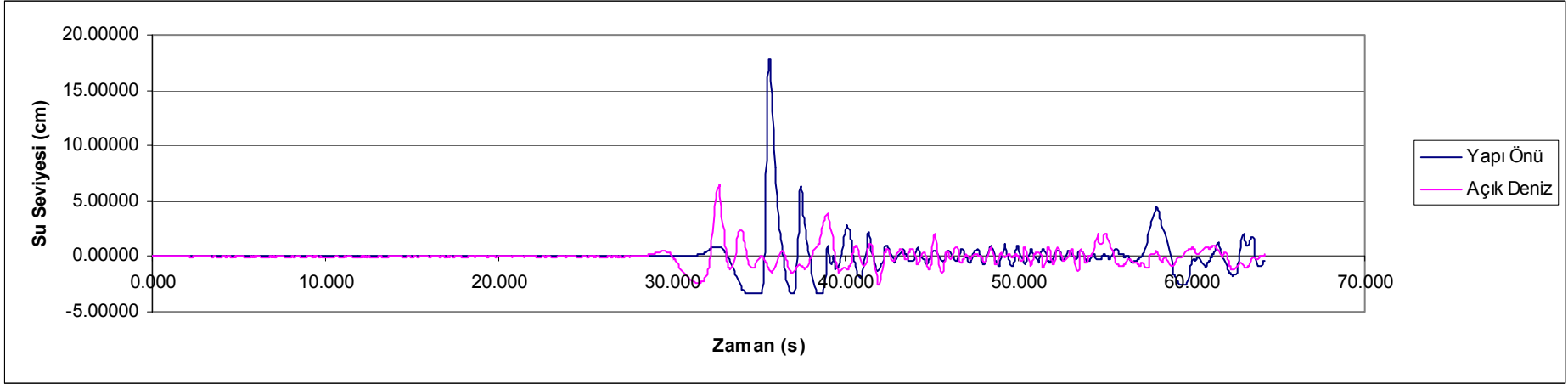
Şekil C.11: Keson III palyeli konfigürasyon – 6 Bar hava basıncı, piston yukarı



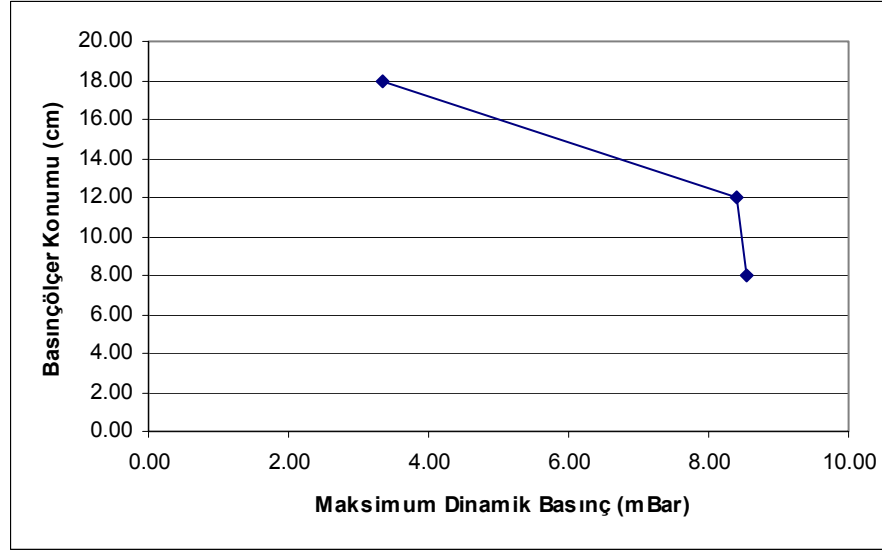
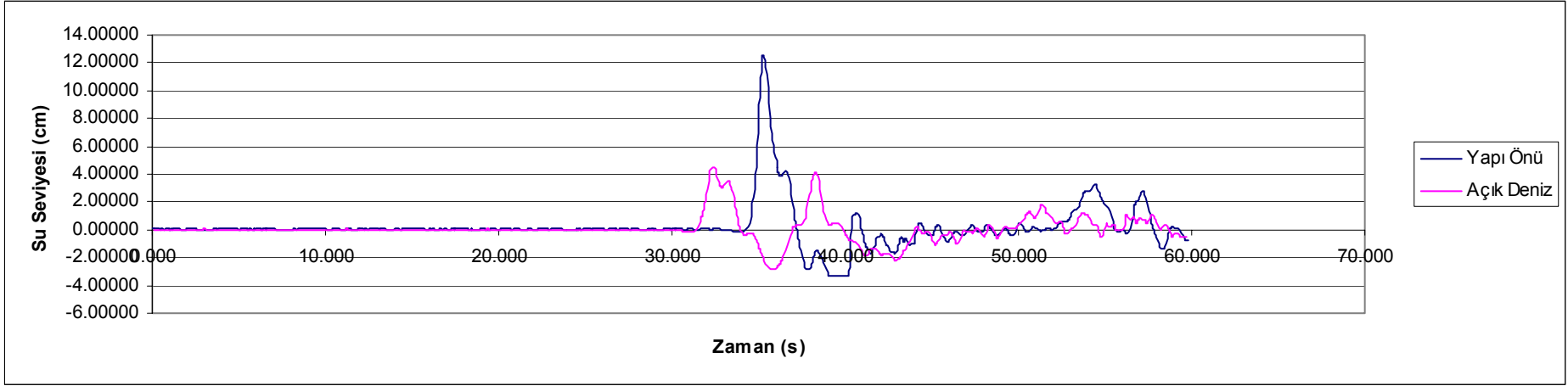
Şekil C.12: Keson III palyeli konfigurasyon – 6 Bar hava basıncı, piston aşağı



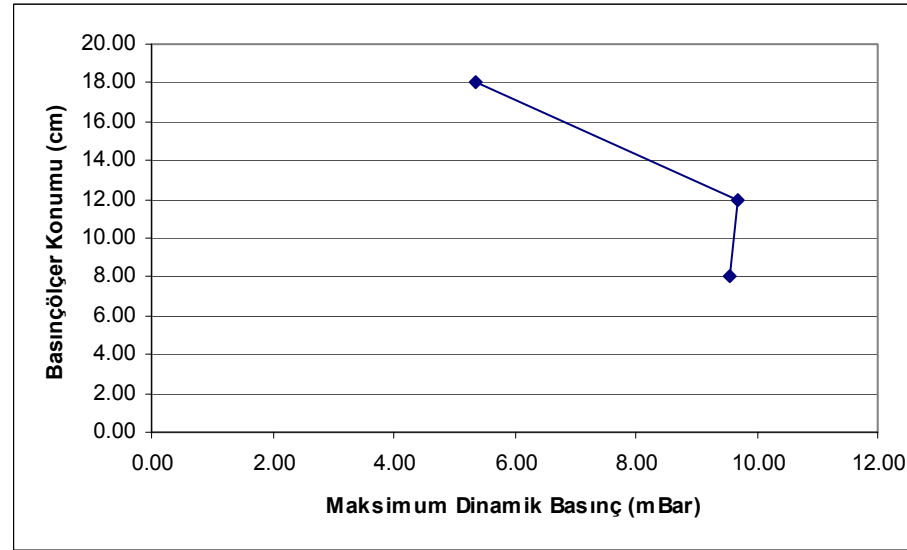
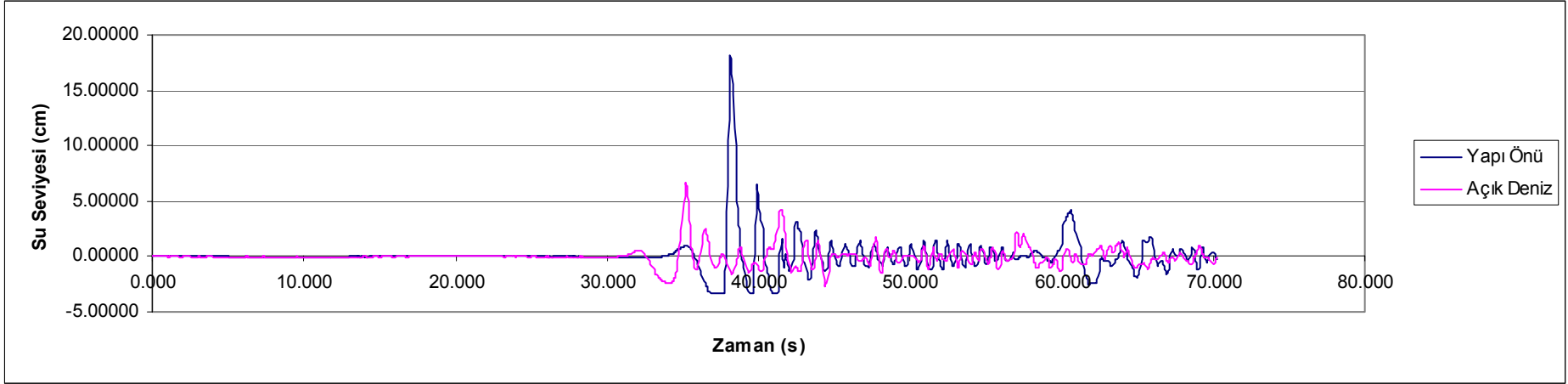
Şekil C.13: Keson III palyeli konfigurasyon – 7 Bar hava basıncı, piston yukarı



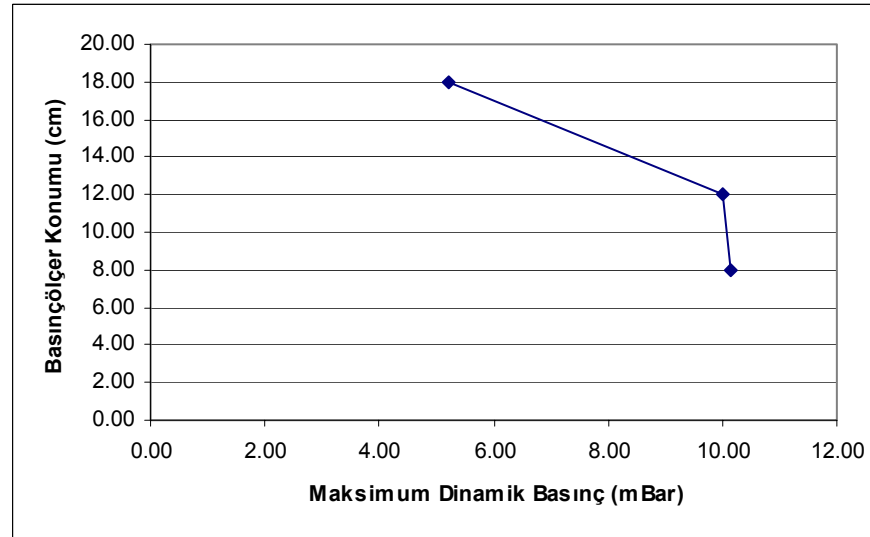
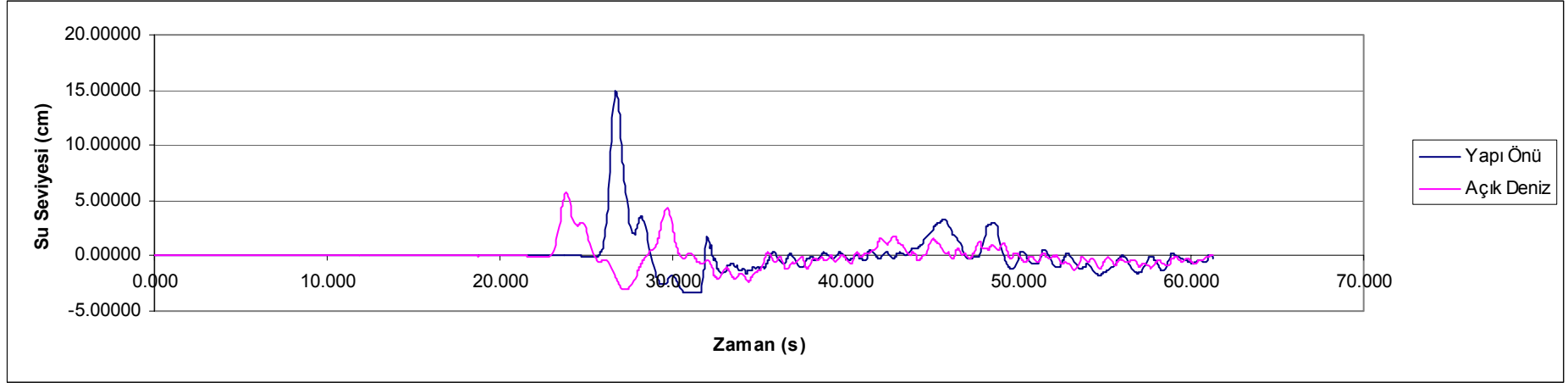
Şekil C.14: Keson III palyeli konfigurasyon – 7 Bar hava basıncı, piston aşağı



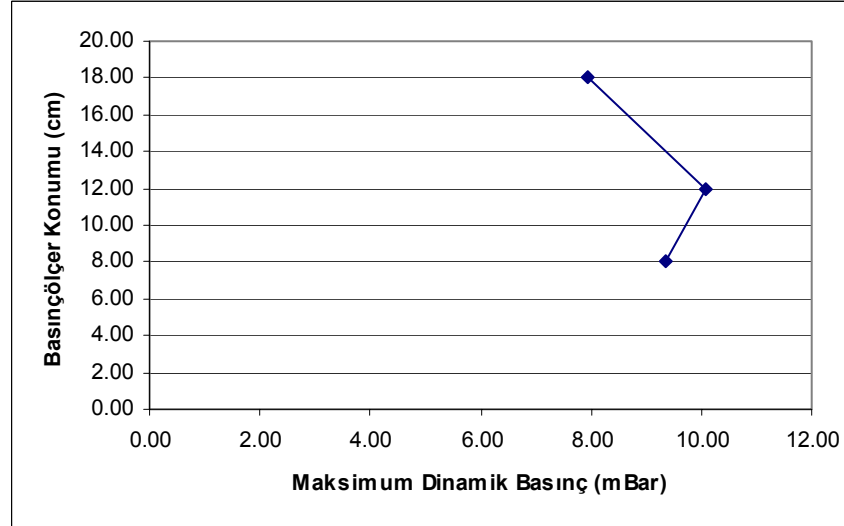
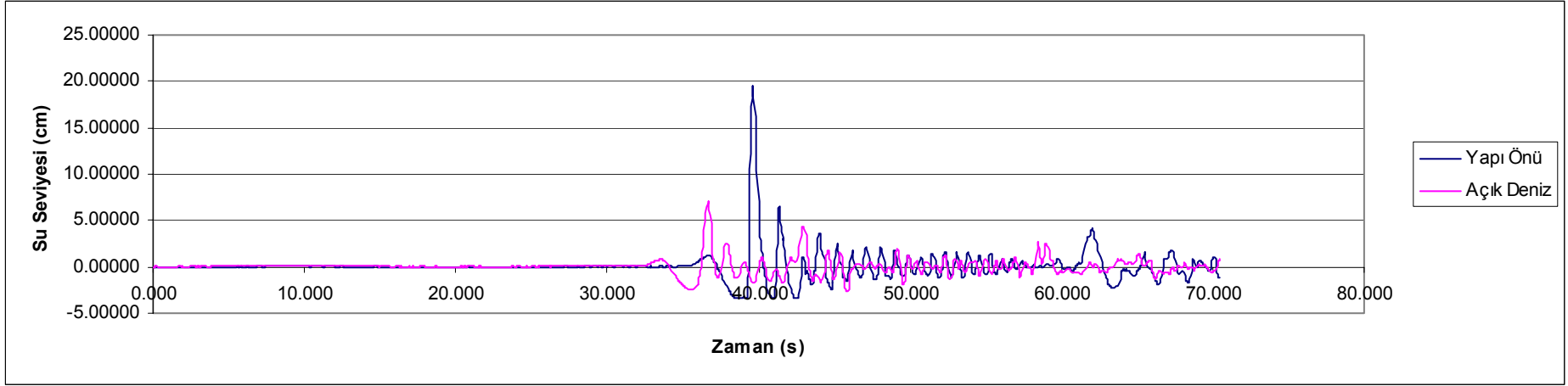
Şekil C.15: Keson III palyeli konfigürasyon – 8 Bar hava basıncı, piston yukarı



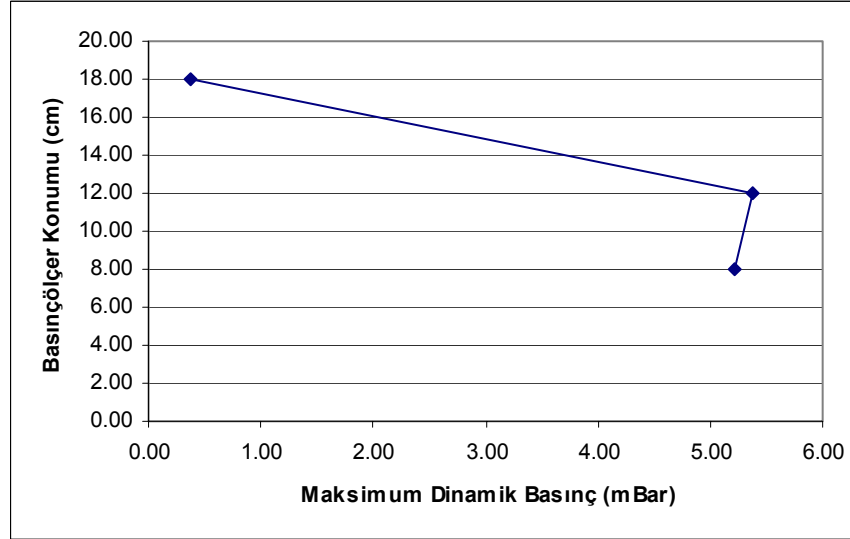
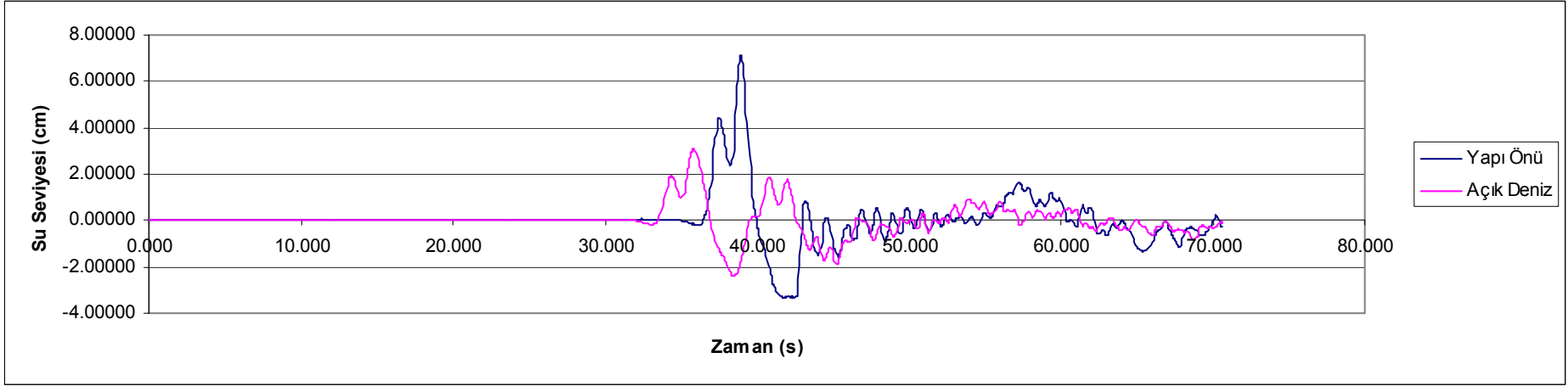
Şekil C.16: Keson III palyeli konfigurasyon – 8 Bar hava basıncı, piston aşağı



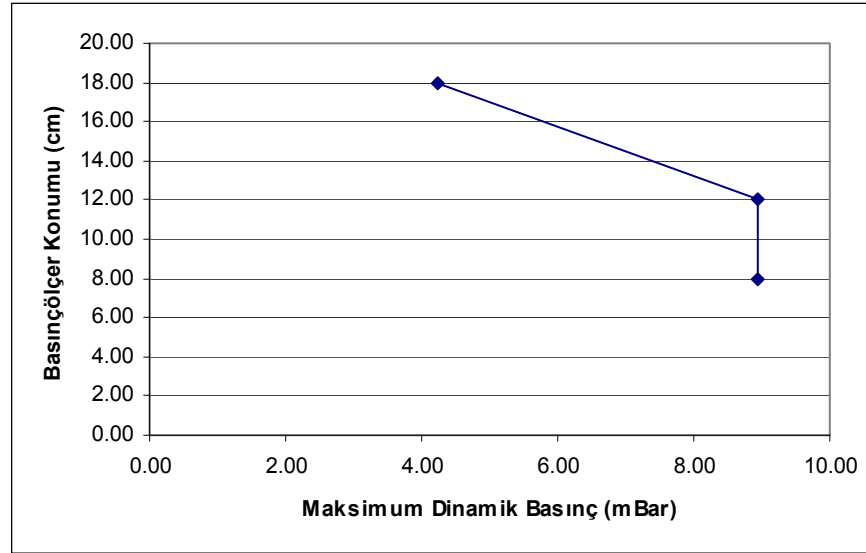
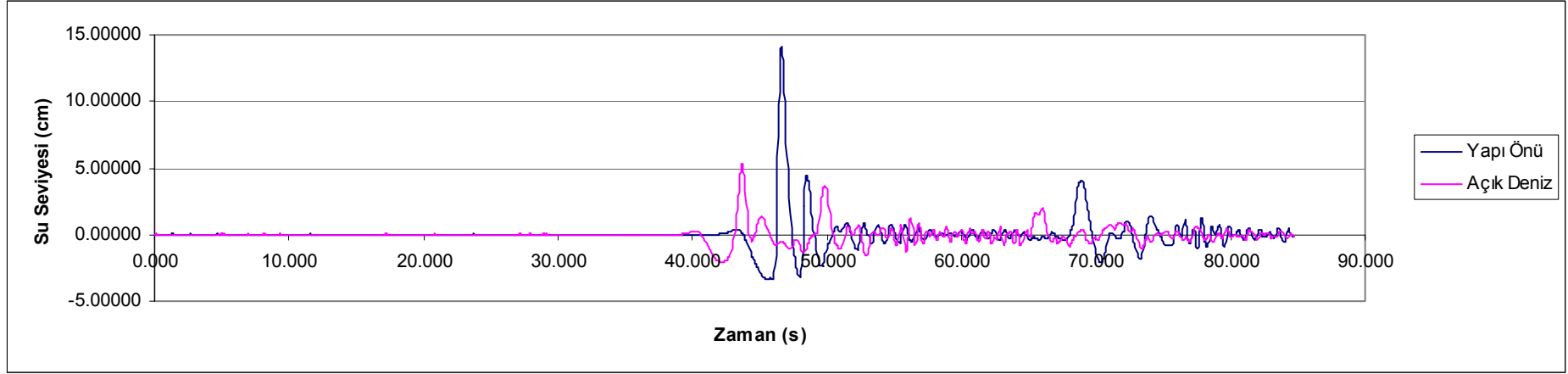
Şekil C.17: Keson III palyeli konfigurasyon – 10 Bar hava basıncı, piston yukarı



Şekil C.18: Keson III palyeli konfigürasyon – 10 Bar hava basıncı, piston aşağı



Şekil C.19: Keson III palyeli konfigürasyon – 4 Bar hava basıncı, piston yukarı



Şekil C.20: Keson III palyeli konfigurasyon – 4 Bar hava basıncı, piston aşağı

ÖZGEÇMİŞ

Atakan Yüce 1981 yılında İstanbul'da doğdu. İlk ve orta öğrenimini Bursa'da tamamlayıp, 1999 yılında Bursa Anadolu Lisesi'nden mezun oldu. 2004 yılında İstanbul Teknik Üniversitesi Gemi İnşaatı Mühendisliği Bölümü'nde lisans eğitimini tamamladıktan sonra aynı yıl İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Kıyı Bilimleri ve Mühendisliği Yüksek Lisans Programı'nda yüksek lisans eğitimine başladı. Ayrıca, Aralık 2005 – Şubat 2007 tarihleri arasında İstanbul Teknik Üniversitesi İnşaat Fakültesi Hidrolik Anabilim Dalı'nda Araştırma Görevlisi olarak çalıştı.