

CELAL BAYAR ÜNİVERSİTESİ * FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

KAZIKLI RIHTIMLARIN STATİK ve DİNAMİK ANALİZİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

İnşaat Mühendisi Onur TAMİŞ

Anabilim Dalı : İnşaat Mühendisliği

Programı : Ulaştırma

MANİSA 2006

CELAL BAYAR ÜNİVERSİTESİ * FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

KAZIKLI RIHTIMLARIN STATİK ve DİNAMİK ANALİZİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

İnşaat Mühendisi Onur TAMİŞ

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 07 Haziran 2006

Tezin Savunulduğu Tarih : 03 Temmuz 2006

Tez Danışmanı : Prof. Dr. Ümit GÖKKUŞ

Diğer Jüri Üyeleri : Prof. Dr. Bekir SOLMAZ (CBÜ)

Doç. Dr. Erdoğan ÖZKAYA (CBÜ)

MANİSA 2006

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa No</u>
ŞEKİLLER LİSTESİ	v
TABLolar LİSTESİ	vii
TEŞEKKÜR	viii
ÖZET	ix
ABSTRACT	x
BÖLÜM 1 – GİRİŞ	1
BÖLÜM 2 – KAZIKLI TEMELLER	2
2.1. Giriş	2
2.2. Zemin İncelemeleri	3
2.2.1. İncelemenin Kapsamı ve Derinliği	3
2.2.2. Yeraltı Suyu İncelemeleri	5
2.2.3. Numune Alınması, Arazi ve Laboratuvar Deneyleri	5
2.3. Kazık Çeşitleri ve İmal Usulleri	6
2.3.1. Kazık Çeşitleri	6
2.3.2. Ahşap Kazıklar	7
2.3.3. Betonarme Kazıklar	8
2.3.3.1. Betonarme Çakma Kazıklar	8
2.3.3.2. Yerinde Dökme Betonarme Kazıklar	11
2.3.4. Çelik Kazıklar	12
2.3.5. Kompozit Kazıklar	12
2.4. Düşey Statik Yükler İçin Kazıklı Temellerin Tasarımı ve Analizi	13
2.4.1. Kohezyonsuz Zeminler İçin Hesap İlkeleri	13
2.4.1.1. Kohezyonsuz Zeminlerdeki Tekil Kazığın Taşıma Kapasitesi	13
2.4.1.2. Kohezyonsuz Zeminlerdeki Kazık Gruplarının Taşıma Kapasitesi	16
2.4.1.3. Kohezyonsuz Zeminlerdeki Tekil Kazıkların Oturması	17
2.4.1.4. Kohezyonsuz Zeminlerdeki Kazık Gruplarının Oturması	19
2.5. Yatay Yük Etkisindeki Kazıkların Tasarım ve Analizi	22
2.5.1. Kohezyonsuz Zeminlerdeki Tekil Kazıkların Nihai Yatay Yük Gerilmeleri	22

	<u>Sayfa No</u>
2.5.2. Kohezyonsuz Zeminlerdeki Kazık Gruplarının Nihai Yatay Yük Gerilmeleri	28
2.5.3. Kohezyonsuz Zeminlerdeki Tekil Kazıkların Yatay Eğilmesi	29
2.5.4. Kohezyonsuz Zeminlerde $p-y$ (Etki – Ötelenme) Eğrilerinin Uygulanması	33
BÖLÜM 3 – DİNAMİK HESAP ESASLARI	39
3.1. Giriş	39
3.1.1. Genel	39
3.1.2. Zamana Bağlı (Dinamik) Kuvvetlerin Sınıflandırılması	40
3.1.3. Titreşim Sistemleri ve Elemanları	42
3.1.4. Sistemlerin Serbestlik Derecesi	45
3.2. Tek Serbestlik Dereceli Sistemler (TSD)	45
3.2.1. Genel	45
3.2.2. Sönümsüz, TSD Sistemin Serbest Titreşim Hareketi	46
3.2.3. Sönümsüz, TSD Sistemin Harmonik Yük Altındaki Davranışı	48
3.2.4. Sönümlü, TSD Sistemin Harmonik Yük Altındaki Davranışı	51
BÖLÜM 4 – DENİZ YAPILARINA ETKİ EDEN HİDRODİNAMİK KUVVETLER	54
4.1. Dalga Kuvvetleri	54
4.1.1. Sürüklenme Kuvveti	57
4.1.2. Atalet Kuvveti	58
BÖLÜM 5 – SAYISAL UYGULAMA	64
5.1. Tekbir Kazığın Güvenle Taşıyabileceği Yükün Bulunması	65
5.2. Tekil Kazığın Oturmasının Hesaplanması	67
5.3. Kazık Grubunun Oturmasının Hesaplanması	68
5.4. Herbir Kazığa Etkiyen Dalga Kuvvetlerinin Hesaplanması	69
5.5. Hidrodinamik F_t Kuvveti Etkisindeki Tekil Kazığın Dinamik Analizi <i>Tekil Kazığın, Kararlılık Seviyesinde Ankastre Olması Yaklaşımı ile Çözüm</i>	84
5.6. Hidrodinamik F_t Kuvveti Etkisindeki Tekil Kazığın Dinamik Analizi <i>Zemin ile Kazık Arasındaki Etkileşim Durumu İçin, $p-y$ Eğrileriyle Çözüm</i>	94
5.7. Kazık-Kiriş (Çerçeve) Sisteminin Statik Analizi	119
BÖLÜM 6 – SONUÇ	132
KAYNAKLAR	136

ŞEKİL LİSTESİ

		<u>Sayfa No</u>
Şekil 2.1.	Kazıklı radye altında derinlik ve gerilme dağılışı (basınç soğanı)	4
Şekil 2.2.	Kazık grupları altında derinlik ve gerilme dağılışı (basınç soğanı)	4
Şekil 2.3.	Kullanım amaçlarına göre kazık tipleri	7
Şekil 2.4.	Betonarme çakma kazıkların kaldırılma şekline göre maruz kaldıkları momentler	9
Şekil 2.5.	Betonarme çakma kazığının ucunun korunması için kullanılan demir çarık	9
Şekil 2.6.	Betonarme çakma kazık	10
Şekil 2.7.	Betonarme çakma kazığa ek yapılması için kullanılan düzen	11
Şekil 2.8.	Kazıklı temeller için yük taşımanın temel konsepti	14
Şekil 2.9.	Tekil kazık ve kazık grubu için etki bölgesi	20
Şekil 2.10.	Yatay yük etkisindeki kazıklar	23
Şekil 2.11.	Yatay yük etkisindeki kısa kazıklar için dönme ve ötelenme hareketleri ve bu harekete karşı gelen nihai zemin gerilmeleri	25
Şekil 2.12.	Kohezyonsuz zeminlerdeki uzun ve kısa kazıkların nihai yatay yük kapasitesi	26
Şekil 2.13.	Yatay yük etkisindeki uzun kazıklar için dönme ve ötelenme hareketleri ve bu harekete karşı gelen nihai zemin gerilmeleri	27
Şekil 2.14.	M_g momenti ve Q_g yükü etkisindeki tamamen zemin gömülü L uzunluğundaki kazık	29
Şekil 2.15.	Yatay yük etkisindeki sabit başlı kazıklar için eğilme, moment ve zemin reaksiyon katsayıları	33
Şekil 2.16.	p–y eğrilerinin ayarlanması ve kazığının eğilmesinin gösterimi	34
Şekil 2.17.	x_r değerinin belirlenmesi ve p–y eğrisinin çizilmesi	35
Şekil 3.1.	Periyodik kuvvetler	40
Şekil 3.2.	Periyodik olmayan kuvvetler	40
Şekil 3.3.	Kuvvetlerin fonksiyonlarına ve tiplerine göre sınıflandırılması	41
Şekil 3.4.	Toplu kütleli tek serbestlik dereceli sistem	46
Şekil 3.5.	Sönümsüz serbest titreşim hareketi	48
Şekil 3.6.	Dinamik büyütme çarpanının değişimi	50
Şekil 3.7.	Geçici ve kararlı titreşim hareketi	52
Şekil 3.8.	Maksimum dinamik büyütme çarpanı (R_{max}) değişimi	53

Şekil 4.1.	Düşey silindirik kazığa etkiyen dalga kuvvetleri	55
Şekil 4.2.	Reynold sayısına göre sürüklemeye katsayısı	59
Şekil 4.3.	x/h nin fonksiyonu olarak K_D ve K_I katsayıları	62
Şekil 4.4.	Maksimum sürüklemeye kuvvetinin etkidiği noktanın deniz tabanına olan mesafesi	62
Şekil 4.5.	Maksimum atalet kuvvetinin etkidiği noktanın deniz tabanına olan mesafesi	63
Şekil 5.1.	Sayısal uygulamada kullanılacak kazık grubu	64
Şekil 5.2.	Tekil kazık görünüşü ve kazık için efektif maksimum basınç	66
Şekil 5.3.	Su yüzeyi profili	70
Şekil 5.4.	Kazığa etki eden hidrodinamik kuvvetlerin derinliğe bağlı değişimi	77
Şekil 5.5.	Kazığa etkiyen kuvvetler ve etkime noktaları	83
Şekil 5.6.	P_{cr} ve P_{cd} eğrileri	96
Şekil 5.7.	Zeminin elastik yay olarak kabul edildiği ve dinamik analizi yapılan sistem	99
Şekil 5.8.	Statik Analizi Yapılacak Olan Çerçeve Sistemi	119

TABLO LİSTESİ

	<u>Sayfa No</u>
Tablo 2.1. Arazi deneyleri	5
Tablo 2.2. ϕ değeri ve N_q için değerler	14
Tablo 2.3. Kumdaki çelik kazık tipleri için K_s değerleri	15
Tablo 2.4. Kazıklar arasındaki boşluk ve davranış şekli	17
Tablo 2.5. C_p katsayısının tipik değerleri	19
Tablo 2.6. Çakma ve gömme (fore) kazıkların efektif kazık boyu (L_e)	22
Tablo 2.7. Kohezyonsuz zeminler için grup verimliliği (G_e)	28
Tablo 2.8. Uzun kazıklar için A katsayısı ($Z_{max} \geq 5$); serbest başlı	31
Tablo 2.9. Uzun kazıklar için B katsayısı ($Z_{max} \geq 5$); serbest başlı	31
Tablo 2.10.a. k_h için tahmin edilen değerler	36
Tablo 2.10.b. Suyu doygun kumlar için n_h değerinin önerilen değerleri	36
Tablo 2.11. A_1 ve B_1 katsayıları için değerler	37
Tablo 3.1. Kuvvet – deformasyon durumlarına göre yay sabitleri	44
Tablo 4.1. Deneysel olarak C_m katsayısı değerlerinin belirlenmesi	60
Tablo 4.2. Bazı yapısal formlar için C_m katsayısı	61
Tablo 5.1. Kazık birim boyuna gelen hidrodinamik kuvvetlerin hesaplanması	71
Tablo 5.2. Hidrodinamik kuvvetlerin zamana ve su derinliğine bağlı değişimi	77
Tablo 5.3. Dinamik analizde kullanılacak F_t fonksiyonu	83
Tablo 5.4. Kazıkta meydana gelen kesit tesirleri	94
Tablo 5.5. Derinliğe bağlı olarak P_{cr} ve P_{cd} değerleri	95
Tablo 5.6. Hesaplanan p–y değerleri	97
Tablo 5.7. Zemin için k rijitlik katsayıları	98
Tablo 5.8. Dalga kuvvetine maruz tekil kazığın yatay eğilmesi	118
Tablo 6.1. Deniz Tabanı Seviyesinde Kazıkta Oluşan Kesit Tesirleri	134

TEŞEKKÜR

Çalışmalarım esnasında yoğun bilgi ve tecrübesini, ilgi, teşvik, sabır ve yardımlarını esirgemeyen danışmanım Prof. Dr. Ümit GÖKKUŞ'a en derin şükranlarımı ve saygılarımı sunarım.

ÖZET

Deniz yapılarına etkiyen dinamik yükler, karada yapılan yapılara etkiyen kuvvetlere göre farklıdır. Kara yapılarına gelen deprem ve bazı durumlarda rüzgar kuvveti dinamik etkiye sahipken, deniz yapılarında bu kuvvetlere ilave olarak dalga ve akıntı kuvvetleri de dinamik kuvvetlerdir.

Bu çalışmada kohezyonsuz zeminlerdeki rıhtım kazıklarının, statik ve dinamik yükler altındaki davranışı incelenmiştir. Hesaplamalarda düşey statik yük olarak rıhtım platformundan gelen yükler, yatay dinamik yük olarak da dalga etkisiyle ortaya çıkan yükler alınmıştır.

Statik analizde düşey yük etkisindeki kazık grubunun güvenle taşıyabileceği yük belirlenmiştir. Ayrıca yapı yüklerinden dolayı kazıkların oturmaları hesaplanmıştır.

Dalga kuvveti etkisiyle dinamik analiz iki farklı yaklaşımla yapılmıştır. Birinci yaklaşımda tekil rıhtım kazığı kararlılık seviyesinde kabul edilmiş, zemin etkileri hesaba dahil edilmemiştir. İkinci yaklaşımda ise kazığın zemin içine gömülü kısmı için zemin etkileri de hesaplamaya dahil edilmiş ve kesit tesirleri ile kazık deplasmanı hesaplanmıştır. Bu hesaplamada p - y eğrilerinden faydalanılmıştır. Dinamik analizde SAP 2000 bilgisayar programı kullanılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Dalga kuvvetleri, kazıklı temeller, tek serbestlik dereceli sistemler (TSD), p - y eğrileri, dinamik analiz.

ABSTRACT

The dynamic forces effecting marine structures, are slightly different than forces effecting the structures on land. While earthquakes and wind forces (in some cases), effecting structures on land and on sea, have dynamic influence; marine structures are also effected by wave and wind forces which are also dynamic forces.

This study researches the behavior of the wharf piles in cohesionless grounds, under static and dynamic loads. The load coming from the wharf platform are calculated as the perpendicular static load; and loads evolving from the wave effect are estimated as the horizontal dynamic load.

In the static analysis, the carrying capacity of the pile group affected by the perpendicular load, is determined.

Because of the wave force effect, the dynamic analysis has been done in two approaches. In the first approach, the ground effect has not been included in the estimation, because the singular pier pile has been accepted as ground-standing at the stability level. In the second approach, the ground effects of the submerged pile have been included in the estimations, and the cross-section affect and pile shift has also been calculated. The p-y curves have been used in these estimations. The Software Application Program *SAP2000* has been used in the dynamic analysis.

Key Words: *Wave forces, pile foundations, single degree of freedom systems (SDOF), p–y curves, dynamic analysis.*

BÖLÜM 1

GİRİŞ

1. GİRİŞ

Su yapıları, güvenli ve ekonomik bir yol olan su taşımacılığı için vazgeçilmez bir yapı türüdür. Bu yapıların gerek yapım aşamasında gerekse ekonomik ömürleri boyunca maruz kalacakları kuvvetlerin bilinmesi, tasarım için çok önemlidir. Tasarım aşamasında bu kuvvetleri doğru olarak kestirmek ve boyutlandırmada bu kuvvetleri dikkate almak gerekmektedir.

Önemli su yapılarından olan rıhtımlar, limanlarda derin su kesimi bulunan gemilerin yanaşabilmeleri açısından daha derin yanaşma yerlerine ihtiyaç duyduğu kesimlerde inşa edilirler.

Rıhtım kazıkları ekonomik ömürleri boyunca birçok dış kuvvete maruz kalırlar. Bu kuvvetler statik ve dinamik kuvvetler olarak gruplandırılabilir. Rıhtım yapıları bu kuvvetleri güvenli bir biçimde taşıyabilecek şekilde kazıklı temeller üzerine oturtulurlar. Bu kazıklar, rıhtım platformundan aktarılan “düşey yükleri”, dalga hareketinden dolayı ortaya çıkan “dalga yüklerini” ve gemi yanaşması sırasında ortaya çıkan “gemi yanaşma yüklerini” güvenle zemine aktarabilecek ve taşıyabilecek şekilde tasarlanır.

Rıhtım temellerinin tasarım aşamasında, kazık çapı ve yerleşiminin belirlenmesi eksenel basınç yüküne göre yapılır, bu kazık çapının ve yerleşiminin yatay yükleri ve momentleri taşıyıp taşıyamadığına bakılır (22). Eksenel basınç yükünü güvenle zemine aktarabilen boy ve çaptaki kazık, oturma açısından da güvenli ise yanal yüklerin kazıkta oluşturacağı etkiler kontrol edilir.

Denizlerde oluşan dalga hareketinden doğan kuvvet dinamik bir kuvvettir. Rıhtımı taşıyan kazıklara yanal olarak etkir ve dalga periyoduna bağlı olarak periyodiktir. Tasarım aşamasında dinamik dalga kuvveti etkisiyle kazığın davranışının belirlenmesi gerekmektedir.

Kazığa etkiyen yanal yüklerin etkisiyle kazık yatay olarak deplasman yapar. Bu deplasmanlar sonucunda zeminde gerilmeler meydana gelir. Etki-tepki prensibine göre oluşan bu deplasman gerilme dağılımının belirlenmesinde $p-y$ (etki-ötelenme) eğrileri kullanılır. Bu eğriler oluşturulurken zeminin elastik sınırlar içerisinde kaldığı kabul edilir ve neticede $p-y$ eğrileriyle zemin, elastik yaylara dönüştürülür.

Bu çalışmada, kazık çeşitleriyle ilgili bilgiler verilmiş, düşey ve yatay yükler etkisiyle hesap esasları anlatılmıştır. Dinamik kuvvetlerin özelliklerinden bahsedilmiş ve tek serbestlik dereceli sistemler ele alınmıştır. Ayrıca dinamik dalga kuvvetinin nasıl belirleneceği de anlatılmıştır. Uygulama aşamasında kohezyonsuz zemine çelik çakma kazıklarla oturan bir rıhtım platformu göz önüne alınmıştır. Rıhtım kazıklarının düşey statik yükler ve yatay dinamik dalga kuvveti etkisiyle davranışı incelenmiş ve sonuçlar irdelenmiştir.

BÖLÜM 2

KAZIKLI TEMELLER

2.1. Giriş

Kazıklar, yapı yüklerini zeminin altındaki derin tabakalara taşıtmak veya bu yükleri sürtünme kuvvetiyle taşımak amacıyla kullanılan yapı elemanlarıdır. Alan araştırmaları sonucunda, zemin yüzüne yakın tabakaların stabil olmadığı, gevşek olduğu veya yapı yüklerinden dolayı meydana gelecek olan zemin oturmalarının kabul edilebilir mertebelerde olmadığı durumlarda yüzeysel temeller kullanılamaz, bunların yerine “*derin temeller*” yani “*KAZIKLI TEMELLER*” tercih edilir. Ayrıca kullanılacak olan kazıklı temellerin maliyeti de bu tarz zeminlerde yüzeysel temel yapılabilmesi için zemine uygulanması gereken iyileştirme metotlarının maliyetinden daha azdır.

Yüzeysel ve derin temellerin ana amacı;

- Yapıdan gelen yükleri zemine güvenli bir şekilde aktarmak,
- Kendilerine etkiyen düşey, yatay ve kaldırma kuvvetlerine karşı direnmektir.

Kazıklar yalnızca düşey yükleri karşılamak için tasarlanmazlar. Ankraj kazığı, gemi bağlama kazıkları, dalgakıran kazığı, dolfin kazığı veya köprü ayakları yatay yüklere karşı kullanılan kazıklara örnek olarak gösterilebilir. Kazıklardan zemini sıkıştırmak için veya suyun kaldırma kuvvetine karşı çekme kazığı olarak da yararlanılır.

Yüzeysel temel sistemlerine göre daha pahalı olmalarına karşın kazıklı temellerin değişik nedenlerle kullanıldıkları bazı durumlar aşağıda sıralanmaktadır (30).

01. Üstteki zemin tabakalarının üst yapı yükleri için yeterli taşıma güçlerinin olmayışı veya çok sıkışabilir nitelikte olmaları nedeniyle, yüklerin daha sağlam zemin veya kayaya aktarılma zorunluluğu doğabilir. Sağlam tabakanın çok derinde olması halinde yükün büyük kesimini kazık çevresinden aktarılabilecek şekilde düzenleme yapılabilir.
02. Dayanma yapılan veya yüksek yapı temellerinde zemin, rüzgâr ve deprem yükü gibi yanal etkilerin karşılanması amacı ile düzenlenebilirler (Büyük yatay ve eğimli yük aktaran yapılarda).
03. Suyla ilişkiye geçtiğinde kaba ve ani çökme gösteren zeminlerde üst yapı yüklerinin aktif zon diye tariflenebilecek bir bölgenin dışına aktarmanın gerekeceği durumlarda.
04. Kuleler, deniz platformları ve yeraltı suyu altındaki radyeler, kaldırma kuvvetleri etkisindedirler. Bu kuvvetlerin karşılanmasında kazıklı temeller düzenlenebilir.
05. Köprü kenar ve orta ayakları erozyon nedeniyle temel altının oyulmasına karşı kazıklı olarak düzenlenebilir.
06. Kazıklar bazı durumlarda zemin hareketini kontrol amacıyla kullanılabilir.

07. Gevşek granüller zeminlerin sıkı hale getirilerek iyileştirilmesi amacıyla kullanılabilir.
08. Üniform olmayan küçük alanlara yoğunlaşmış yük aktaran yapılar da kullanılabilir.
09. Zemin yüzü veya zeminde tabakalaşmanın fazla eğimli olması durumunda kullanılabilir.
10. Statik sistemleri veya fonksiyonları bakımından farklı oturmalara hassas yapıların temellerinde kullanılabilir.

2.2. Zemin İncelemeleri

Kazıklı temeller için yapılacak zemin incelemeleri genel olarak yüzeysel ve diğer temel tipleri için yapılan zemin incelemelerinden önemli bir farklılık göstermez. Tabiatta homojen bir zemin tabakası ile nadiren karşılaşılır. Zemin incelemelerinin ilk aşamasında seçilecek temel tipi önceden belirgin değildir. Proje alanı için önceden yapılan jeolojik haritalar üzerindeki çalışmalar, çevre yapılarında yapılan inceleme ve gözlemler, ilk sondajlar, bu sondajlar sırasında yapılan standart arazi deneyleri, uygulanacak olan temel tipinin ilk işaretlemlerini verir.

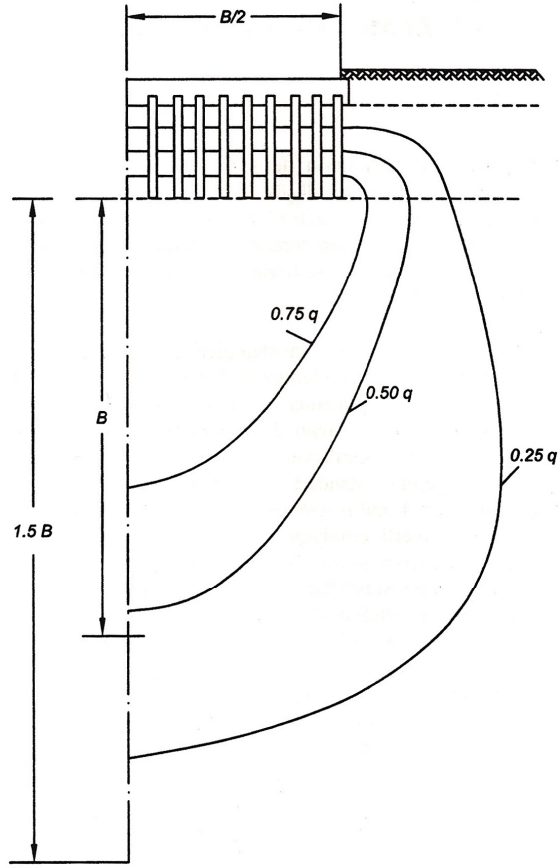
2.2.1. İncelemenin Kapsamı ve Derinliği

İnceleme alanı en az planlanan yapının plandaki alanını, tercihen biraz daha geniş bir alanı kapsamalıdır. İnceleme derinliği genel olarak, en az;

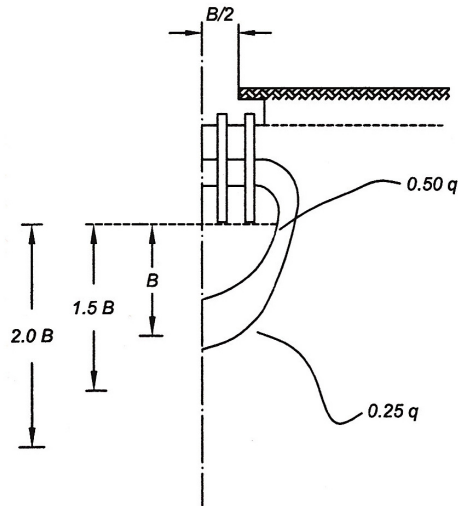
- Taşıma gücü açısından yapının veya ayırık kazık grupları halinde başlığın dar kenarının en az 1,5 katı derinliğe kadar,
- Oturma açısından, yapıdan kaynaklanan ilave efektif gerilmenin, efektif jeolojik gerilmenin %10'una düştüğü derinliğe kadar olmalıdır (30).

Önemli miktardaki basınç dağılışılarının ve dolayısı ile oturmaların büyük bir kısmının yer alacağı bölgeleri belirten basınç soğanı kavramı, kazık temellerin etkinliği konusunda karar vermede faydalı olur.

Sürtünme kazıkları için bu derinlikler, kazık ucundan itibaren dikkate alınmalıdır. İnceleme derinliği, yeterli taşıma gücüne sahip zemin tabakaları veya kaya tabakası ile karşılaşınca kadar arttırılmalıdır.



Şekil 2.1. Kazıklı Radye Altında Derinlik ve Gerilme Dağılışı (Basınç Soğanı)
 (q : Radye seviyesindeki ortalama gerilme) (30)



Şekil 2.2. Kazık Grupları Altında Derinlik ve Gerilme Dağılışı (Basınç Soğanı)
 (q : Kazık başlığı seviyesindeki ortalama gerilme) (30)

2.2.2. Yeraltı Suyu İncelemeleri

Yeraltı su seviyesinin, akım rejiminin, basınç durumunun ve kimyasal yapısının araştırılması, kazıklı temel tasarımı ve inşaatı için yapılacak zemin incelemelerinin en önemli parçalarındandır. Yeraltı su seviyesi ölçmelerinin inceleme bölgesinin en yağışlı döneminde yapılması en elverişsiz şartların ortaya çıkması açısından önemlidir.

Fore kazık yapımı sırasında foraj çukuruna gelen su miktarı, muhtemel basınçlı suyun taze betona sızma ve kimyasal etkisi, hangi derinliğe kadar kaplama borusu kullanılacağı ve benzeri sorunlar yeterli ve uygun yeraltı su seviyesi gözlemleri ile cevaplanabilir.

2.2.3. Numune Alınması, Arazi ve Laboratuvar Deneyleri

Önceden yapılmış standart numune alma programına ilave olarak en uygun numune alma programı, ancak zemin incelemeleri kapsamında yapılan sondajlar bir miktar ilerleyip ilk bilgiler elde edildiğinde, uygulanabilir kazık tipi seçenekleri ortaya çıktığında yapılabilir.

Geleneksel numune alma yöntemleri ve laboratuvar deneyleri, kazıklı temeller için yapılacak zemin incelemelerinde yeterlidir. Arazi deneylerinin kazıklı temellerin tasarımındaki yeri ve uygulanabilirliği özet olarak Tablo 2.1’de verilmektedir.

Tablo 2.1 Arazi Deneyleri

Deney	En Uygun Zemin	Uygun Olmayan Zemin	Belirlenebilen Zemin Özellikleri
Standart Penetrasyon Deneyi (SPT)	Kum	Yumuşak, Orta Katı Kil	İzafi sıkılık, Kohezyonsuz zeminde kayma mukavemeti açısı, Kazık taşıma gücü, Deformasyon modülü, Sıvılaşma potansiyeli
Koni Penetrasyon Deneyi (CPT)	Kum, Silt, Kil	Çakıl	İzafi sıkılık, Kazık uç taşıma gücü ve çevre sürtünmesi, Killerin kayma mukavemeti, Tabakalaşma
Arazi Vane Deneyi	Yumuşak Kil	Çakıl, Kum, Silt, Sert / Katı Kil	Suya doymun killerin drenajsız kayma mukavemeti

Presiyometre Deneyi	Yumuşak Kaya, Çakıl, Silt	Yumuşak Kil	Taşıma gücü, Oturma
Permeabilite Deneyi	Kum, Çakıl	Kil	Permeabilite katsayısı

Becker, D.E. (2000), Canadian Geotechnical Society (1985), Fleming ve Diğerleri (1985)

2.3. Kazık Çeşitleri ve İmal Usulleri

2.3.1. Kazık Çeşitleri

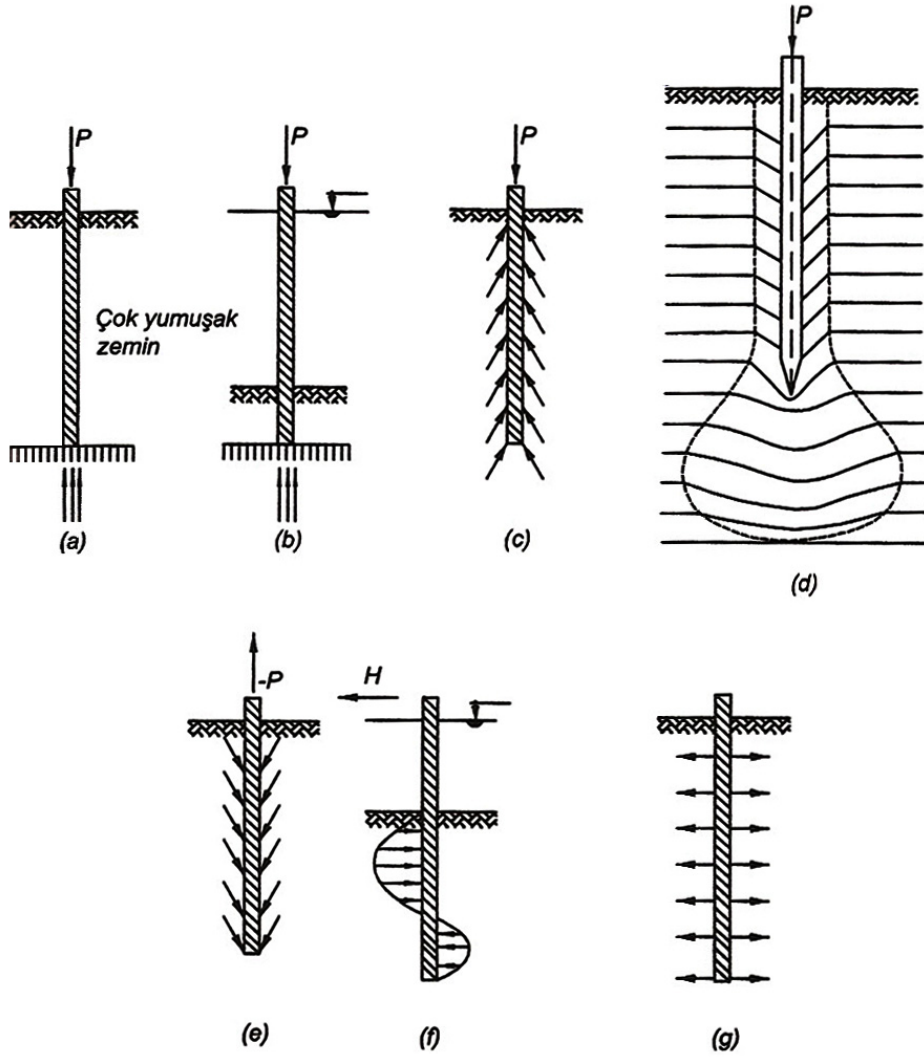
Kazıklar, başlıca 5 amaca göre gruplandırılır:

1. Yapı yüklerini, su veya zayıf zemin altındaki sağlam tabakaya aktarmak için kullanılan kazıklar. Bu tip kazıklara *uç kazığı* denir. (Şekil 2.3. a, b)
2. Yapı yüklerini, kazık çevresinde oluşan zemin sürtünmesi ile kısmen veya tamamen taşıyan kazıklar. Bu tip kazıklara *sürtünme kazığı* denir. (Şekil 2.3. c, d)
3. Suyun kaldırma kuvvetine maruz yapıları veya üst yapıya gelen yanal kuvvetler nedeniyle momente maruz temel sistemlerini güvenilir bir şekilde zemine bağlamak için kullanılan kazıklara *çekme kazığı* denir. (Şekil 2.3. e)
4. Yatay yüklere karşı da kazıklardan yararlanır. Palplanş perdelerinin yanal hareketini önlemek için kullanılan *ankraj kazığı* ile, *gemi bağlama kazıkları* veya *dolfin kazıkları* yanal kuvvetlere karşı kullanılır. (Şekil 2.3. f)
5. Kazıklar, ayırık daneli zeminleri sıkıştırmak amacıyla da kullanılır. Böyle kazıklara *sıkıştırma kazığı* veya *kompaksiyon kazığı* denir. (Şekil 2.3. g)

Kazık sistemlerinin düzenlenmesinde en önemli husus, ağır bina yüklerini taşıyan kolon ve perdelerin altına kazık düzenlenerek yüklerin doğrudan zemine iletilmesini sağlamak ve kazıklar ile bina düşey yüklerinin ağırlık merkezini yaklaştırarak ek moment etkilerini azaltmaktır (04).

Kazıklar imal edildikleri malzemenin cinsine göre 4 gruba ayrılır.

1. Ahşap Kazıklar,
2. Betonarme Kazıklar,
3. Çelik Kazıklar,
4. Kompozit Kazıklar.



Şekil 2.3. Kullanım Amaçlarına Göre Kazık Tipleri (30)

2.3.2. Ahşap Kazıklar

Ahşap kazıklar en eski kazık tipi olarak bilinirler. Ahşap malzemeden hem geçici hem de kalıcı olarak kullanılacak kazıkların yapımında faydalanılabilir. Sağladığı taşıma gücüne oranla hafif oluşu, taşıma kolaylığı, boyunun kolayca ayarlanabilmesi ahşap kazıkların üstünlüklerindendir.

Devamlı olarak kullanılacak ahşap kazıkların su seviyesi değişmesi veya böceklerin tahribatına karşı korunması için önlem alınmalıdır. Ağaç yiyen böcekler, suda yaşayan çeşitli burğu kurtları, koruma tedbiri alınmamış kazıklarda ciddi hasara sebep olabilirler. Ahşap kazıkları gerek mantar oluşumunu önlemek gerekse böceklerin saldırısına karşı korumak için koruyucu bir kreozot tabakası ile kaplamak gerekir (30).

Sıkı kum, çakıl veya taşlı zeminlerde çakılması sırasında ahşap kazıklarda tahribat meydana geldiği sıkça görülmektedir. Ahşap kazıkların çakımı sırasında aşırı zorlanma nedeni ile kırılmasını veya kısmen tahrip olmasını önlemek için kazık başı ve kazık ucu çelik zırh ile takviye edilmelidir.

Ahşap kazıklarda ek, birbirine iki kazığın yanaştırılıp dört taraftan bir çelik lama ile vidalanması ya da birinin ucunun diğerinin yuvaya kama gibi bindirilmesi yoluyla yapılır.

2.3.3. Betonarme Kazıklar

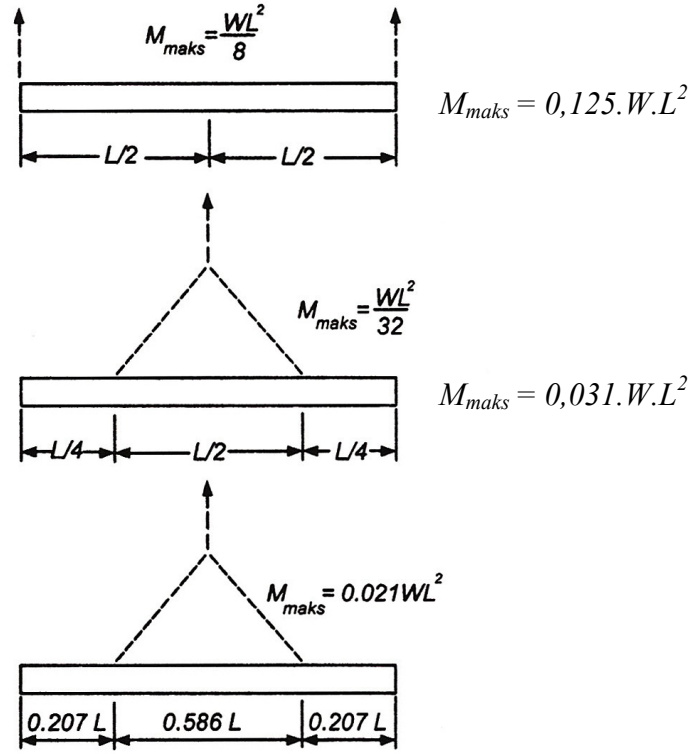
Betonarme kazıkları, betonarme çakma kazıklar ve betonarme yerinde dökme kazıklar olarak ikiye ayırmak mümkündür.

2.3.3.1. Betonarme Çakma Kazıklar

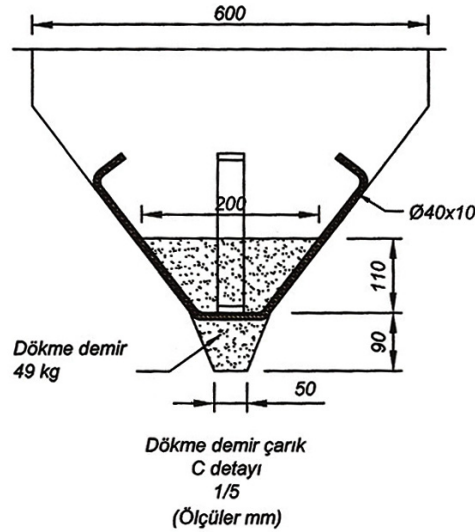
Betonarme çakma kazıklar, kazık dökülmesine elverişli bir yerde hazırlanır, sonra çakılacakları yere nakledilirler. Betonarme çakma kazıklar, oldukça büyük yükleri, yumuşak veya gevşek zemin tabakaları altındaki sağlam tabakaya taşımakta son derece kullanışlıdır. Genellikle kare, daire veya sekizgen kesitli olarak imal edilirler.

Betonarme çakma kazıkların kesitlerinin ve konulacak donatının miktarının hesaplanmasında, kazığın istiflenme ve taşınması sırasında maruz kalacağı gerilmeler rol oynar. Bu gerilmeler, kazığın kaldırılma şekli ile ilgilidir. Kazığa konulacak donatı, kazığın kaldırılması sırasında ortaya çıkacak eğilme momentini karşılayabilmelidir (Şekil 2.4). Betonarme çakma kazıklar şantiyedeki taşıma sırasında momentin minimum olduğu yerden kaldırılmalı, ani ve sert hareketlerden korunmalı, hızla döndürülüp kaldırılmamalı ve atılmamalıdır.

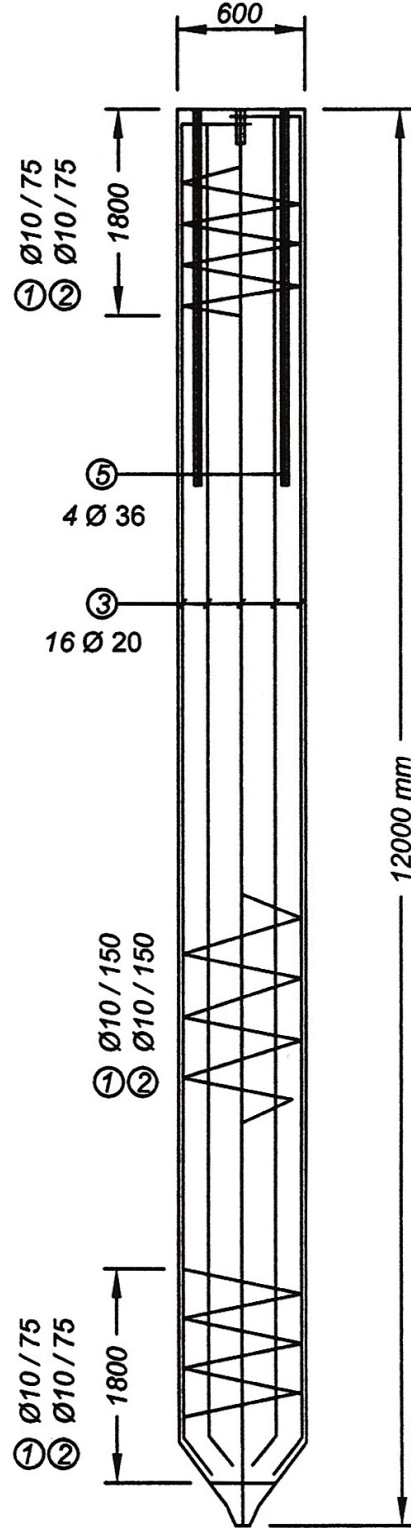
Şekil 2.5’de çakım sırasında kazık ucunun korunması için kullanılan demir çarık gösterilmiştir. Şekil 2.6’da bir betonarme çakma kazık kesiti verilmiştir. Şekil 2.7’de ise betonarme çakma kazığa ek yapmak için kullanılan detay gösterilmiştir.



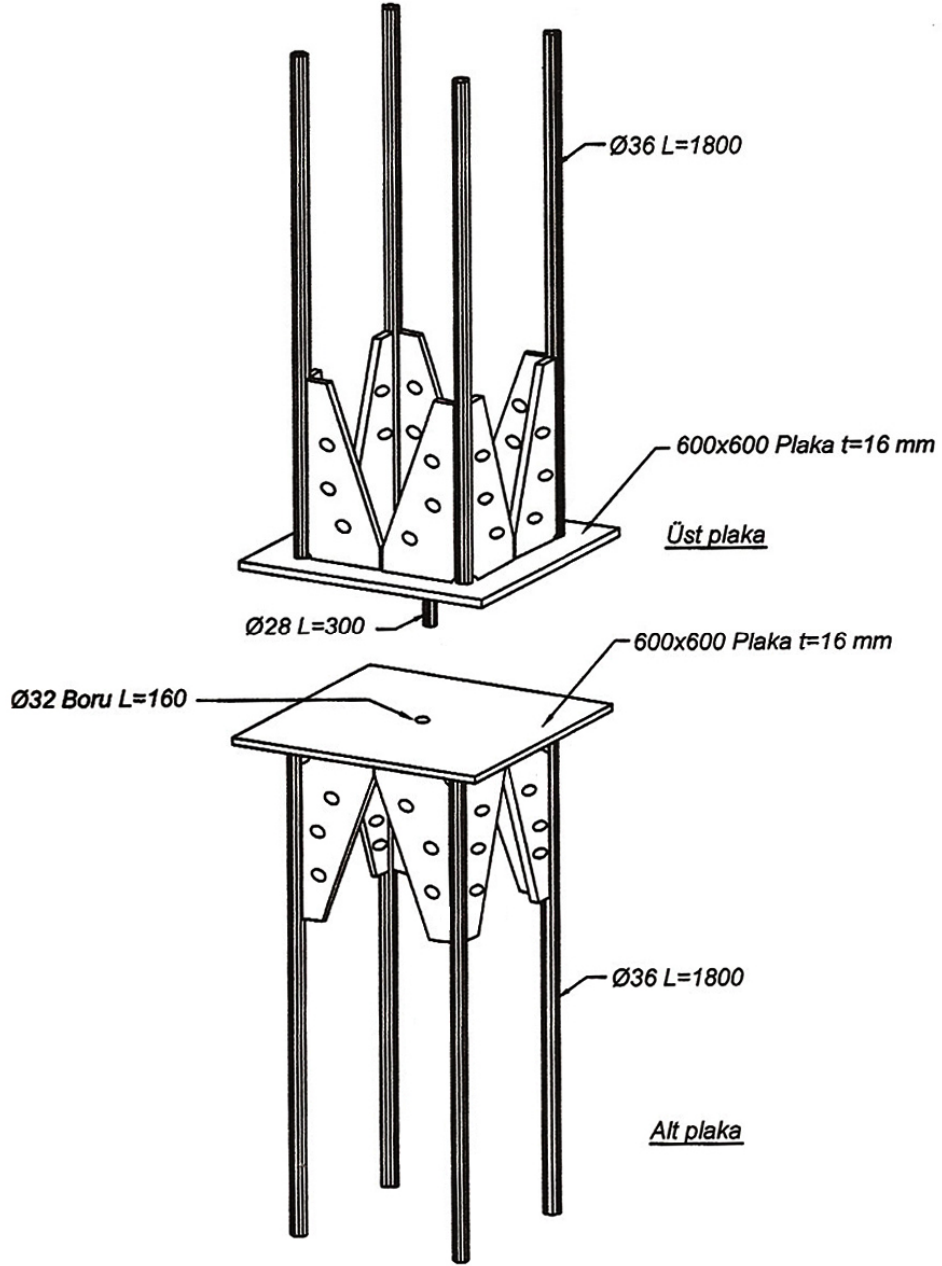
Şekil 2.4. Betonarme Çakma Kazıkların Kaldırılma Şekline Göre Maruz Kaldıkları Momentler (Prakash, 1990).



Şekil 2.5. Betonarme Çakma Kazığın Ucunun Korunması İçin Kullanılan Demir Çarık (30)



Şekil 2.6. Betonarme Çakma Kazık



Şekil 2.7. Betonarme Çakma Kazığa Ek Yapılması İçin Kullanılan Düzen (30)

2.3.3.2. Yerinde Dökme Betonarme Kazıklar

Betonarme yerinde dökme kazıklar, kaplama borusu ile veya kaplama borusuz sondaj deliği içinde imal edilir. Ucu kapalı bir kaplama borusunun şahmerdan, hidrolik veya titreşimli bir çekiç vasıtası ile zemine sokulması ile yer hazırlanan kazıklara *yerinde dökülen betonarme çakma*

kazık adı verilir. Ucu açık bir kaplama borusu zemine sokularak ve kaplama borusunun içi temizlenerek yeri hazırlanan kazıklara, kısaca *sondaj kazığı* veya *fore kazık* denir (30).

Yerinde dökülen betonarme çakma kazıklar;

1. Kaplama borusuz kazıklar (*Zemin içinde silindirik bir çukur açan çelik bir çarığının çakılması ve meydana gelen çukurun veya kendini tutabilen çukurun betonlanması ile imal edilen kazıklar*),
2. Kaplama borusu yerinde bırakılan kazıklar,
3. Kaplama borusu çıkartılan kazıklar

olarak üç guruba ayrılabilir.

Yerinde dökme kazıkların birçok çeşidi vardır. Bunlar arasından birisinin seçilmesinde, kazık çakılacak arazinin geoteknik özellikleri ve o tip kazığın imal olanakları rol oynar.

2.3.4. Çelik Kazıklar

Çok kullanılan çekil kazıklar boru, kutu, H kesitli kazıklardır (01). Geniş flanşlı H kesitli veya I profil kazıklar da kullanılmaktadır.

Çelik kazıklar, örselenmemiş tabii zeminlere çakıldığı zaman korozyona uğrama tehlikesi azdır. Buna karşılık, örselenmiş veya dolgu zeminlerde korozyon önemlidir. Bunun nedeni, örselenmiş zeminde daha çok oksijen bulunmasıdır. Örselenmemiş zeminlerde, zemin yüzeyinden bir iki metreden daha derinde oksijen çok azdır.

Çelik kazıkları korozyondan korumak için aşağıdaki yöntemlerden biri veya bir kaç kullanılabilir (01):

- Kazık et kalınlığının artırılması
- Kazıkların beton ile kaplanması
- Katodik boya uygulanması
- Korozyon zeminin uzaklaştırılması
- Çeliğe anti-korozyon madde ilave edilmesi
- Gerilmenin düşük seçilmesi
- Boya ve kaynamış katran sürülmesi

2.3.5. Kompozit Kazıklar

Karşılaşılan zemin koşulları ve yapı gereklerinin karşılanması için, çeşitli malzemelerden yapılan çakma kazıklar veya yerinde dökme kazıklar ile çakma kazıklar birlikte kullanılabilir. Bu tarz kazıklara kompozit kazıklar denir.

2.4. Düşey Statik Yükler İçin Kazıklı Temellerin Tasarımı ve Analizi

Kazıklar genellikle, en az üç kazıktan oluşan gruplar halinde tasarlanır. Birçok durumda, tek bir kazığın davranışı, kazık grubunun davranışından farklıdır. Bu nedenle kazık grubunun taşıma gücünün belirlenmesinde farklı bir yol izlenir. Bununla birlikte, kazık grubunun taşıma gücünü belirlerken de tekil kazığın taşıma gücünün bilinmesine gereksinim vardır (22).

Tekil kazığın müsaade edilebilir yükü olarak, Kazığın göçme yükünün $(Q_v)_{ult}$, bir güvenlik sayısı G_s ile bölünmesi ile bulunan değer ile kazığın müsaade edilen oturma sınırına bağlı olarak belirlenen değerden küçük olanı dikkate alınır (22).

Bu bölümde, tekil kazıkların düşey yükler altında taşıma gücü hesabı verilmektedir. Kazık taşıma gücünün belirlenmesinde,

- Zemin özelliklerine dayanan taşıma gücü formüllerinden,
- Standart arazi deneylerinden (SPT, CPT, Presiyometre Deneyi gibi),
- Dinamik çakma direncine dayanan ifadelerden,
- Yerinde yapılan yükleme deneylerinden

Yararlanılır.

Düşey kazılar hem düşey yükleri hem de yatay yükleri taşıyacak şekilde tasarlanır. Gerekirse kazıklar, yatay ve düşey kuvvetleri taşıyacak şekilde, eğik ve düşey kazık kombinasyonu olacak şekilde tasarlanabilir (01).

Şekil 2.8'de düşey yük etkisindeki kazık görülmektedir. Etkiyen yük kazığın uç gerilmesi Q_p ve çevresi etrafındaki sürtünme kuvveti Q_f arasında paylaşılır (30). Bu durumda,

$$(Q_v)_{ult} = Q_p + Q_f \quad (2.1)$$

Yazılabilir (30). Burada $(Q_v)_{ult}$ kazığın nihai yük taşıma kapasitesi, Q_p kazık ucunun yük taşıma kapasitesi, Q_f ise kazık etrafındaki sürtünme kapasitesidir.

2.4.1. Kohezyonsuz Zeminler İçin Hesap İlkeleri

2.4.1.1. Kohezyonsuz Zeminlerdeki Tekil Kazığın Taşıma Kapasitesi

Tipi, uzunluğu ve çapı belli olan kazığın uygun taşıma kapasitesinin belirlenmesinde aşağıdaki yöntemler izlenir (22);

a. Kullanılabilir Zemin Gerilmeleri İle Statik Analiz

Uç Taşıma Kapasitesi (Q_p):

$$Q_p = A_p \cdot \sigma'_v \cdot N_q \quad (2.2)$$

Buradaki σ'_v kazık ucunun efektif maksimum basıncıdır.

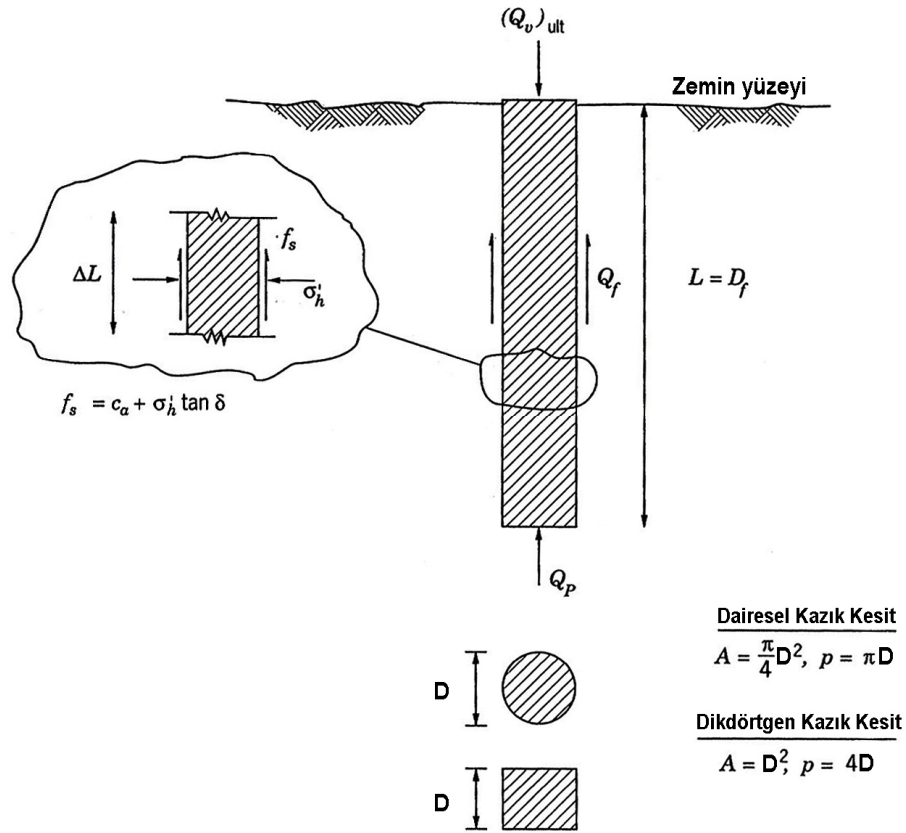
Büyük ölçekli deneyler ve alan araştırmalarından görünen, nokta gerilmesi ve yüzey sürtünmesinin her ikisi de katı kritik derinliğin (D_c) üstünde artar (22). Meyerhof (1976) Coyle ve Castello (1981) yaptıkları araştırmalar neticesinde kritik derinliğin, kazık çapının veya genişliğinin 10 ila 30 katı arasında bir değer alınabileceğini söylemişlerdir (22). Bu kritik derinlik için kazık çapının 20 katı ($20.D$) alınabilir (22).

Tablo 2.2'de Meyerhof (1976) tarafından verilen Yarı ampirik taşıma kapasitesi faktörü N_q değerleri görülmektedir (22).

Tablo 2.2. ϕ Değeri ve N_q İçin Değerler

ϕ^0	20	25	28	30	32	34	36	38	40	42	45
N_q (Çakma kazık)	8	12	20	25	35	45	60	80	120	160	230
N_q (Fore Kazık)	4	5	8	12	17	22	30	40	60	80	115

Meyerhof (1976)



Şekil 2.8. Kazıklı Temeller İçin Yük Taşımanın Temel Konsepti (Prakash, 1990)

Sürtünme Kapasitesi (Q_f):

$$Q_f = p.K_s \cdot \tan \delta \cdot \sum_{L=0}^{L=L} \sigma'_{vl} \cdot \Delta L \quad (2.3)$$

Olarak yazılır (22). En iyi tasarım amaçlanıyorsa, $\delta = \frac{2}{3} \phi$ değeri kullanılır (22). Meyerhof (1976), yük testi analizinin verileri ile K_s değerini kestirmiştir. Bu değerler Tablo 2.3'de görülmektedir.

Tablo 2.3. Kumdaki Çeşitli Kazık Tipleri için K_s Değerleri

Kazık Tipi	K_s
Dökme Kazık	0,5
Çakma H Kazık (<i>Deplasmansız Kazık</i>)	0,5 – 1,0
Çakma, Deplasmanlı Kazık	1,0 – 2,0

Meyerhof (1976)

Sonuç olarak nihai yük kapasitesi (Q_v)_{ult},

$$(Q_v)_{ult} = Q_p + Q_f = A_p \cdot \sigma'_v \cdot N_q + p.K_s \cdot \tan \delta \cdot \sum_{L=0}^{L=L} \sigma'_{vl} \cdot \Delta L \quad (2.4)$$

Olarak yazılır (22). Burada,

A_p : Kazık uç alanı,

σ'_v : Kazık ucundaki efektif gerilme,

σ'_{vl} : Kazık uzunluğu boyunca noktasal efektif düşey gerilme,

P : Kazık çevresi,

K_s : Toprak basınç katsayısı (Tablo 2.3'den belirlenir),

N_q : Taşıma kapasitesi faktörü (Tablo 2.2'den belirlenir),

δ : $\frac{2}{3} \phi$,

L : Kazık boyudur.

b. Standart Penetrasyon Test Değerlerinin Kullanılması İle Ampirik Analiz

Kum için

$$Q_p(ton) = \frac{0,4 \cdot \bar{N}}{D} D_f \cdot A_p \leq 4 \cdot \bar{N} \cdot A_p \quad (2.5)$$

Plastik Olmayan Silt İçin

$$Q_p(ton) = \frac{0,4 \cdot \bar{N}}{D} D_f \cdot A_p \leq 3 \cdot \bar{N} \cdot A_p \quad (2.6)$$

Ortalama Standart Penetrasyon değeri bulunurken, Peck ve diğerleri (1974) tarafından önerilen *Standart Penetrasyon Doğrulama Faktörü* C_N hesaplanır. Daha sonra bu C_N değeriyle bulunan ortalama değer hesaplamalarda kullanılır (22).

$$C_N = 0,77 \cdot \log \frac{20}{\sigma'_v} \quad \sigma'_v \geq 0,244 \text{ kg/cm}^2 \quad (2.7)$$

$$\bar{N} = C_N \cdot N \quad (2.8)$$

$$Q_f = f_s \cdot (\text{çevre}) \cdot (\text{gömülü uzunluk}) \quad (2.9)$$

Burada f_s ayakta birim alana düşen kuvveti göstermektedir (kg/cm^2) ve aşağıdaki gibi hesaplanabilir (22),

$$f_s = 0,019525 \cdot \bar{N} \leq 0,976 \text{ kg/cm}^2 \quad (2.10)$$

Nihai kapasite $(Q_v)_{ult}$, Q_p ve Q_f değerlerinin toplanmasıyla elde edilir. Bu denklem çakma kazıklar için verilmiştir.

c. Koni Penetrasyon Test Değerlerine Göre Ampirik Analiz

$$Q_p = A_p \cdot q_c \quad (2.11)$$

$$Q_f = f_s \cdot (\text{Çevre}) \cdot (\text{Gömülü uzunluk}) \quad (2.12)$$

Q_p ve Q_f 'nin toplamı $(Q_v)_{ult}$ değerini verir. Bu denklemler çakma kazıklar için verilmiştir (22). Yerinde dökme kazıklar için (fore kazık) denklem 2.9'dan elde edilecek sonuç civarında bir değer kullanılır. Çünkü kullanılan güvenlik katsayısıyla kazığın taşıyacağı yük kapasitesi yukarıdaki denklemler ile belirlenir. Tasarımda, kullanılabilir taşıma kapasitesi için bu değerlerden küçük olanı alınır.

2.4.1.2. Kohezyonsuz Zeminlerdeki Kazık Gruplarının Taşıma Kapasitesi

Kazıklı temeller birçok durumda grup olarak yapılırlar. Bireysel kazıklar, betonarme kazık başlığı ile veya diğer bağlantı sistemleri olan çapraz çubuklar veya kirişlerle birbirine bağlanırlar. Ekonomi ve pratiklik için, kazıklar arasındaki mesafenin optimum değeri kazık çapının (D) 3 – 3,5 katı arasında olmalıdır (22). Normalde kazıklar, çapının 3 katından daha az bir ara ile yerleştirilmezler.

Tablo 2.4. Kazıklar Arasındaki Boşluk ve Davranış Şekli

Kazıklar Arası Mesafe	Kazık Etkisi
3D – 7D	Grup
7D den büyük	Tekil

Prakash, 1990

Kohezyonsuz zeminler için, kazık gruplarının taşıma kapasitesinin belirlenmesi için aşağıda sıralanan kriterler, kazıklar arasındaki boşluğun kazık çapının 3 katından fazla olmadığı sürece kullanılabilir (Vesic, 1977).

1. $(Q_p)_g = n.Q_p$ dir. Burada $(Q_p)_g$ kazık grubunun nihai yük noktası, Q_p tekil kazığın nihai yük noktası ve n kazık sayısıdır.
2. Kazık grubunun nihai sürtünme yükü, küçük bir alanda çakılan kazıklardan dolayı meydana gelen zemin sıkışmasından ötürü basınç ve yatay etki altındaki tekil kazık için yüzey sürtünmeleri toplamından daha büyüktür.

Bir kazık grubundaki kazık sayısının belirlenmesinde, kolon yükleriyle birlikte tek kazık için uygun taşıma kapasitesine ihtiyaç vardır. Grup olarak kazıkların yerleştirilmesinde kazıklar arasındaki boşluk kazık çapının 3 ila 4 katı arasında olmalıdır. Kazık başlığının tespit edilmesinde kolonlar arasındaki boşlukları ve diğer boşluk koşullarının bilinmesi gerekir. Eğer kazık başlığının boyutu fazla büyük ise, kazık boyu ve/veya kazık çapı artırılarak kazık kapasiteleri ve mesafeler tekrar belirlenir. Kazık grubunun kapasitesi belirlenirken basitçe kazıkların taşıma güçlerinin toplamı alınır (22).

2.4.1.3. Kohezyonsuz Zeminlerdeki Tekil Kazıkların Oturması

Tekil kazığın oturma miktarı aşağıdaki metotla belirlenebilir.

Deplasman, yüzey sürtünmesinin küçük olduğu durumlarda oluşur ve değerinin zemine, kazık tipine ve kazık çapına bakılmaksızın 5 mm'den daha fazla olması istenmez (22). Ancak Vesic 1977, Sharma ve Joshi 1988'de bu değer 10 mm'den büyük olmaması gerektiğini söylemişlerdir.

Kohezyonsuz zeminlerdeki kazıkların taşıma kapasitelerinin hesaplanması için 3 metot önerilir (22). Bunlar;

1. Yarı ampirik metot,
2. Ampirik metot
3. Kazık yük testi.

Yarı Ampirik Metot

Tasarım esasları için, kazığın çökmesi aşağıdaki 3 ögenin belirlenmesiyle belirlenebilir (Vesic, 1977).

$$S_t = S_s + S_p + S_{ps} \quad (2.13)$$

Burada,

S_t : Tekil kazık için toplam kazık çökmesi,

S_s : Kazığın aksenal deformasyonundan doğan çökme,

S_p : Kazık tabanındaki veya yük iletme yerinde oluşan çökme,

S_{ps} : Kazık boyunca yük iletiminden doğan çökme.

Bu 3 öge, bağımsız olarak belirlenir ve toplanır.

$$S_s = \frac{(Q_{pa} + \alpha_s \cdot Q_{fa})L}{A_p \cdot E_p} \quad (2.14)$$

Q_{pa} : Çalışılan gerilme alanında kazık tabanına yük ileten noktanın gerilmesi, (yük birimi)

Q_{fa} : Çalışılan gerilme alanında kazığın yük iletmesinden kaynaklanan gerçek yüzey sürtünmesi, (yük birimi)

L : Kazık boyu

A_p : Kazığın boşluksuz kesit alanı

E_p : Kazığın elastisite modülü

α_s : Kazık boyunca yüzey sürtünmesi dağılımına bağlı bir sayı.

Yüzey sürtünmesinin dağılımının şekli yalnızca kazık yükleme deneyi sırasında yüzey sürtünmesinin izlenmesi ile belirlenebilir. Pratikte α_s 'nin değeri için uygun bir değer kabul edilir. Prakash'a (1990) göre $\alpha_s=0,5$ alınabilir.

Aşağıda, Vesic (1977) e göre zemin özellikleri ile nihai nokta gerilmesi (q_b) arasındaki ampirik ilişki verilmiştir.

$$S_p = \frac{C_p \cdot Q_{pa}}{D \cdot q_p} \quad (2.15)$$

$$S_{ps} = \frac{C_s \cdot Q_{fa}}{L_e \cdot q_p} \quad (2.16)$$

Burada,

C_p : Ampirik katsayı (Tablo 2.5'den alınır),

$$C_s : \left(0,93 + 0,16 \sqrt{\frac{L_e}{D}} \right) \cdot C_p \quad (2.17)$$

Q_{pa} : Yapılması uygun görülen veya çalışma şartları altındaki net noktasal yük,

Q_{fa} : Yapılması uygun görülen veya çalışma şartları altındaki kazık aksenal yükü,

q_b : Nihai uç taşıma kapasitesi $\left(q_p = \frac{Q_p}{A_{taban}} \right)$,

D : Kazık çapı,

$D_f = L$: Kazık boyudur.

Tablo 2.5. C_p Katsayısının Tipik Değerleri

Zemin Tipi	Çakma Kazık	Fore Kazık
Kum (<i>yoğun – gevşek</i>)	0,02 – 0,04	0,09 – 0,18
Kil (<i>sert – yumuşak</i>)	0,02 – 0,03	0,03 – 0,06
Silt (<i>yoğun – gevşek</i>)	0,03 – 0,05	0,09 – 0,12

Vesic, 1977

Ampirik Metot

Tahmin edilen yük için kazık deplasmanı aşağıdaki şekilde belirlenebilir (Vesic, 1970);

$$S_t = \frac{D}{100} + \frac{(Q_{va} \cdot L)}{(A_p \cdot E_p)} \quad (2.18)$$

Burada,

S_t : Kazık başının çökmesi,

D : Kazık çapı,

Q_{va} : Uygulanan kazık yükü,

A_p : Kazık kesit alanı,

L : Kazık boyu,

E_p : Kazığın elastisite modülüdür.

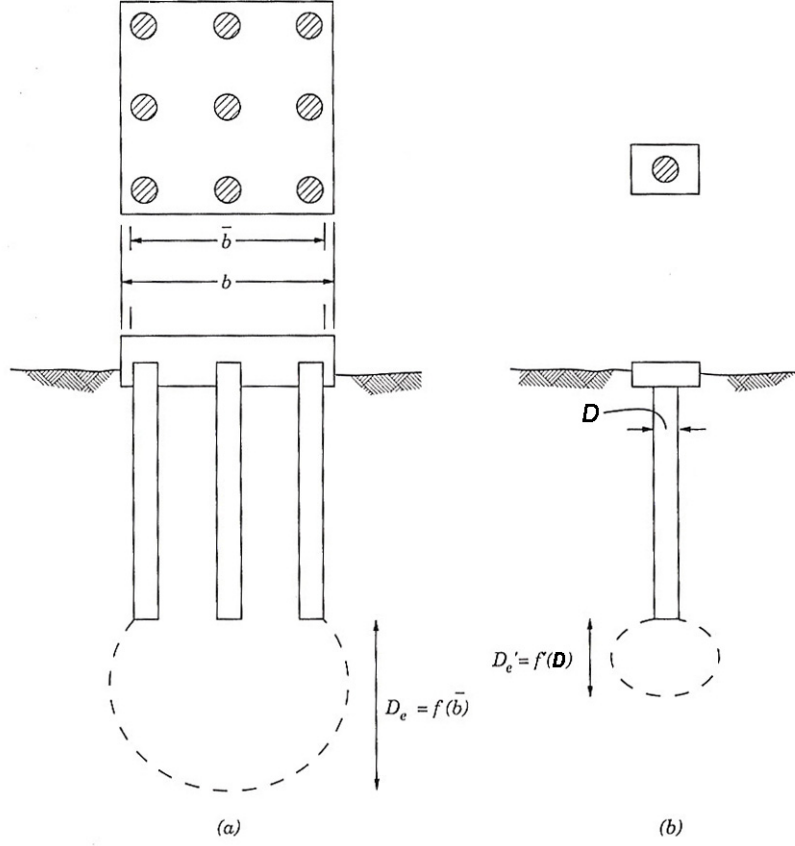
Kazık Yük Deneyi

Kazık yük deneyi ile de kazığın çökmesi belirlenebilir. Kazık yüklemede kullanılan standart deneyler mevcuttur.

2.4.1.4. Kohezyonsuz Zeminlerdeki Kazık Gruplarının Oturması

Kazık grubunun oturması (S_G) kazık başına düşen eşit yüke göre, tekil kazığın çökmesinden (S_t) normalde daha büyüktür. Çünkü kazık grubunun etkili derinliği D_e tekil

kazığın etkili derinliğinden fazladır (Şekil 2.9) (22). Kazık grupları için hesaplanan çökme değeri, kabul edilebilir çökme değeri olan 15,6 mm'den küçük olmalıdır (22).



Şekil 2.9. Tekil Kazık ve Kazık Grubu İçin Etki Bölgesi.

a. Kazık grubunun çökmesi için etki bölgesi

b. Tekil kazığın çökmesi için etki bölgesi (Prakash, 1990)

Tasarım için kullanılabilecek Vesic (1977) tarafından önerilmiş bir metot aşağıdadır;

$$S_G = S_t \cdot \sqrt{\left(\frac{\bar{b}}{D} \right)} \quad (2.19)$$

Burada,

S_G : Kazık grubunun çökmesi (her kazığa, tekil kazığa etkiyen yük miktarı kadar yükün etkimesi durumu),

S_t : Kazık yükleme deneyiyle belirlenen veya hesaplarla tahmin edilen, tekil kazığın çökme miktarı,

$\bar{b}$: Kazık grubunun genişliği (küçük uzunluk),

D : Bireysel kazık çapı.

Pratik mühendislikte kazık grubunun çökmesinin hesabı için bu yöntem önerilir (22).

Meyerhof (1976) Standart Penetrasyon Deneyi sonuçlarına (N) ve Statik Koni Penetrasyon Deneyi (q_c) değerlerine bağlı olarak da kazık grubunun çökmesi için metotlar önermiştir.

a. Standart Penetrasyon Deneyine Göre

$$S_G = 2.p.\sqrt{\left(\frac{\bar{b}.I}{\bar{N}}\right)} \quad (2.20)$$

p : Net temel basıncı

$\bar{b}$: Kazık grubunun genişliği

$\bar{N}$: Ortalama standart penetrasyon değeri (homojen zeminlerde $\bar{b}$ uzunluğu boyunca, 0,3 m'de bir)

$$I : I = \left[1 - \frac{D_f}{8.\bar{b}} \right] \geq 0,5 \quad (2.21)$$

$D_f = L$: Taşıma katmanının efektif derinliği, kazık boyu

b. Koni Penetrasyon Deneyine Göre

$$S_G = p.\bar{b}.I / 2.q_c \quad (2.22)$$

Formülünden hesaplanabilir.

Efektif Kazık Boyu (L_e)

Efektif kazık boyu (L_e) için yaklaşık olarak Tablo 2.6'da verilen kriterler kullanılabilir (22). Deniz yapıları için kazıkların efektif boyu hesaplanırken, kazığın deniz tabanından 6.D mesafede kararlılık seviyesine ulaştığı kabul edilir (14). Ayrıca kazıkla deniz tabanının birleştiği bölgede, 1,5.D derinliğindeki tabakanın su tarafından aşındırılıp oyulabileceği, efektif kazık boyu hesaplanırken göz önüne alınmalıdır (02).

Tablo 2.6. Çakma ve Gömme (Fore) Kazıkların Efektif Kazık Boyu (L_e)

Kazık Tipi	L_e
Çakma ve Yüzey Gerilmeli Fore Kazık	$L - (\text{mevsimsel değişimin etkilediği derinlik})$
Yüzey Gerilmesiz Fore Kazık	$L - (\text{mevsimsel değişimin etkilediği derinlik} + 2 \times \text{Kazık Çapı})$

*Prakash, 1990***2.5. Yatay Yük Etkisindeki Kazıkların Tasarımı ve Analizi**

Temel kazıkları, yapıdan kaynaklanan eğik statik yükler, rüzgar, toprak basıncı, su basıncı, deprem, gemi çarpması gibi yanal yükleri de taşımak üzere teşkil edilir. Kuvvetin yatay bileşeninin düşey bileşene göre küçük olduğu durumlarda, düşey kazıklar yanal yükleri emniyetle taşıyacak yatay dirence sahip olabilir. Kazıklı bir temelin taşıyabileceği yanal yük, kazık cinsine, zeminin özelliklerine ve durumuna, kazık başlığının bağlanma şekline bağlıdır.

Düşey bir kazık rijit bir başlıkla tespit edilmemişse, kazık başına gelen yatay yükün tamamını zemin alacaktır. Bu durumda yanal kuvvet, kazın şekil değiştirmesine de bağlı olarak belli bir derinliğe kadar zeminde oluşan gerilmeler ile karşılanır. Serbest başlı kısa kazığa etkiyen yatay kuvvetler artınca kazık ötelenir. Uzun kazıkların yanal yük karşısında davranışı farklıdır. Artan yanal kuvvetler karşısında uzun kazıkların alt tarafları düşey olarak kalır, üst tarafları yer değiştirir. Yumuşak kil veya silt içinde düşey olarak inşa edilmiş kazıklarda, zeminin kazığın yanal direncine katkısı azdır. Bu yüzden böyle zeminlerdeki kazıkların kesit momenti hesaplanarak eğilmeye karşı dirençlerini artıracak donatı konulmalıdır.

Şekil 2.10'da yatay yük etkisindeki kazıklar görülmektedir.

Kazıkta kabul edilebilir yatay yük aşağıdaki kriterlerden belirlenebilir (22),

1. Kabul edilebilir yatay yük, maksimum kesme kuvvetinin uygun bir güvenlik katsayısına bölünmesiyle elde edilir.
2. Kabul edilebilir yatay yük, kabul edilebilen yatay gerilmeye karşılık gelen yükür.

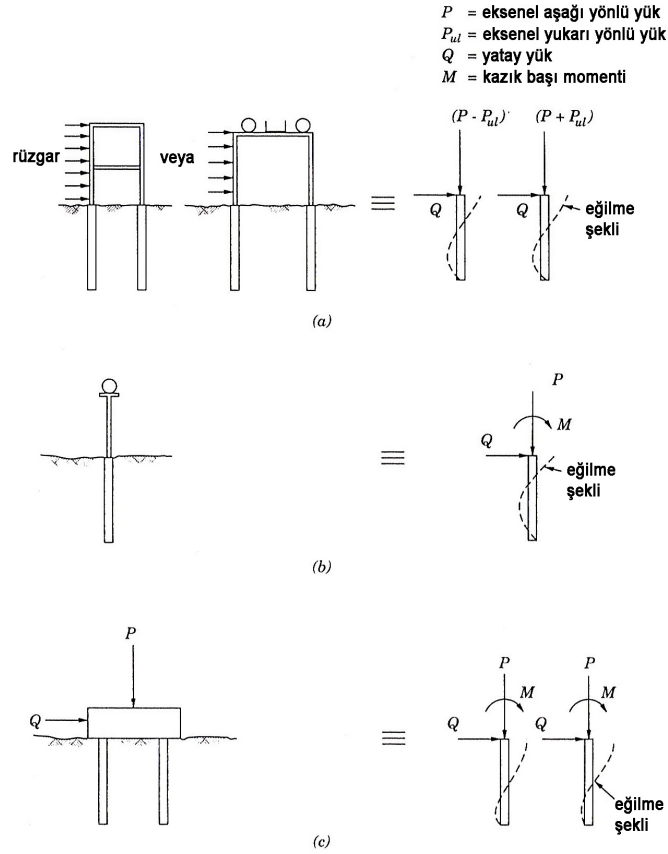
Bu iki değerden küçük olanı, tasarım yatay yükü olarak alınır.

2.5.1. Kohezyonsuz Zeminlerdeki Tekil Kazıkların Nihai Yatay Yük Gerilmeleri

Yatay yük etkisindeki tekil kazıkları ve kazık gruplarının analizi ve davranışının esasları ile tasarım prosedürü özet olarak aşağıdaki gibidir. Normalde, kazık çapı ve yerleşiminin belirlenmesi aksenal basınç yüküne göre yapılır, bu kazık çapının ve yerleşiminin yatay yükleri ve momentleri taşıyıp taşıyamadığına bakılır (22).

Brom's Metodu

Brom's, derinlikle birlikte nihai gerilmenin dağılımını, *kısa rijit kazıklar* ve *uzun esnek kazıklar* olarak ikiye ayırmıştır. Bunları da *serbest başlı kazıklar* ve *sabit başlı kazıklar* olarak iki ayrı durumda incelemiştir.



Şekil 2.10. Yatay Yük Etkisindeki Kazıklar

a. Yatay ve düşey yük etkisindeki kazıklar (*serbest başlı*) b. Yatay yük, düşey yük ve moment etkisindeki kazıklar (*serbest başlı*) c. Yatay yük, düşey yük ve moment etkisindeki kazıklar (*sabit başlı*). (Prakash, 1990)

a. Serbest Başlı Kazıklar

a.i. Kısa Kazıklar

Kısa kazıklar için $\left(\frac{L}{T} \leq 2 \right)$, olması muhtemel eğilme şekli ve zemin gerilmelerinin dağılımı

ve eğilme momentleri Şekil 2.11 a ve e de görülmektedir. Burada verilen T ,

$$T = \left(\frac{EI}{n_h} \right)^{1/5} \quad (2.23)$$

Değerine eşittir (22).

Boyutsuz L/D teriminin $Q_u / K_p \cdot D^3 \cdot \gamma'$ ile değişimi Şekil 2.12.a. da gösterilmiştir. Bu şekilden L_e , D , $K_p = \frac{(1 + \sin \phi')}{(1 - \sin \phi')}$ ve γ' değerleri biliniyorsa Q_u hesaplanabilir. Şekil 2.11.e de zemin yüzeyinden x_0 derinliğinde oluşan maksimum moment ($M_{\max}$) görülmektedir. Bu noktada kesme kuvveti 0'a eşittir (22).

$$Q_u = 1,5 \cdot \gamma' \cdot D \cdot x_0 \cdot K_p \quad (2.24)$$

Bu ifade,

$$x_0 = 0,82 \cdot \left(\frac{Q_u}{\gamma' \cdot D \cdot K_p} \right)^{0,5} \quad (2.25)$$

Değerine eşittir. Maksimum moment ise,

$$M_{\max} = Q_u \cdot (e + 1,5 \cdot x_0) \quad (2.26)$$

a.ii. Uzun Kazıklar

Kohezyonsuz zeminlerdeki uzun kazıklar için $\left(\frac{L}{T} > 4 \right)$ olması muhtemel eğilme şekli, zemin gerilmelerinin dağılımı ve eğilme momentleri, Şekil 2.13.c de gösterilmiştir. Maksimum eğilme momentine yaklaşılan noktada kesme 0'dır, x_0 değeri Denklem 2.25'den hesaplanır. Karşı gelen maksimum moment ($M_{\max}$) ve Q_u (momentin 0'a eşit olduğu noktadaki) aşağıdaki denklemlerle bulunur (22).

$$M_{\max} = Q_{all} \cdot (e + 0,67 \cdot x_0) \quad (2.27)$$

$$Q_u = \frac{M_u}{e + 0,54 \cdot \left(\frac{Q_u}{\gamma' \cdot D \cdot K_p} \right)^{0,5}} \quad (2.28)$$

$$M_u = Z \cdot f_b \quad (2.29)$$

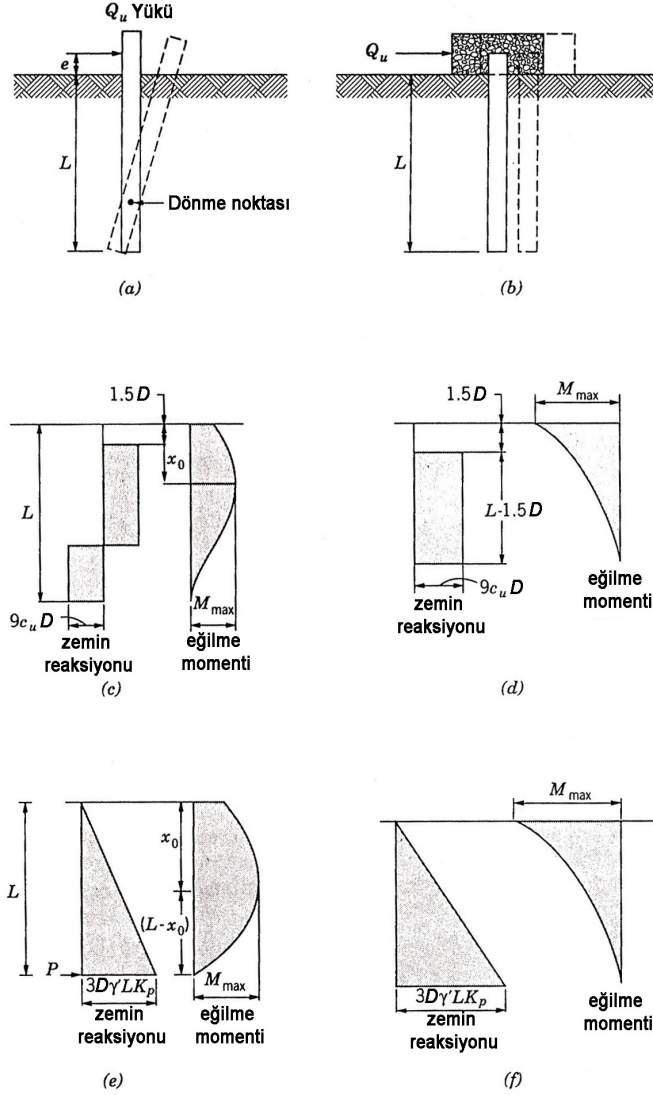
Burada f_b , kabul edilebilir eğilme gerilmesidir ve değeri;

$$f_b = 0,6 \cdot f_y \quad (2.30)$$

Formülüyle hesaplanır, Z ise eğilme altındaki en uzak parçanın mesafesidir ve değeri (22),

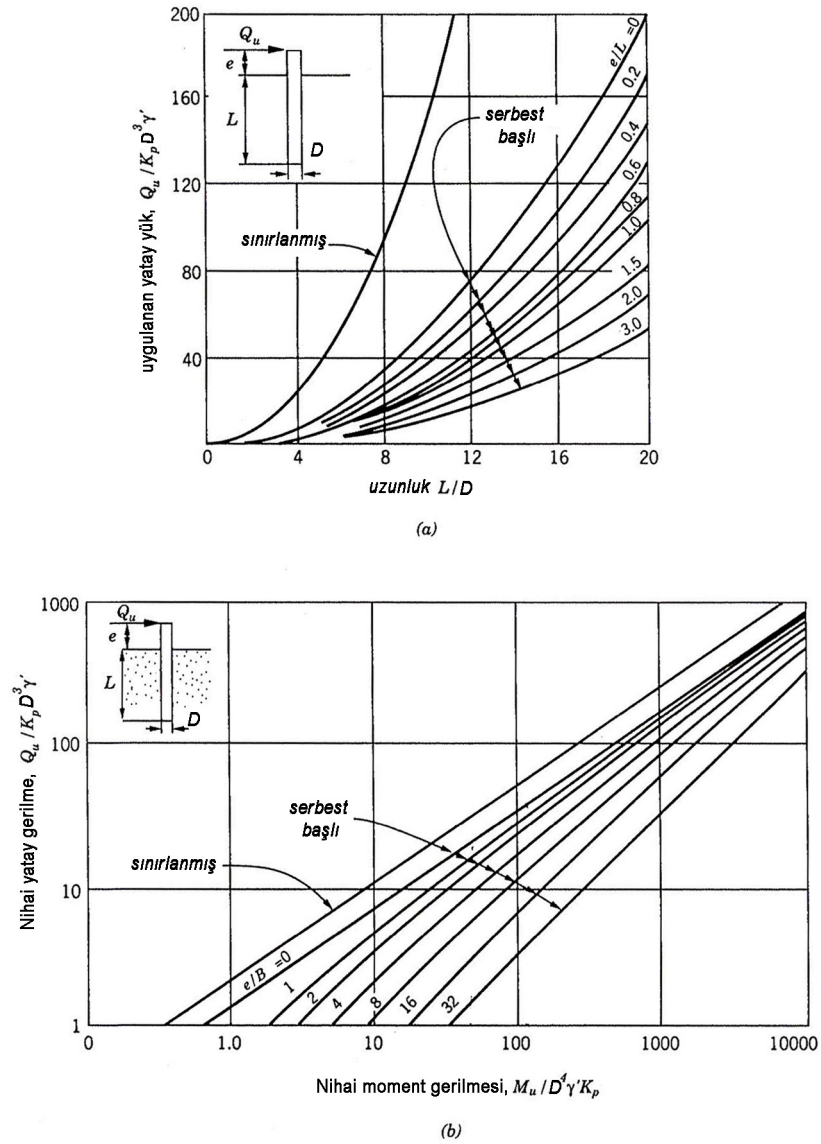
$$Z = \frac{I}{\left(\frac{D}{2}\right)} \quad (2.31)$$

e eşittir. Burada M_u , kazık yüzeyinin nihai moment kapasitesidir. Şekil 2.12.b Q_u değerinin belirlenmesi için kullanılabilir (22).



Şekil 2.11. Yatay Yük Etkisindeki Kısa Kazıklar İçin Dönme ve Ötelenme Hareketleri ve Bu Harekete Karşı Gelen Nihai Zemin Gerilmeleri.

Eğilme şekilleri: a. Serbest başlı b. Sabit başlı. Kohezyonlu Zeminler İçin Zemin Reaksiyonları ve Eğilme Momenti c. Serbest başlı d. Sabit başlı. Kohezyonsuz Zeminler İçin Zemin Reaksiyonları ve Eğilme Momenti e. Serbest başlı f. Sabit Başlı. (Broms, 1964 a ve b)



Şekil 2.12. Kohezyonsuz Zeminlerdeki Uzun ve Kısa Kazıkların Nihai Yatay Yük Kapasitesi.

a. Kohezyonsuz Zeminlerdeki KISA Kazıkların gömülü uzunluklarına bağılı nihai yatay gerilme. b. Kohezyonsuz Zeminlerdeki UZUN Kazıkların nihai moment gerilmelerine bağılı olarak nihai yatay gerilme. (Broms, 1964 b)

b. Sabit Başlı Kazıklar

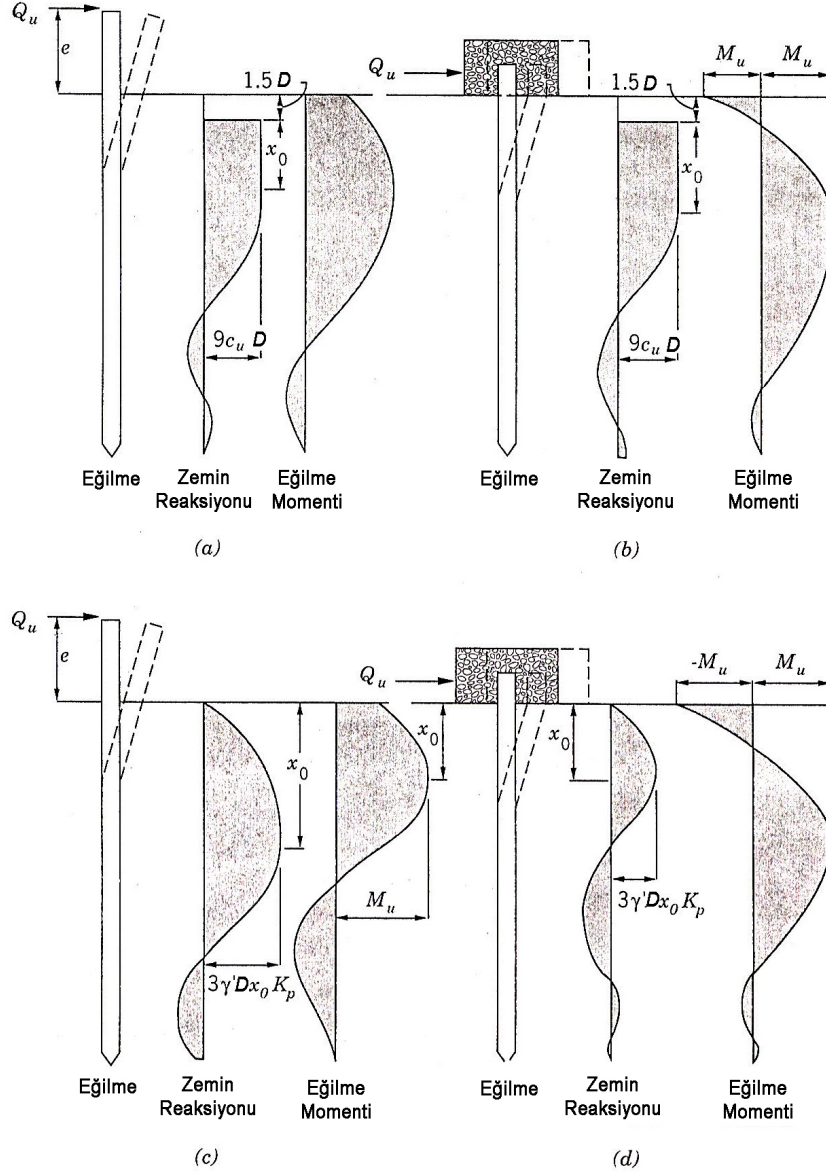
b.i. Kısa Kazıklar

Bu kazıklar için, olması muhtemel eğilme şekli Şekil 2.11.b'de görülmektedir. Şekil 2.11.f'de sabit başlı kısa kazık için eğilme momenti ve nihai zemin gerilmelerinin dağılımı görülmektedir. Kohezyonsuz zeminler için bu kazıklarda meydana gelecek Q_u ve M_{max} ,

$$Q_u = 1,5 \cdot \gamma' \cdot L^2 \cdot D \cdot K_p \quad (2.32)$$

$$M_{\max} = \gamma' \cdot L^3 \cdot D \cdot K_p \quad (2.33)$$

Formülleriyle belirlenebilir (22).



Şekil 2.13. Yatay Yük Etkisindeki Uzun Kazıklar İçin Dönme ve Ötelenme Hareketleri ve Bu Harekete Karşı Gelen Nihai Zemin Gerilmeleri.

Kohezyonlu Zeminlerdeki Kazıklar a. Serbest başlı b. Sabit başlı. Kohezyonsuz Zeminlerdeki Kazıklar c. Serbest başlı d. Sabit Başlı. (Broms, 1964 a ve b)

b.ii. Uzun Kazıklar

Şekil 2.13.d'de eğilme şekli, nihai zemin gerilmelerinin dağılımı ve eğilme momentleri görülmektedir. Kohezyonsuz zeminler için bu kazıklarda meydana gelecek Q_u ve $M_{\max}$,

$$Q_u = \frac{2.M_u}{(e + 0,67.x_0)} \quad (2.34)$$

$$x_0 = 0,82 \left(\frac{Q_u}{\gamma'.D.K_p} \right)^{0,5} \quad (2.35)$$

$$M_{\max} = Q_u (e + 0,67.x_0) \quad (2.36)$$

Burada, x_0 zemin yüzeyinin altında, zemin reaksiyonunun maksimum olduğu noktadır (22).

Şekil 2.12.a ve b'de, kohezyonsuz zeminlerdeki sabit başlı kısa ve uzun kazıklar için grafik gösterimi verilmiştir.

2.5.2. Kohezyonsuz Zeminlerdeki Kazık Gruplarının Nihai Yatay Yük Gerilmeleri

Kazık grubunun S/D oranı için Tablo 2.7'den Grup Verimlilik Katsayısı (G_e) belirlenir.

Kazık grubu için müsaade edilebilen maksimum yatay gerilme olan $(Q_{all})_G$ aşağıdaki denklem yardımıyla hesaplanır (22).

$$(Q_{all})_G = n.G_e.Q_{all} \quad (2.37)$$

Burada,

n : Gruptaki kazık sayısı,

Q_{all} : Tekil kazığın nihai yatay yük kapasitesidir.

Tablo 2.7. Kohezyonsuz Zeminler İçin Grup Verimliliği (G_e)

S/D	G_e
3	0,50
4	0,60
5	0,68
6	0,70

Prakash, 1990

2.5.3. Kohezyonsuz Zeminlerdeki Tekil Kazıkların Yatay Eğilmesi

Kazıklar yatay yüklere karşı tasarlanırken birçok durumda, kabul edilebilir yatay eğilme nihai yatay yük kapasitesinden daha ziyade önemlidir (22). Yatay eğilmenin hesaplanması için 2 metot kullanılabilir. Bunlar *Taban Reaksiyonları Yaklaşımı* ve *Elastik Yaklaşımı* (22). Bu bölümde taban gerilmeleri yaklaşımının temel teorik prensipleri verilecektir.

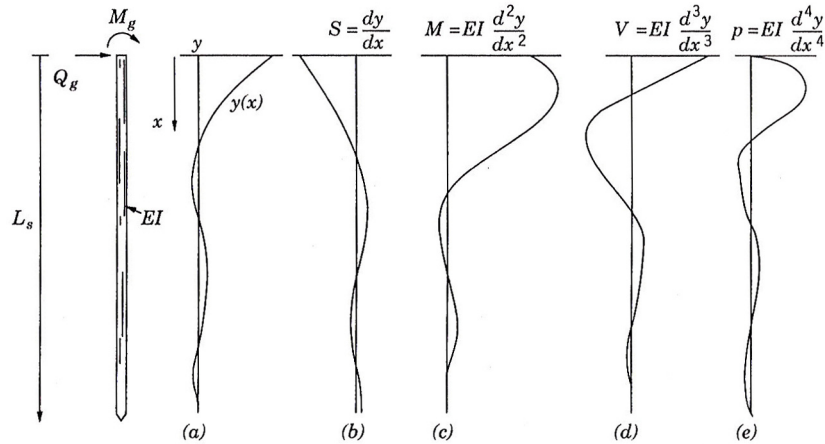
Taban Reaksiyonları Yaklaşımı

Serbest Başlı Kazık

Şekil 2.14'de, kazık eğilmesi y 'nin dağılımı, kazık eğiminin değişimi $\left(\frac{dy}{dx}\right)$, moment, kesme kuvveti ve kazık ucuna uygulanan M_g momenti ve Q_g yatay yükünden dolayı kazık boyunca oluşan zemin reaksiyonları görülmektedir. Bu kazığın davranışı,

$$\frac{d^4 y}{dx^4} + \frac{k_h y}{EI} = 0 \quad (2.38)$$

Denklemleri ifade edilebilir (22).



Şekil 2.14. M_g Momenti ve Q_g Yüğü Etkisindeki Tamamen Zemine Gömülü L Uzunluğundaki Kazık.

- a. Eğilme, y . b. Eğim, dy/dx . c. Moment. d. Kesme.
e. Zemin Reaksiyonu. (Reese ve Matlock, 1956)

Elastik davranış, relatif kazık boyutunun küçük eğilmeleri için farz edilebilir. Böyle davranış için, süperpozisyon kuralının prensipleri uygulanabilir. Büyük deformasyonlar için bu analiz p - y eğrileriyle birlikte modifiye edilerek kullanılır. Süperpozisyonun prensipleri kullanılarak, y_A

deformasyonundaki Q_g yatay yükünün etkisi ve y_B deformasyonundaki M_g momentinin etkisi olarak ayrılabilir. Toplam eğilme y_x aşağıdaki gibidir (22);

$$y_x = y_A + y_B \quad (2.39)$$

$$\frac{Y_A \cdot E \cdot I}{Q_g \cdot T^3} = A_y \quad \text{Yatay yük eğilme katsayısı} \quad (2.40)$$

$$\frac{Y_B \cdot E \cdot I}{M_g \cdot T^2} = B_y \quad \text{Moment için eğilme katsayısı} \quad (2.41)$$

$$\frac{x}{T} = Z \quad \text{Derinlik katsayısı} \quad (2.42)$$

$$\frac{L}{T} = Z_{\max} \quad \text{Maksimum derinlik katsayısı} \quad (2.43)$$

$$\frac{k_h \cdot T^4}{EI} = \phi_{(x)} \quad \text{Zemin modülü fonksiyonu} \quad (2.44)$$

Denklem 2.40 ve 2.41'den,

$$y_x = y_A + y_B = A_y \frac{Q_g \cdot T^3}{EI} + B_y \frac{M_g \cdot T^2}{EI} \quad (2.45)$$

Yazılabilir (22).

Sonuç olarak, Moment M_x , eğim S_x , kesme V_x ve zemin reaksiyonu P_x aşağıdaki şekilde belirlenir;

$$M_x = M_A + M_B = A_m \cdot Q_g \cdot T + B_m \cdot M_g \quad (2.46)$$

$$S_x = S_A + S_B = A_s \frac{Q_g \cdot T^2}{EI} + B_s \frac{M_g \cdot T}{EI} \quad (2.47)$$

$$V_x = V_A + V_B = A_v \cdot Q_g + B_v \frac{M_g}{T} \quad (2.48)$$

$$P_x = P_A + P_B = A_p \frac{Q_g}{T} + B_p \frac{M_g}{T^2} \quad (2.49)$$

Kazık deformasyonu $Z_{\max}=2$ için yapı, rijit yapıya benzer. Bu nedenle $Z_{\max} \leq 2$ olan kazıklar rijit kazıklardır (22). $Z_{\max} = 5$ ve 10 için eğilme katsayıları aynıdır. Bu yüzden kazık uzunluğunun $Z_{\max} = 5$ 'den büyük olması eğilmeyi değiştirmez. Pratikte, birçok durumda Tablo 2.8 ve Tablo 2.9'da verilen katsayılar kullanılabilir (22).

Tablo 2.8. Uzun Kazıklar İçin A Katsayısı ($Z_{\max} \geq 5$); Serbest Başlı

Z	A_y	A_s	A_m	A_y	A_p
0,0	2,435	- 1,623	0,000	1,000	0,000
0,1	2,273	- 1,618	0,100	0,989	- 0,227
0,2	2,112	- 1,603	0,198	,956	- 0,422
0,3	1,952	- 1,578	0,291	0,906	- 0,586
0,4	1,796	- 1,545	0,379	0,840	- 0,718
0,5	1,644	- 1,503	0,459	0,764	- 0,822
0,6	1,496	- 1,454	0,532	0,677	- 0,897
0,7	1,353	- 1,397	0,595	0,585	- 0,947
0,8	1,216	- 1,335	0,649	0,489	- 0,973
0,9	1,086	- 1,268	0,693	0,392	- 0,977
1,0	0,962	- 1,197	0,727	0,295	- 0,962
1,2	0,738	- 1,047	0,767	0,109	- 0,885
1,4	0,544	- 0,893	0,772	- 0,056	- 0,761
1,6	0,381	- 0,741	0,746	- 0,193	- 0,609
1,8	0,247	- 0,596	0,696	- 0,298	- 0,445
2,0	0,142	- 0,464	0,628	- 0,371	- 0,283
3,0	- 0,075	- 0,040	0,225	- 0,349	0,226
4,0	- 0,050	0,052	0,000	- 0,106	0,201
5,0	- 0,009	0,025	- 0,033	0,013	0,046

Matlock ve Reese, 1961, 1962

Tablo 2.9. Uzun Kazıklar İçin B Katsayısı ($Z_{\max} \geq 5$); Serbest Başlı

Z	B_y	B_s	B_m	B_y	B_p
0,0	1,623	- 1,750	1,000	0,000	0,000
0,1	1,453	- 1,650	1,000	- 0,007	- 0,145
0,2	1,293	- 1,550	0,999	- 0,028	- 0,259
0,3	1,143	- 1,450	0,994	- 0,058	- 0,343
0,4	1,003	- 1,351	0,987	- 0,095	- 0,401
0,5	0,873	- 1,253	0,976	- 0,137	- 0,436
0,6	0,752	- 1,156	0,960	- 0,181	- 0,451
0,7	0,642	- 1,061	0,939	- 0,226	- 0,449
0,8	0,540	- 0,968	0,914	- 0,270	- 0,432
0,9	0,448	- 0,878	0,885	- 0,312	- 0,403
1,0	0,364	- 0,792	0,852	- 0,350	- 0,364
1,2	0,223	- 0,629	0,775	- 0,414	- 0,268
1,4	0,112	- 0,482	0,688	- 0,456	- 0,157
1,6	0,029	- 0,354	0,594	- 0,477	- 0,047
1,8	- 0,030	- 0,245	0,498	- 0,476	0,054
2,0	- 0,070	- 0,155	0,404	- 0,456	0,140
3,0	- 0,089	0,057	0,059	- 0,213	0,268
4,0	- 0,028	0,049	- 0,042	0,017	0,112
5,0	0,000	0,011	- 0,026	0,029	- 0,002

Matlock ve Reese, 1961, 1962

Sabit Başlı Kazık

Sabit başlı kazık için, zemin yüzeyindeki eğim 0'dır. Bu sebeple denklem 2.47,

$$S_x = S_A + S_B = A_s \frac{Q_g \cdot T^3}{EI} + B_s \frac{M_g \cdot T}{EI} = 0 \quad (2.50)$$

Burada,

$$x=0 \text{ için } \frac{M_g}{Q_g \cdot T} = -\frac{A_s}{B_s} \quad (2.51)$$

bulunur. Tablo 2.8 ve 2.9'dan $z = \frac{x}{T} = 0$ için,

$$\frac{A_s}{B_s} = -\frac{1,623}{1,75} = -0,93 \quad (2.52)$$

Olarak bulunur. $\frac{M_g}{Q_g \cdot T}$ terimi Prakash (1962) tarafından "Boyutsuz Kararlılık Faktörü"

olarak tanımlanır. Sabit başlı kazık için moment ve eğilme denklemleri aşağıdaki gibi değiştirilebilir. Denklem 2.45'den,

$$y_x = A_y \frac{Q_g \cdot T^3}{EI} + B_y \frac{M_g \cdot T^2}{EI} \quad (2.53)$$

Sabit başlı kazıktan $M_g = -0,93 \cdot Q_g \cdot T$ yerine konulursa,

$$y_x = (A_y - 0,93 \cdot B_y) \frac{Q_g \cdot T^3}{EI}$$

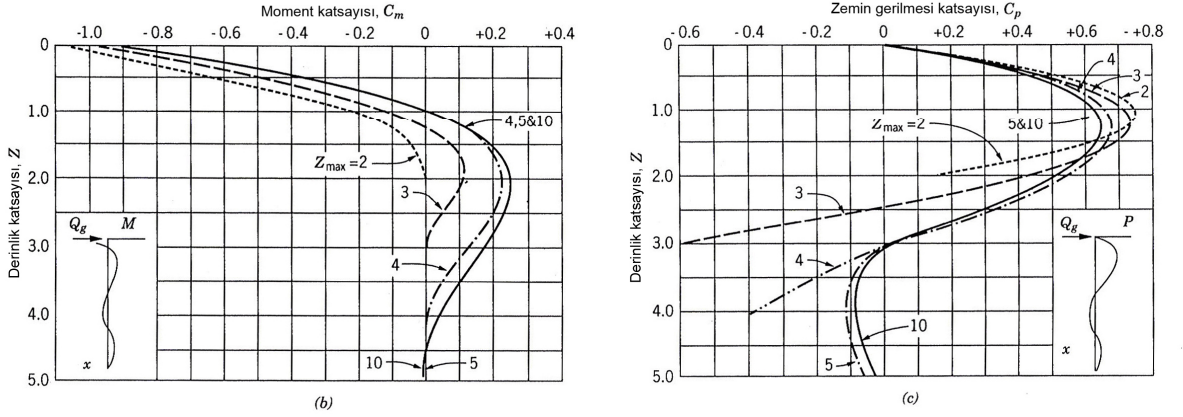
$$y_x = C_y \frac{Q_g \cdot T^3}{EI} \quad (2.54)$$

Benzer şekilde,

$$M_x = C_m \cdot Q_g \cdot T \quad (2.55)$$

Yazılabilir (22). C_y ve C_m değerleri Şekil 2.15'den belirlenebilir (22).

Sonuçta kabul edilebilir yatay yük, Bölüm 2.5.1, Bölüm 2.5.2 ve Bölüm 2.5.3'de belirlenen değerden küçük olanıdır. Maksimum eğilme momenti de seçilen yatay yüke uyan değerdir.



Şekil 2.15. Yatay Yük Etkisindeki Sabit Başlı Kazıklar İçin Eğilme, Moment ve Zemin Reaksiyon Katsayıları.

a. Eğilme b. Eğilme momenti c. Zemin reaksiyonu (Reese ve Matlock, 1956)

2.5.4. Kohezyonsuz Zeminlerde p-y (Etki – Ötelenme) Eğrilerinin Uygulanması

Yatay yüklemiş kazık problemlerinin çözümü için p-y eğrilerinin belirlenmesi gereklidir.

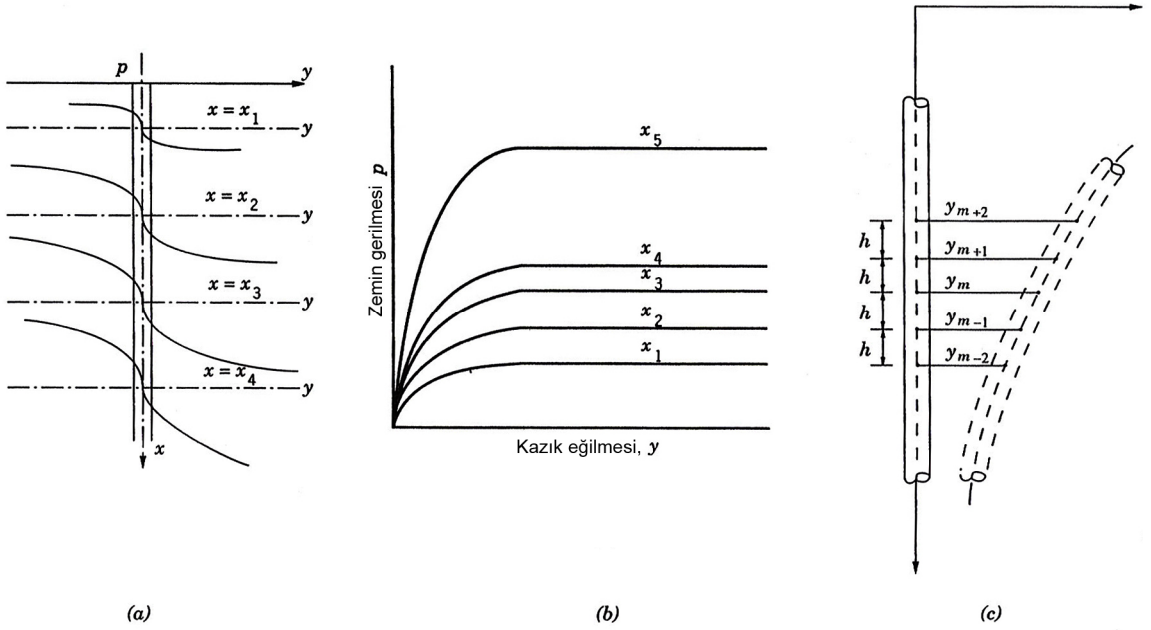
Matlock, 1970; Reese ve diğ., 1974; Reese ve Welch, 1975; Bhushan ve diğ., 1979; p-y eğrilerinin belirlenmesi üzerine çalışmışlardır. Aşağıda p-y eğrilerinin belirlenmesindeki prosedür adım adım anlatılmıştır.

Kohezyonsuz Zeminlerdeki Yatay Yüklenmiş Kazıklar İçin p-y Eğrilerinin Belirlenmesi Yöntemi

Şekil 2.16.a'da görülen eğriler belirli derinliklerdeki zeminin davranışını temsil eder. Bu eğriler tam anlamıyla doğru değildir (22). Yinede, Matlock (1970) kazık eğilmesinin durumunu belirlemek için pratikte kullanılabileceğini göstermiştir. Bu noktadaki zemin reaksiyonu yalnızca o noktadaki kazık eğilmesine bağlıdır.

p-y eğrilerinin belirlenmesi kritik bir çalışmadır. Kohezyonsuz zeminler için p-y eğrilerinin geliştirilmesinin aşamaları aşağıdaki gibidir (Reese ve diğ., 1974);

1. Adım: Alan araştırmaları veya laboratuvar testleriyle zemin iç sürtünme açısı (ϕ) ve birim hacim ağırlığı (γ) belirlenir.



Şekil 2.16. p–y Eğrilerinin Ayarlanması ve Kazığın Eğilmesinin Gösterimi. (Prakash, 1990)

2. Adım: Aşağıdaki faktörler hesaplanır;

$$\alpha = \frac{1}{2}\phi \quad (2.56)$$

$$\beta = 45 + \alpha \quad (2.57)$$

$$K_0 = 0,4 \quad (2.58)$$

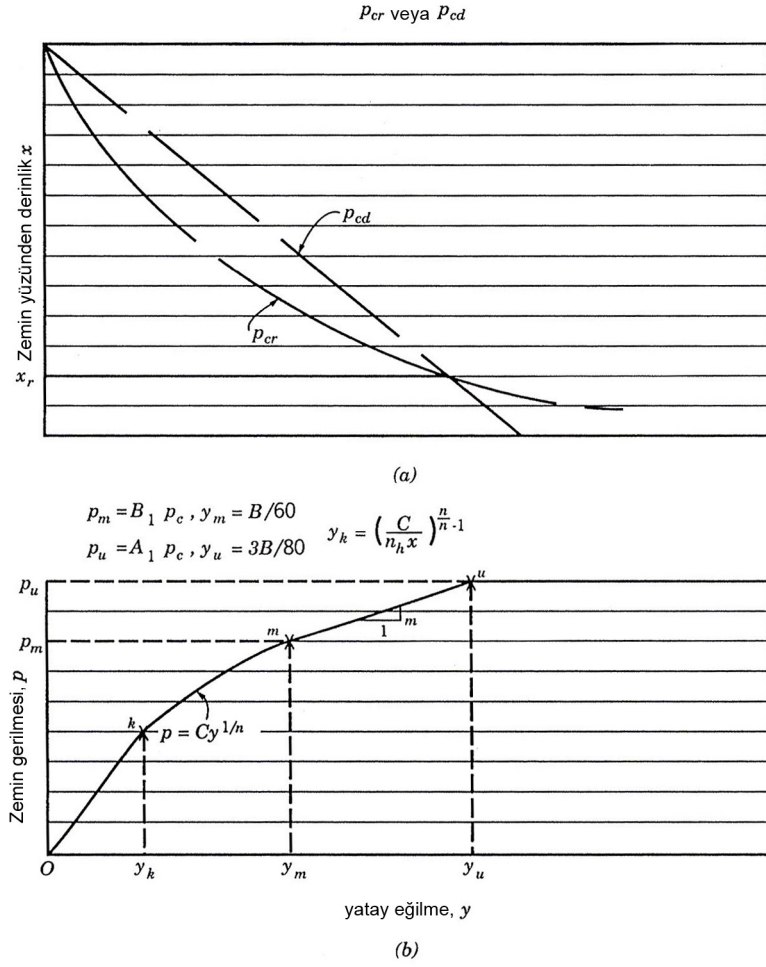
$$K_A = \tan^2(45 - \alpha) \quad (2.59)$$

$$P_{cr} = \gamma \cdot x \cdot \left[\frac{k_0 x \tan \phi \sin \beta}{\tan(\beta - \phi) \cos \alpha} + \frac{\tan \beta}{\tan(\beta - \phi)} (D + x \tan \beta \tan \alpha) + K_0 x \tan \beta (\tan \phi \sin \beta - \tan \alpha) - K_A \cdot D \right] \quad (2.60)$$

$$P_{cd} = K_A D \gamma \cdot x (\tan^8 \beta - 1) + K_0 D \gamma \cdot x \tan \phi \tan^4 \beta \quad (2.61)$$

P_{cr} , zemin yüzünden “kritik derinlik” olan x_r derinliğine kadar ki değer, P_{cd} ise kritik derinliğin altındaki değerdir. Kritik derinliğin değerinin belirlenmesi için P_{cr} ve P_{cd} değeri x derinliğine bağlı olarak çizilir. Bu 2 eğrinin kesişim noktası x_r derinliğidir (Şekil 2.17.a).

3. Adım: İlk seçilen derinliğe özel p–y eğrisi çizilir. Bu x derinliği kritik derinlikle karşılaştırılarak P_c için 2. adımdaki P_{cr} veya P_{cd} formüllerinde uyanı kullanılır.



Şekil 2.17. x_r Değerinin Belirlenmesi ve p - y Eğrisinin Çizilmesi.

a. P_{cr} ve P_{cd} değerlerinin kesişiminden x_r değerinin belirlenmesi. b. p - y eğrisinin çizilmesi. (Prakash, 1990)

4. Adım: Zemin için Tablo 2.10'dan n_h değeri seçilir. Aşağıdaki terim hesaplanır;

$$P_m = B_1 \cdot P_c \quad (2.62)$$

Buradaki B_1 Tablo 2.11'de verilmiştir. P_c denklem 2.60 veya 2.61'den hesaplanır.

$$y_m = \frac{D}{60} \quad (2.63)$$

Burada D kazık genişliğidir.

$$P_u = A_1 \cdot p_c \quad (2.64)$$

Buradaki A_1 değeri Tablo 2.11'de verilmiştir.

$$y_u = \frac{3 \cdot D}{80} \quad (2.65)$$

$$m = \frac{P_u - P_m}{y_u - y_m} \quad (2.66)$$

$$n = \frac{P_m}{m \cdot y_m} \quad (2.67)$$

$$C = \frac{P_m}{(y_m)^{1/n}} \quad (2.68)$$

$$y_k = \left(\frac{C}{n_h \cdot x} \right)^{n/(n-1)} \quad (2.69)$$

$$P = C \cdot y^{1/n} \quad (2.70)$$

Tablo 2.10.a. k_h İçin Tahmin Edilen Değerler

Zemin Tipi	Değer
Tanecikli	n_h değeri 1,5 – 200 lb/in ³ aralığındadır, genelde n_h değeri 10 – 100 lb/in ³ aralığında seçilir ve yaklaşık olarak relatif sıkılıkla orantılıdır.
Normal Yüklü	
Organik Silt	n_h değeri 0,4 – 3,0 lb/in ³ aralığındadır.
Turba	n_h değeri yaklaşık olarak 0,2lb/in ³ değerine eşittir.
Kohezyonlu Zemin	k_h değeri yaklaşık olarak 67. S_u değerine eşittir. Burada S_u zeminin drenajsız kesme gerilmesidir.

Prakash, 1990

Tablo 2.10.b. Suya Doygun Kumlar İçin n_h Değerinin Önerilen Değerleri

Relatif Sıkılık	Gevşek	Orta	Sıkı
1. Terzaghi (1955) n_h değeri aralığı (lb/in ³)	2,6 – 7,7	7,7 – 26	26 – 51
2. Reese ve diğ. (1974) (Statik ve dairesel yükleme)			
Önerilen n_h değeri (lb/in ³)	20	60	125

Prakash, 1990

Tablo 2.11. A_1 ve B_1 Katsayıları İçin Değerler

$\frac{x}{D}$	A_1		B_1	
	Statik	Dairesel	Statik	Dairesel
1	2	3	4	5
0,0	2,85	0,77	2,18	0,50
0,2	2,72	0,85	2,02	0,60
0,4	2,60	0,93	1,90	0,70
0,6	2,42	0,98	1,80	0,78
0,8	2,20	1,02	1,70	0,80
1,0	2,10	1,08	1,56	0,84
1,2	1,96	1,10	1,46	0,86
1,4	1,85	1,11	1,338	0,86
1,6	1,74	1,08	1,24	0,86
1,8	1,62	1,06	1,15	0,84
2,0	1,50	1,05	1,04	0,83
2,2	1,40	1,02	0,96	0,82
2,4	1,32	1,00	0,88	0,81
2,6	1,22	0,97	0,85	0,80
2,8	1,15	0,96	0,80	0,78
3,0	1,05	0,95	0,75	0,72
3,2	1,00	0,93	0,68	0,68
3,4	0,95	0,92	0,64	0,64
3,6	0,94	0,91	0,61	0,62
3,8	0,91	0,90	0,56	0,60
4,0	0,90	0,90	0,53	0,58
4,2	0,89	0,89	0,52	0,57
4,4 – 4,8	0,89	0,89	0,51	0,56
5 ve daha fazlası	0,88	0,88	0,50	0,55

Reese ve Diğ., 1974

5. Adım:

- Şekil 2.17.b'deki y ekseninde lokal y_k noktası belirlenir (Denklem 2.69). Denklem 2.70'deki y değeri yerine y_k değeri yazılarak karşı gelen p değeri belirlenir. Bu p değeri k noktasıyla birleştirilir. Bu nokta ile 0 orijin noktası birleştirilir (Şekil 2.17.b).
- Denklem 2.62 ve 2.63'den ayrı ayrı P_m ve y_m değerleri hesaplanır.
- Denklem 2.60 veya 2.61 kullanılarak k ve m noktaları arasına parabol çizilir.
- Lokal u noktasındaki p_u ve y_u değerleri denklem 2.64 ve 2.65'den ayrı ayrı hesaplanır.
- m ve u noktaları düz bir çizgi ile birleştirilir.

6. Adım: Zemin altındaki çeşitli derinlikler için aynı işlemler yapılarak p–y eğrileri belirlenir.

p – y eğrisi belirlendikten sonra aşağıdaki hesaplamalar yapılır.

- a. Zemin parametrelerinden n_h belirlenir, relatif rijitlik T hesaplanır. Verilen yatay yük ve moment için kazık derinliği boyunca kazık eğilmesi belirlenir. Burada hesaplanan T değeri, ilk deneme değeri olarak alınacak ve bundan sonraki adımlarda T_{trial} olarak geçecektir.
- b. a'da belirlenen eğilme için, p–y eğrisi belirlenir. Zemin modülü belirlenir $k=p/y$, burada p zemin reaksiyonu y ise kazık eğilmesidir. Bu k için ilk deneme değeridir. k değeri derinlikle birlikte çizilir.
- c. b'de hesaplanan k değerinden yeni $n_h = \frac{k}{x}$ değeri hesaplanır. Burada x zemin yüzeyinden olan derinliktir. Tekrar relatif rijitlik T hesaplanır. Buradan belirlenen T değeri ile ($T_{obtained}$) a'da hesaplanan T değeri (T_{trial}) karşılaştırılır. Eğer bu değerler eşleşmiyorsa, aşağıdaki 2. deneme yolu izlenir.
- d. Farz edilen T değeri c'de belirlenen değerle örtüşene kadar denenir.
- e. Belirlenen T değeri ($T_{obtained}$) ordinat, ilk deneme değeri olan T_{trial} apsis olmak üzere çizilir ve bir noktada birleştirilir. Orijinden 45^0 lik açı ile çizgi çizilir. Bu çizgi ile ilk deneme değerinin kesişimi gerçek T değeridir.
- f. Sonuçta belirlenen T değeri ile, y eğilmesi, p zemin reaksiyonu ve M momentinin kazık boyunca belirlenmesi Bölüm 2.5.3'de anlatılmıştır.

BÖLÜM 3

DİNAMİK HESAP ESASLARI

3.1. Giriş

3.1.1. Genel

Dinamikte, statikte bulunan değişkenlere ilave olarak cisimlerin kütleleri, ataletleri ve cisimlere etkiyen kuvvetlerin zamanla değişmesi önemli rol oynamaktadır.

Burada üç önemli unsurdan bahsedilmektedir;

1. Zamana bağlı kuvvetler,
2. Yapının karakteristikleri,
3. Yapının davranışı.

Rüzgar, deprem, dalga, darbe, patlama kuvvetleri gibi kuvvetler zamana bağlı olarak değişen kuvvetlerdir, yani kuvvetin büyüklüğü zamanla değişir. Yapı dinamiğinde çok kısa süre içinde değişen kuvvetler önemlidir. Dinamik yüklemede, yapıya etkiyen yükün zamanla önemli ölçüde değişim gösterdiği göz önünde bulundurulmalıdır (14).

Özetle yapının karakteristikleri; yapının boyutları, yapının malzemesi ve zeminin durumudur (10). Ayrıca yapının konumu da çok önemlidir. Mesela, değişik eksenleri olan bir yapıya etkiyen dinamik yüklerin yönü önemlidir. Simetrik olmayan yapılarda burulmalı titreşim meydana gelebileceği gibi, simetrik bir yapıya, simetri eksenine göre etkimeyen kuvvetlerde burulmalı titreşime sebep olabilir (05).

Dinamik yerdeğiştirme sırasında atalet kuvvetleri meydana gelir (d'Alembert ilkesi). Böyle bir durumda giriş iki tür yükün etkisi altında düşünülebilir;

1. Harekete sebep olan dış yük,
2. Hareketin ivmelenmesine karşı duran atalet kuvvetleri.

İç kuvvetlerin hesap edilebilmesi için, daha önceden atalet kuvvetlerinin belirlenmiş olması gereklidir. Atalet kuvvetleri ise, yerdeğiştirmelere dolayısıyla iç kuvvetlere bağlıdır (05).

Bu bağımlılık yazılan diferansiyel denklemlerle çözülür. Diferansiyel denklemlerin çözümünün belirlenebilmesi için hareketin başlangıç koşullarının bilinmesine ihtiyaç vardır. Sistem sükunetten dış kuvvet etkisiyle veya mesnet yerdeğiştirmesiyle harekete başlayabilir. Ayrıca sistemin hareketi, başlangıçta belirli bir yerdeğiştirme ve hız verilerek sağlanabilir. Dinamik davranışın tamamen belli olabilmesi için, başlangıç koşulları yanında sistemin mesnetlenme şeklinin yani problemin sınır koşullarının da bilinmesi gereklidir (09).

Statik yüklerle birlikte dinamik yükler de taşıyan sistemlerin birçoğunda dinamik yük etkisi, statik yük etkisinden oldukça küçüktür (05). Bu gibi durumlarda dinamik etkinin ayrıntılı bir hesabı yerine eşdeğer bir statik yük tanımlayarak, çarpma katsayısı veya benzeri bir çarpan uygulayarak, bazen de güvenlik katsayısını değiştirerek işlemlerin yürütülmesi yoluna gidilerek problem basitleştirilebilir.

Serbest Titreşim : Öngörülen başlangıç koşulları etkisiyle ortaya çıkan davranış,

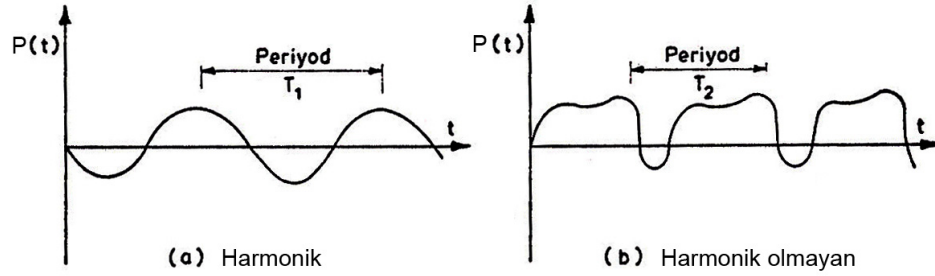
Zorlanmış Titreşim : Sisteme etkien dış yüklerden veya mesnet hareketlerinden ortaya çıkan davranıştır.

3.1.2. Zamana Bağlı (Dinamik) Kuvvetlerin Sınıflandırılması

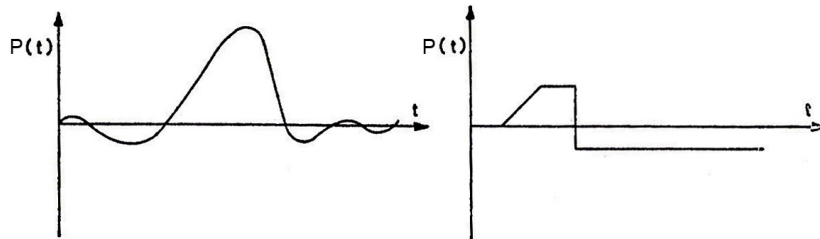
Dinamik kuvvetler birçok şekilde sınıflandırılır. Herhangi bir dinamik kuvveti aşağıdaki çiftli terimlerin biri ile tarif etmek mümkündür (10),

1. Periyodik ve periyodik olmayan kuvvetler,
2. Deterministik ve keyfi kuvvetler.

Periyodik kuvvet, belirli bir zaman içerisinde tekrar eden kuvvetlerdir. Kuvvetin tekrarlanma süresine *periyot* denir. Harmonik veya harmonik olmayan periyodik kuvvetler vardır. Periyodik olmayan kuvvetler, periyodik kuvvetlerin karakteristik özelliklerini göstermezler.



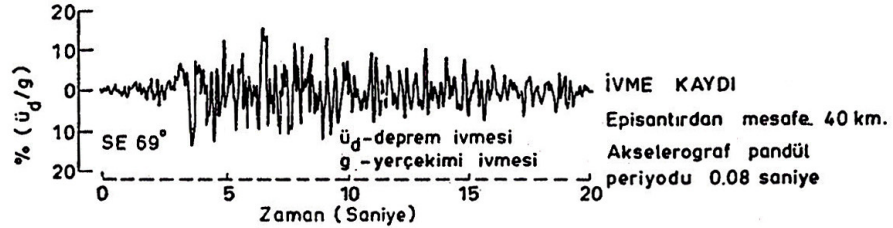
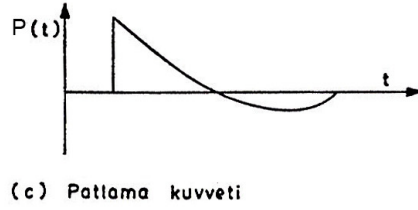
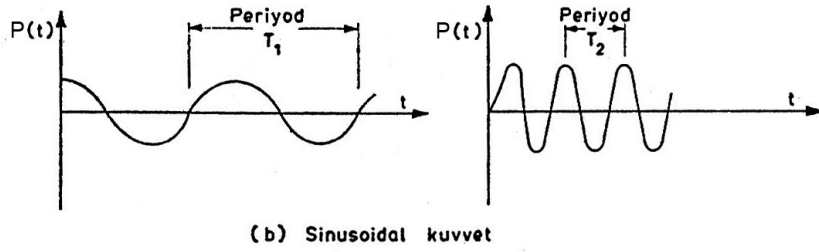
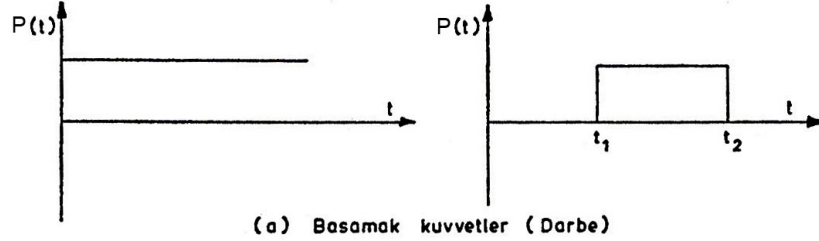
Şekil 3.1. Periyodik Kuvvetler



Şekil 3.2. Periyodik Olmayan Kuvvetler

Deterministik kuvvetler tabiatlarını tarif edebileceğimiz kuvvetlerdir. Hiçbir tarif içerisine girmeyen ve keyfi değişiklik gösteren kuvvetlere *keyfi kuvvetler* denir.

Yapılara etkiyen bu kuvvetler bu şekilde tarif edilebileceği gibi, kuvvet fonksiyonunun tipi ile de tarif edilebilir (10).



Şekil 3.3. Kuvvetlerin Fonksiyonlarına ve Tiplerine Göre Sınıflandırılması

- Basamak ve darbe kuvvetleri; çok kısa zaman içinde belirli bir değere erişen kuvvetlerdir.
- Sinüsoidal kuvvetler; sabit açısal hızla dönen eksantrik bir kütlein hareketi ile meydana gelen kuvvetlerdir.
- Patlamadan dolayı meydana gelen kuvvetlerdir. Bu tip kuvvetler yapılara önce basınç sonra emme kuvvetiyle tesir ederler.
- Keyfi (random) kuvvetler; deprem kuvvetleridir.

3.1.3. Titreşim Sistemleri ve Elemanları

Bir yapı sistemi elemanlarının sürekli kütleleri olduğu farz edilerek titreşim denklemlerini kurmak ve denklemleri çözmek güçtür. Bu durumda yapıyı idealize etmek gereklidir. Sürekli kütlelerin bulunduğu sistemlerden, kütle–yay prensibini kullanan basit mekanik sistemlerin elde edilmesine *idealizasyon* denir (05). Böylece mekanik sistemin elemanları, titreşim denklemleri ve dolayısıyla çözümleri basitleştirmektedir.

Sistemi meydana getiren elemanlar;

Kütle (m) : Ağırlığın yer ivmesine bölünmesiyle elde edilen değerdir. Diğer bir değişle değişmeyen madde miktarıdır. Gerçekte, yapı elemanlarının ağırlıkları ve yükleri yayılı yük ise de genellikle ağırlıklarının ve dolayısıyla kütlelerin münferit noktalarda toplandığı farz edilir. Kütle titreşim denklemlerinde, hareketin aksi yönündeki atalet kuvveti teriminde yer alır.

Yay ve Yay Sabiti (Rijitlik, k) : Basit bir kirişin ortasına kiriş eksenine dik bir P kuvveti uygulandığında, kuvvetin tatbik edildiği noktada ve kuvvet istikametinde v deplasmanı meydana gelir. Kiriş lineer elastik ve deplasmanlar küçük kaldığı sürece, tatbik edilen P kuvvetinin karşılığında elde edilen v deplasmanına oranı sabit olarak kalır (Hooke Yasası). Tatbik edilen kuvvet istikametinde birim deplasmanı sağlayan kuvvet yay sabitidir ($k = \frac{P}{v}$). Kirişe tatbik edilen kuvvet aniden kaldırıldığında, kirişin şekil değiştirmesiyle biriken potansiyel enerji, kirişin hareket etmesiyle kazanacağı kinetik enerjiye dönüşür. Biriken potansiyel enerjinin rolü, kirişe “eski şekline dönme” veya “yaylanma” kabiliyetini vermektir (10). Bu hareket esnasında yayın, kirişin kütlesine tatbik ettiği kuvvete *yay kuvveti* denir (k.v). Yapılarda genellikle kolonların yay vazifesi gördüğü kabul edilir. Çeşitli kuvvet–deformasyon durumlarına göre yay sabitleri Tablo 3.1’de verilmiştir.

Söndürücü (c) : Titreşim halindeki bir sistemde iç ve dış sürtünme olmazsa, titreşimi besleyen kuvvet durduğu halde sistemin potansiyel enerjisi ile kinetik enerjisi arasındaki denge sebebiyle hareket devam eder. Gerçekte sistemin titreşim deplasmanları devamlı olarak azalır ve neticede titreşim sona erer.

Her malzemenin iç sürtünmesinden dolayı sönüm kabiliyeti vardır. Bir yapı sisteminde ise sönüm derecesini çoğaltabilecek elemanlar olabilir. Mesela dolgu duvarları, yapı elemanlarının bağlantı noktaları, plastikleşme ve bunların sonucunda betonarme bir yapıdaki çatlaklar sönüm kabiliyetinin derecesi ile ilgilidir (05). Sönüm sebebiyle sistemin enerjisinin bir kısmı başka bir enerjiye dönüşmekte yani enerji yutmaktadır. Deprem mühendisliği açısından enerji yutma niteliği fazla olan yapılar tercih edilir.

Sönümlenmenin var olması, titreşim denklemlerinde sönüm kuvvetleriyle temsil edilir. Bu kuvvetler iki şekilde ifade edilir; Birincisi, Coulomb sönümü olarak tanınan sürtünme kuvveti; ikincisi ise, viskoz sönüm kuvvetidir. Tecrübelerden ve deneylerden elde edilen bilgilere göre, yapılarda sönüm genellikle viskoz sönüm tipindedir; yani sönüm kuvveti titreşim hızı ($\dot{v}$) ile orantılıdır (10). Sönüm sabiti c , sönüm kuvveti ise $c \cdot \dot{v}$ olarak alınır.

Elemanları inceledikten sonra, sistemleri şöyle sıralayabiliriz;

- a. **Münferit** veya **sürekli** sistemler,
- b. **Sönümlü** veya **Sönümsüz** sistemler,
- c. **Serbest** veya **Zorlanan** sistemler,
- d. **Lineer** veya **Lineer Olmayan** sistemler.

Münferit veya sürekli sistemler, kütlelerin durumu ile ilgili olarak yapılan sınıflandırmadır. Münferit sistemde kütle belirli sayılı noktalarda toplanır. Genellikle, giriş üzerinde düşünülen ve sonradan münferit noktalarda toplandığı kabul edilen kütle, çok katlı bir yapının bir katı için, kat ağırlığı ile beraber katta birleşen kolonların ağırlıklarının yarısı olarak alınır (10). Girişin sonsuz rijitliği bulunduğu, böylece sadece kolonların deformasyona uğradığı kabul edilir. Her münferit kütle için bu titreşim denklemi kurulacağından çok katlı yapılarda kat sayısı kadar koordinat olduğu varsayılır. Bu şekilde idealize edilen çerçevelere *kesme çerçevesi* denir. Yapılan incelemelere göre, lineer sistemlerde yapıları kesme çerçevesi veya esnek çerçeve olarak kabul ederek hesap etmek arasındaki fark genellikle ihmal edilebilecek kadar azdır (10). Kütlelere tekabül eden koordinatlar ise, kütlelerin titreşim halindeki deformasyon durumunu belirler.

Sürekli sistemlerde kütleler eleman uzunluğunca yayılıdır. Bu sistemlerin titreşim denklemleri kurulurken atalet kuvvetlerinin, sürekli kütlelerin diferansiyel bir parçasına etkidiği farz edilerek elde edilir. Sürekli sistemin sonsuz serbestlik derecesi vardır.

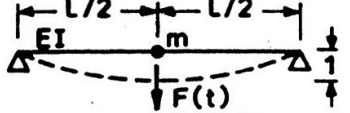
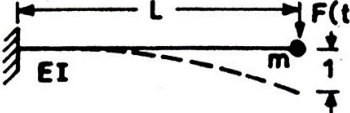
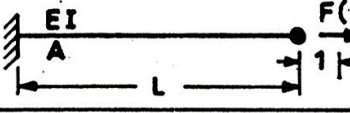
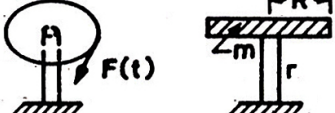
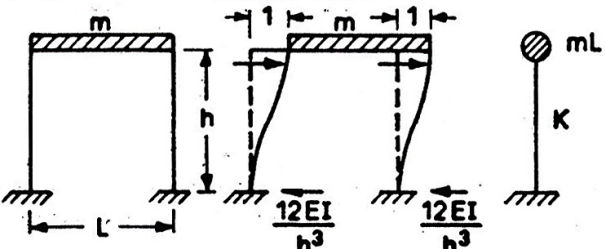
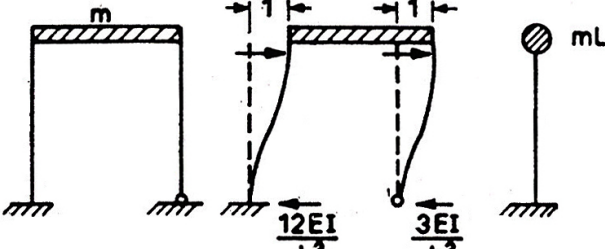
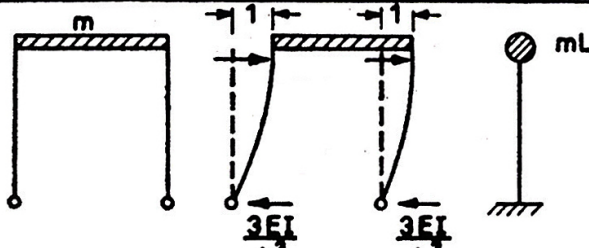
Sönümlü ve sönümsüz sistemler, yapının enerji yutma kabiliyetine göre yapılan sınıflandırmalardır.

Serbest veya zorlanan sistemler, sisteme etkiyen dinamik kuvvetin varlığına göre yapılan sınıflandırmadır.

Lineer veya lineer olmayan sistemler, malzemelerin gerilme–birim uzama ilişkileri, dinamik yüklerin şekli veya eksenel kuvvetlerin varlığı ile ilgili sınıflandırmadır.

Bir sistemde kütle; atalet kuvveti ve dolayısıyla kinetik enerji, yay; yay kuvveti ve potansiyel enerji, söndürücü; sönüm kuvveti ve sönüm enerjisi, dinamik kuvvet; sistemi dışarıdan besleyen enerji ile ilgili olduğundan enerjiler arasındaki denge, titreşimin devamını sağlar.

Tablo 3.1. Kuvvet-Deformasyon Durumlarına Göre Yay Sabitleri

İdealize Edilmiş Sistem ve Yük Durumu	K
 E = Young modülü I = Atalet momenti.	$48 \frac{EI}{L^3}$
	$\frac{3EI}{L^3}$
 A = Kesit alanı	$\frac{AE}{L}$
 J_p = Polar atalet momenti G = Kayma modülü.	$\frac{GJ_p}{L}$
	$\frac{24EI}{h^3}$
	$\frac{15EI}{h^3}$
	$\frac{6EI}{h^3}$

3.1.4. Sistemlerin Serbestlik Derecesi

Taşıyıcı sistemde kütle sürekli dağılı bulduğundan atalet kuvvetleri ancak her noktanın ivmesinin, dolayısıyla yerdeğiştirmesinin bilinmesiyle belirlenebilir. Sistemin tüm yerdeğiştirmesini, bazı seçilmiş noktaların yerdeğiştirmesiyle ifade etmekle hesap hacmi azaltılabilir. Bu tür çözümde sistemin kütlesi söz konusu seçilen noktalarda toplanmış kabul edildiğinden, uygulanan hesap yöntemine *Toplu Kütleli Yaklaşım* denir (05).

Yapılan kabullerde taşıyıcı sistemin tüm yerdeğiştirmesini ifade etmek için seçilen noktaların sayısı sistemin SERBESTLİK DERECE'Sİ'dir. Sistemin serbestlik derecesinin artırılması, davranışı daha hassas bir şekilde ifade etmesine karşın hesap hacmini çoğaltacağı için sonuçların yorumlanmasını zorlaştırabilir veya sayısal hatalara sebebiyet verebilir (02). Yapının tüm kütlesinin tek bir noktada toplandığı kabul edilen sistemlere Tek Serbestlik Dereceli Sistemler (TSD), kütlenin birden fazla noktada toplandığı kabul edilen sistemlere ise Çok Serbestlik Dereceli Sistemler denir. Bu çalışmada yalnızca Tek Serbestlik Dereceli Sistemler hakkında bilgi verilecektir.

3.2. Tek Serbestlik Dereceli Sistemler (TSD)

Bir sistemin hareket halinde bulunduğu konum, tek bir parametrenin verilmesi ile belirlenebiliyorsa, bu tür sistem Tek Serbestlik Dereceli (Single Degree of Freedom – SDOF) olarak isimlendirilir. Böylece bir sistemin dinamik davranışının belirlenebilmesi için sistemin hareket denkleminin yazılmasına ihtiyaç vardır. Hareket denklemi, sisteme etkiyen kuvvetlere, atalet kuvvetinin de eklenmesiyle yazılabilir.

3.2.1. Genel

Tek Serbestlik Dereceli bir sistem genel olarak tek katlı bir çerçeve veya bir yay–kütle sistemi olarak gösterilebilir. Her iki durumda da m rijit kütlesi, k elastik yayına ve c sönümüne sadece bir yönde öteleme yapacak şekilde bağlanmıştır. Dinamik davranışın, sisteme etkiyen ve zamana bağlı olan P_t dış kuvveti ve $v_{g(t)}$ yer hareketi sonucu ortaya çıktığı kabul edilecek olursa dinamik kuvvet dengesi;

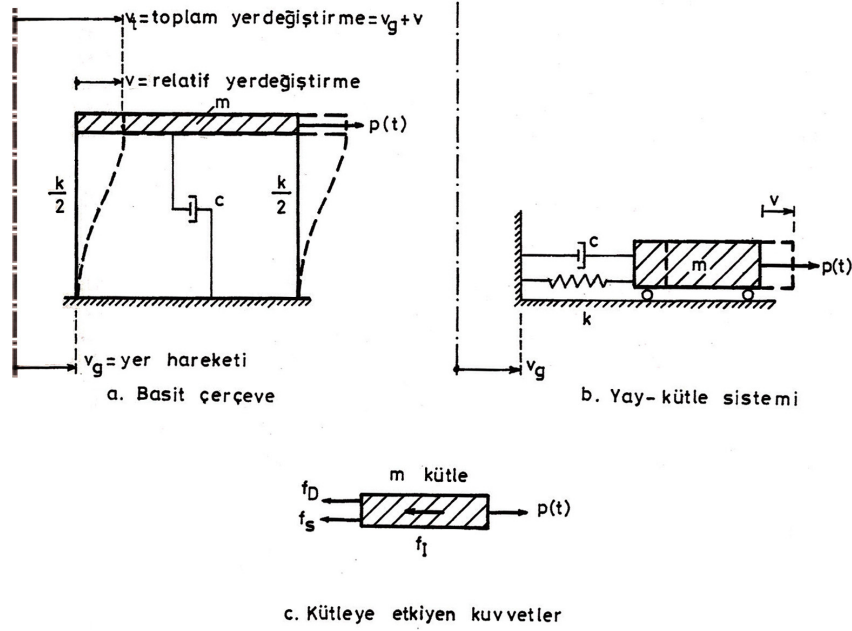
$$f_I + f_D + f_s = P_{(t)} \quad (3.1)$$

olarak yazılabilir (05).

f_I atalet kuvveti, f_D sönüm kuvveti ve f_s elastik yay kuvveti olmak üzere;

$$f_I = m \cdot \ddot{v}_t, \quad f_D = c \cdot \dot{v} \quad \text{ve} \quad f_s = k \cdot v \quad (3.2)$$

Olarak ifade edilebilir.



Şekil 3.4. Toplu Kütleli Tek Serbestlik Dereceli Sistem

Toplam yerdeğiştirme olan v_t , sistemin relatif yerdeğiştirmesi v ve yer hareketinden dolayı meydana gelen yerdeğiştirmenin v_g 'nin toplamıdır (05).

$$v_t = v + v_g \quad (3.3)$$

Atalet kuvveti f_t toplam (mutlak) ivmeye bağlı olduğu halde, elastik yay ve sönüm kuvvetleri relatif yerdeğiştirme ve hız kullanılarak elde edilmiştir. Sönüm kuvvetinin de mutlak hıza bağlı olduğu sistemler vardır. Newton kanununa göre, bir kütleye etkiyen kuvvetlerin toplamı sıfıra eşittir ($\sum F = 0$). Sonuç olarak hareket denklemi;

$$m \cdot \ddot{v} + c \cdot \dot{v} + k \cdot v = -m \cdot \ddot{v}_g + P_{(t)} \quad (3.4)$$

Olarak belirir. Hareket denklemindeki (-) işareti, eşdeğer dış kuvvet etkisinin, yer hareketi ivmesine zıt yönde meydana geldiğini göstermektedir. Yer hareketi sonucu ortaya çıkan efektif kuvvete P_{eff} ile gösterirsek hareket denklemi;

$$m \cdot \ddot{v} + c \cdot \dot{v} + k \cdot v = P_{(t)} + P_{eff} \quad (3.5)$$

Şeklinde yazılabilir.

3.2.2. Sönümsüz, Tek Serbestlik Dereceli Sistemin Serbest Titreşim Hareketi

Denklem 3.4 ve 3.5 ile tanımlanan sistemin hareket denkleminde eşitliğin sağ tarafı 0'a eşit kabul edildiğinde, sisteme herhangi bir dış yükün etkimediği varsayılmış olur. Bu tarz hareket *serbest titreşim hareketi* denir. Böylece Serbest Titreşim denklemi;

$$m.\ddot{v} + c.\dot{v} + k.v = 0 \quad (3.6)$$

Şeklinde yazılabilir.

Sistemde sönümün olmadığı kabul edilirse $c=0$ olur. Sonuç olarak denklem 3.6;

$$m.\ddot{v} + k.v = 0 \quad (3.7)$$

Şeklini alır. Bu denklem basit harmonik hareket adını verdiğimiz titreşimi temsil eder. Titreşimin meydana gelebilmesi için sistem üzerinde önceden bir zorlanma olması gerekir. Sistemin v_0

başlangıç zorlamasıyla harekete başladığı kabul edilirse ve hareketin açısal hızı $\omega = \sqrt{\frac{k}{m}}$

olarak alınırsa denklem 3.7'nin çözümü;

$$v = A.\cos\omega.t + B.\sin\omega.t \quad (3.8)$$

Olur. A ve B sabitleri hareketin başlangıç durumlarına göre elde edilecektir. Başlangıç

deplasmanı v_0 ve hızı $\dot{v}_0$ ise,

$$A = v_0 \text{ ve } B = \frac{\dot{v}_0}{\omega} \text{ olur (09). Böylece denklem 3.8,}$$

$$v_t = \frac{v_0}{\omega} \sin\omega.t + v_0 \cos\omega.t \quad (3.9)$$

Olur. Böyle bir sistem, statik denge konumundan uzaklaştırıldığında bir titreşim hareketi yapar. Titreşim hareketlerinde, hareketin kendini bir kere tekrarı için geçen zaman periyot, birim zamanda yapılan periyodik hareket sayısı frekans olarak tarif edilir. Periyot ve frekans için zaman birimi olarak saniye kullanılır. Bir saniyede yapılan periyodik hareket sayısı Hertz (Hz)

olarak isimlendirilir. Göz önüne alınan titreşim hareketi $T = \frac{2\pi}{\omega}$ periyoduyla ve $f = \frac{1}{T}$

frekansıyla meydana gelir.

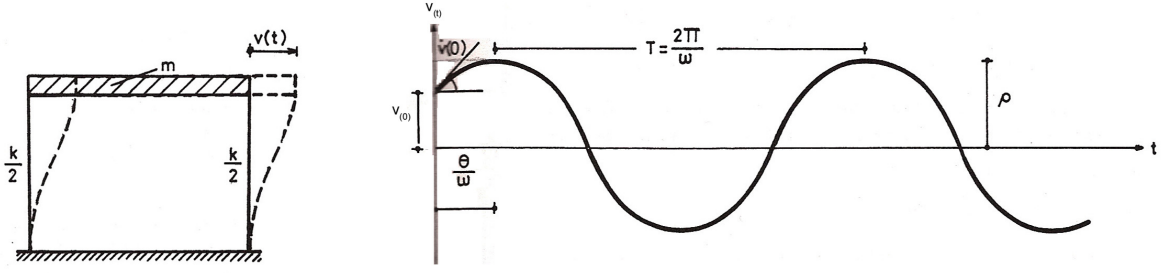
Şekil 3.5'de sönümsüz serbest titreşim hareketinde deplasmanın zamanla değişimini görülmektedir.

Denklem 3.9 şu şekilde de yazılabilir,

$$v_{(t)} = \rho.\cos(\omega.t - \theta) \quad (3.10)$$

Burada ρ hareketin genliğini, θ ise faz açısını ifade eder.

$$\rho = \sqrt{\left(v_0\right)^2 + \left(\frac{\dot{v}_0}{\omega}\right)^2} \text{ ve } \theta = \arctan \frac{\dot{v}_0}{\omega.v_0} \text{ şeklinde yazılabilir.}$$



Şekil 3.5. Sönümsüz Serbest Titreşim Hareketi

Sisteme etkiyen dış yük zamana göre periyodikse, sistem zorlanmış titreşimi sırasında, hem kendi frekansında hem de dış etkinin frekansında titreşme eğilimi gösterir (09). Eğer iki frekans eşit ise, titreşim hareketinin genliği sürekli büyür (elastik teoriye göre ve sönüm olmaması halinde). Bu olaya **REZONANS** denir (09). Deprem mühendisliği açısından önemli bir olay olan rezonans, her ne pahasına olursa olsun mutlaka önlenmelidir.

3.2.3. Sönümsüz, Tek Serbestlik Dereceli Sistemin Harmonik Yük Altındaki Davranışı

Homojen Çözüm

Büyüklüğü P_0 ve dairesel frekansı $\bar{\omega}$ olan $P(t)$ harmonik yükünün etkidiği sistemi düşünersek hareket denklemi;

$$m.v_{(t)}'' + c.v_{(t)}' + k.v_{(t)} = P_0 \sin \bar{\omega} t \quad (3.11)$$

Şeklinde yazılabilir. Sönümsüz sistemler için ise hareket denklemi;

$$m.v_{(t)}'' + k.v_{(t)} = P_0 \sin \bar{\omega} t \quad (3.12)$$

Şeklinde dir. Diferansiyel denklemin çözümü homojen çözüm ve özel çözüm olarak iki bölümde düşünülebilir;

$$v_{(t)} = v_{c(t)} + v_{p(t)} \quad (2.13)$$

Homojen çözümde serbest titreşim hareketi için denklem 3.8.

$$v = A \cos \omega t + B \sin \omega t \quad (3.14)$$

Olarak yazılabilir (09).

Özel Çözüm

Dinamik yüklemde, genel çözüme özel çözüm de dahil olmalıdır. Özel çözümde zorlayıcı terimi ihtiva eden titreşim denklemi,

$$v_{p(t)} = C \cdot \sin(\bar{\omega} \cdot t) \quad (3.15)$$

Bu şekildedir. Buradaki C büyütme faktörü olup değeri;

$$C = \frac{P_0}{k} \left[\frac{1}{1 - \beta^2} \right] \quad (3.16)$$

Denklemleri ile bulunur (09). Buradaki β , uygulanan yükün frekansının doğal serbest titreşimin frekansına oranıdır.

$$\beta = \frac{\bar{\omega}}{\omega} \quad (3.17)$$

Genel Çözüm

Denklemleri 3.12'nin genel çözümünde homojen çözüm ve özel çözüm birlikte yapılır. Bu durumda;

$v_{(t)} = v_{c(t)} + v_{p(t)}$ olduğuna göre,

$$v_t = A \cdot \cos \omega t + B \cdot \sin \omega t + \frac{P_0}{k} \left[\frac{1}{1 - \beta^2} \right] \cdot \sin(\bar{\omega} \cdot t) \quad (3.18)$$

Denklemleri ile bulunabilir. Hareketin sükunetten başladığı kabul edilirse, başlangıç koşulları $v_0 = \dot{v}_0 = 0$ olarak yazılabilir. Bu durumda A ve B katsayıları;

$$A = 0 \text{ ve } B = -\frac{P_0 \cdot \beta}{k} \left[\frac{1}{1 - \beta^2} \right] \quad (3.19)$$

olur ve sonuç olarak Denklem 3.18 için,

$$v_t = \frac{P_0}{k} \left[\frac{1}{1 - \beta^2} \right] \left[\sin(\bar{\omega} \cdot t) - \beta \cdot \sin(\omega t) \right] \quad (3.20)$$

Yazılabilir (09).

Burada yükün (P_0) rijitliğe (k) oranı olan $\frac{P_0}{k}$ terimi statik yerdeğiştirmeyi (v_{st}) ve

$\left[\frac{1}{1 - \beta^2} \right]$ de etkiyen harmonik yükün etkisinin büyütülmesi için gereken büyütme faktörünü

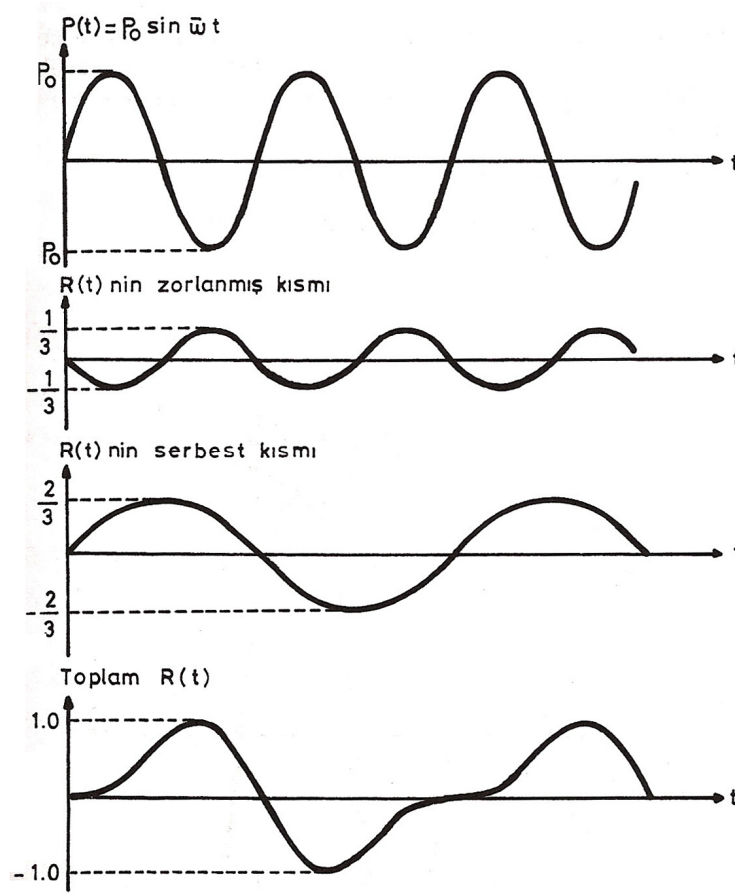
ifade eder. Denklemlerdeki $\sin(\bar{\omega} \cdot t)$ uygulanan yükün frekansından doğan etki, $\sin(\omega t)$ ise

sistemin doğal frekansından doğan etkidir (09). Dinamik yerdeğiştirmenin ($v_{(t)}$) statik yerdeğiştirmeye (v_{st}) oranı Dinamik Büyütme Çarpanıdır ($R_{(t)}$).

$$R_t = \frac{v_t}{v_{st}} = \frac{\sin(\bar{\omega}t) - \beta \sin(\omega t)}{1 - \beta^2} \quad (3.21)$$

Çözümün incelenmesinden, davranışın sistemin ω doğal frekansına sahip bir serbest titreşim kısmından ve $\bar{\omega}$ zorlanma frekansına sahip bir zorlayıcı kısımdan oluştuğu görülür (05).

Dinamik büyütme çarpanının tipik bir değişimi Şekil 3.6. da gösterilmiştir $\left(\beta = \frac{\bar{\omega}}{\omega} = 2 \right)$.



Şekil 3.6. Dinamik Büyütme Çarpanının Değişimi

3.2.4. Sönümlü, Tek Serbestlik Dereceli Sistemin Harmonik Yük Altındaki Davranışı

Hareketin genel denklemi;

$$m.\ddot{v}_{(t)} + c.\dot{v}_{(t)} + k.v_{(t)} = P_0 \sin \bar{\omega}t \quad (3.22)$$

ve

$$\frac{c}{m} = 2.\xi.\omega \quad (3.23)$$

Olduğuna göre denklem 3.40'ın terimleri m'ye bölünürse,

$$\ddot{v}_{(t)} + 2.\xi.\omega.\dot{v}_{(t)} + \omega^2.v_{(t)} = \frac{P_0}{m} \sin \bar{\omega}t \quad (3.24)$$

Olur. Genel çözüm, homojen çözüm ve özel çözüm olarak iki kısımda incelenmelidir

$$(v_{(t)} = v_{c(t)} + v_{p(t)}).$$

Homojen Çözüm

$$\omega = \sqrt{\frac{k}{m}}, \quad \omega_D = \omega.\sqrt{1-\xi^2} \quad \text{ve} \quad \xi = \frac{c}{2.m.\omega} \quad \text{olduğuna göre homojen çözüm için,}$$

$$v_{c(t)} = e^{-\xi.\omega.t} (A.\sin \omega_D t + B.\cos \omega_D t) \quad (3.25)$$

Yazılabilir (09).

Özel Çözüm

$$v_{p(t)} = G_1.\sin \bar{\omega}t + G_2.\cos \bar{\omega}t \quad (3.26)$$

ve $\beta = \frac{\bar{\omega}}{\omega}$ olmak üzere,

$$G_1 = \frac{P_0}{k} \left[\frac{-2.\xi.\beta}{(1-\beta^2)^2 + (2.\xi.\beta)^2} \right] \quad (3.27)$$

$$G_2 = \frac{P_0}{k} \left[\frac{1-\beta^2}{(1-\beta^2)^2 + (2.\xi.\beta)^2} \right]$$

Olarak bulunur (09). Buradan özel çözüm için,

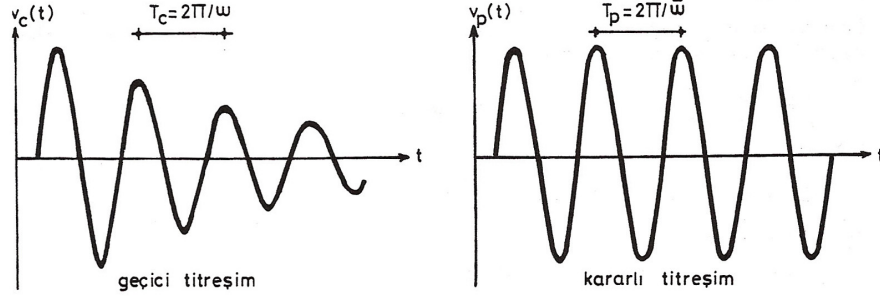
$$v_p = \frac{P_0}{k} \left[\frac{1}{(1-\beta^2)^2 + (2.\xi.\beta)^2} \right] \left[(1-\beta^2).\sin \bar{\omega}t - 2.\xi.\beta.\cos \bar{\omega}t \right] \quad (3.28)$$

Denklemini yazılabilir. Sonuçta genel çözüm için;

$$v_t = e^{-\xi.\omega.t} (A.\sin \omega_D t + B.\cos \omega_D t) + \frac{P_0}{k} \left[\frac{1}{(1-\beta^2)^2 + (2.\xi.\beta)^2} \right] \left[(1-\beta^2).\sin \bar{\omega}t - 2.\xi.\beta.\cos \bar{\omega}t \right] \quad (3.29)$$

Denklemini elde edilir.

Homojen çözüm için bulunan $v_{c(t)}$ fonksiyonu üstel bir fonksiyondur ve zamanla sönür. Bu nedenle *Geçici Titreşim* olarak adlandırılır. Özel çözümde elde edilen $v_{p(t)}$ fonksiyonu ise sönen bir fonksiyon değildir. Bu sebeple *Kararlı Titreşim* olarak adlandırılır (Şekil 3.7).



Şekil 3.7. Geçici ve Kararlı Titreşim Hareketi

$C = \sqrt{A^2 + B^2}$, $\phi = \arctan(A/B)$ ve $\theta = \arctan \frac{2.\xi.\beta}{1-\beta^2}$ olmak üzere,

$$v_{ct} = C.e^{-\xi.\omega.t}.Sin(\omega_D t + \phi) \quad (3.30)$$

$$v_{pt} = \frac{P_0}{k} \left[\frac{1}{(1-\beta^2)^2 + (2.\xi.\beta)^2} \right].Sin(\bar{\omega}t - \theta) \quad (3.31)$$

Yazılabilir (05). Burada θ , yerdeğiştirmenin kararlı titreşimden oluşan kısmının dış kuvveti izlemekteki faz farkını göstermektedir. Kararlı titreşim esas alınarak dinamik büyütme çarpanı,

$$R_{(t)} = \frac{v_{p(t)}}{v_{c(t)}} = \left[(1-\beta^2)^2 + (2.\xi.\beta)^2 \right]^{-1/2}.Sin(\bar{\omega}t - \theta) \quad (3.32)$$

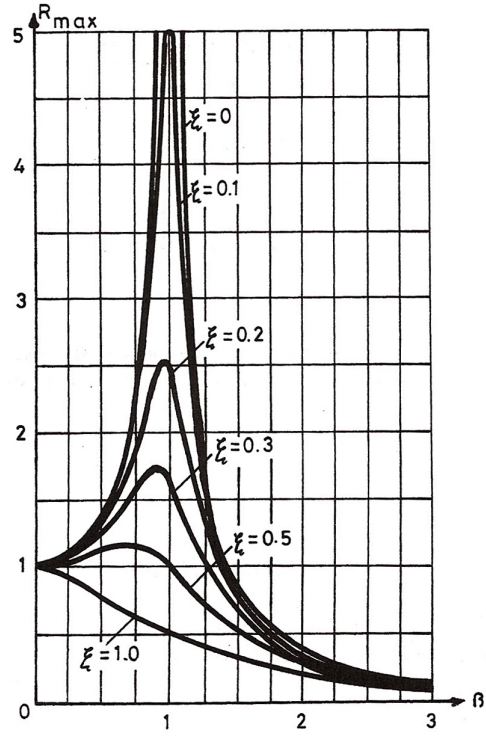
Yazılabilir.

Burada $Sin(\bar{\omega}t - \theta) = 0$ alınarak dinamik büyütme çarpanının maksimum değeri bulunabilir

$\left(R_{(max)} = \left[(1-\beta^2)^2 + (2.\xi.\beta)^2 \right]^{-1/2} \right)$. Şekil 3.8'de $R_{max(\beta)}$ nın değişimi çeşitli sönüm değerleri için

gösterilmiştir. Görüldüğü gibi, küçük sönüm değerleri için bile rezonans durumunda sonsuz büyük yerdeğiştirmeler ortaya çıkacaktır. Tam rezonans durumunda ise dinamik büyütme

çarpanı $R_{max} = 1/2 \xi (\beta = 1)$ olarak elde edilir (05). Şeklin incelenmesinden $R_{max(\beta=1)}$ değerinin matematiksel olarak bulunacak en büyük değere yakın olduğu halde, tamamen üst üste düşmedikleri anlaşılır (05).



Şekil 3.8. Maksimum Dinamik Büyütme Çarpanı ($R_{\max}$) Değişimi

BÖLÜM 4

DENİZ YAPILARINA ETKİ EDEN HİDRODİNAMİK KUVVETLER

Kıyı yapılarını taşıyan kazıklar üzerinde oluşan kuvvetler, üç kategoriye ayrılabilir (14). Bunlardan birincisi kazığa etkiyen düzenli akıntıdan meydana gelen kuvvettir. Bu kuvvet periyodik yüklemeye örnektir. İkinci kuvvet, gemi geçişlerinden dolayı oluşan dalgaların yapıya çarpmasıyla meydana gelen kuvvettir. Bu kuvvet ani yüklemeye örnektir. Üçüncüsü ise dalga hareketinden meydana gelen kuvvettir. Bu kuvvet düzenli olmayan yüklemeye örnektir.

4.1. Dalga Kuvvetleri

Kıyı yapıları genel itibari ile üç tür dalga hareketine maruzdur. Bunlar henüz kırılmamış dalga durumu, kırılmakta olan dalga durumu ve kırılmış dalga durumudur. Genel itibari ile kırılmış dalga durumu için deniz yapılarına gelen dalga yükleri ihmal edilebilir (27). Bunun için dalga kuvveti denilince genelde kırılmamış dalga ve kırılmakta olan dalga durumu anlaşılmalıdır. Hesaplamalarda bu dalga durumları göz önüne alınır.

Kıyı yapılarına etki eden dalga kuvvetlerinin öğrenilebilmesi için iki önemli özellik vardır;

- a. Dalga hareketinin etkidiği yapı tipi
- b. Yapıya etki eden dalga tipi

Çeşitli kıyı yapıları genel olarak üç tipte gruplandırılabilir.

- a. Kazıklar üzerine oturan yapılar, örneğin pierler ve okyanus platformları,
- b. Deniz duvarı şeklinde davranan yapılar, örneğin eğik kapaklar, tecrit duvarları ve bazı dalgakıranlar,
- c. Yığma taş şeklindeki yapılar, örneğin birçok kemer yapısı, tecrit duvarı, teknelerin yanaşması için sahilden denize doğru yapılmış olan setler ve dalgakıranlar.

Kazıklar üzerine oturan kıyı ve açık deniz yapılarında, kazık ile dalga arasındaki etkileşimden doğan kuvvetlerin pratik olarak hesaplanabilmesi önemlidir. Temel problem, dalga akışının kazığa yapacağı etkinin önceden ve doğru olarak belirlenebilmesidir. Çünkü dalga hareketi çok karmaşıktır. Bu karmaşık problemin çözümü, birçok deneysel çalışmanın sonucunda teorik olarak bulunmuştur.

Şekil 4.1'de, mesnetli silindirik kazığa etkiyen dalganın etkisinin belirlenmesinde kullanılacak örnek çizim gösterilmiştir. Kırılmamış, monokromatik dalganın dalga yüksekliği H , deniz suyu derinliği d , dalga periyodu T ve dalga boyu L 'dir. Su taneciklerinin hızları, ivmeleri, dalga akışından dolayı meydana gelen kuvvetlerin büyüklüğünü doğrudan etkiler. Düşey kazıklar için, yatay akış hızı u ve ivmesi $\frac{du}{dt}$ ile dalganın etkime yüzeyinin boyutları önemlidir.

Kazık çapı D ve kazığın elastisite modülü ϵ kazık için önemli değişkenlerdir. Akışkanın önemli özellikleri için de akışkanın yoğunluğu ρ $\left(\frac{\gamma}{g}\right)$ ve kinematik viskozitesi ν sayılabilir. Önemli bazı ölçsüz terimler aşağıdaki şekilde ifade edilebilir.

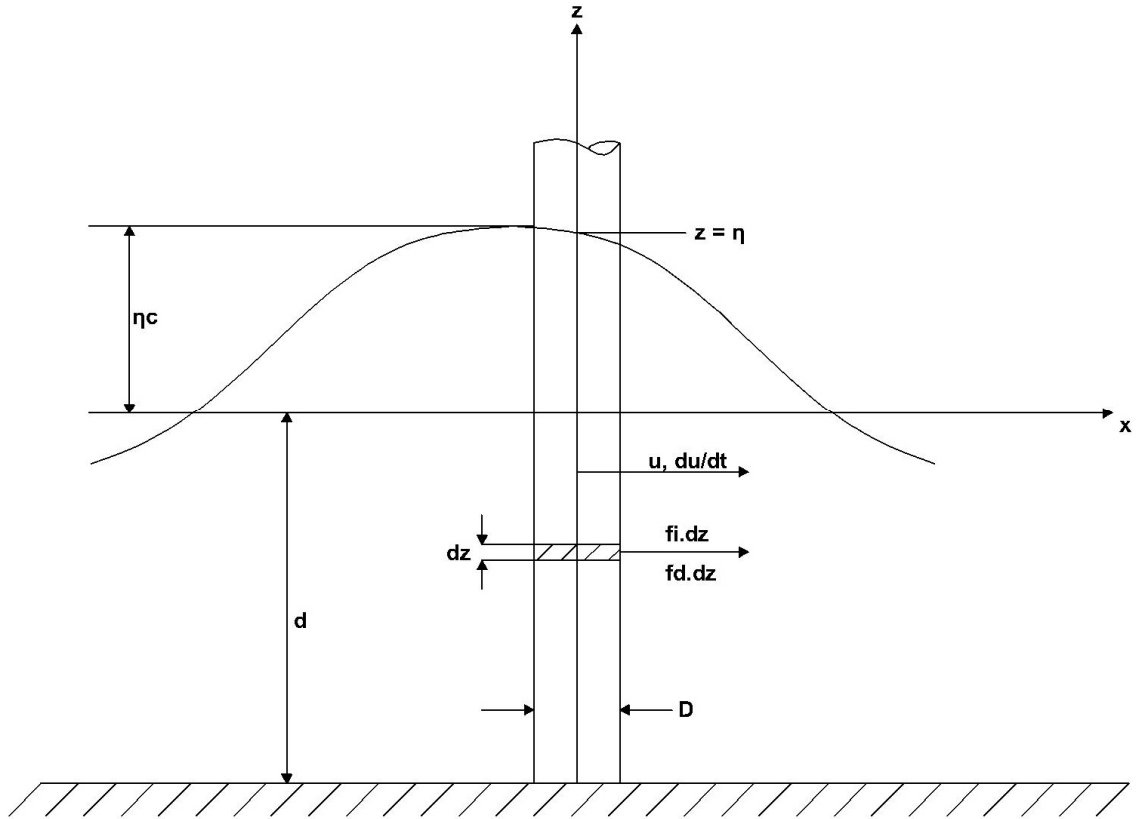
$$\frac{H}{g.T^2} \quad \text{Birimsiz Dalga Yüksekliği} \quad (4.1)$$

$$\frac{d}{g.T^2} \quad \text{Birimsiz Su Derinliği} \quad (4.2)$$

$$\frac{D}{L} \quad \text{Kazık Çapının Dalga Boyuna Oranı} \quad (4.3)$$

$$\frac{\epsilon}{D} \quad \text{Relatif Kazık Ötelemesi} \quad (4.4)$$

$$\frac{u.D}{\nu} \quad \text{Reynold Sayısı} \quad (4.5)$$



Şekil 4.1. Düşey Silindirik Kazığa Etkiyen Dalga Kuvvetleri

Dalga akışının kazığa etkisiyle kazıkta oluşan toplam dalga kuvveti etkisi bu değişkenlerin bir fonksiyonu olarak ifade edilebilir. Meydana gelen kuvvetler kazık boyunca farklılık gösterir.

Dalga yükleri doğada dinamiklerdir. Fakat bulundukları su derinliğine göre genelde eşdeğer statik yüklere çevrilebilirler. Dalga yüklerinin yapısı ve hesaplama yaklaşımları, dalga boyları ile orantılı olarak, yapı ve eleman boyutlarına bağlıdır. Dalga ve rüzgâr doğrultusu da, yanaşma yapısının tipinin belirlenmesinde önemlidir. Genelde bir yanaşma yapısı, hakim dalga cephesine paralel olacak şekilde yapılmalıdır. Eğer dalgaya açık bir bölgede ise ve dalga cephesi kıyıya paralel ise bu tür yapıları aynı şekilde kıyıya paralel yapmak sakıncalıdır. Fakat rıhtım tipi yapıları bundan hariç düşünmek gerekir. Her şey dengede olursa, hakim rüzgâr yönünde gemi yanaşması her zaman tercih edilebilir. Eğer bu gerçekleşmezse rüzgâr gemiyi yanaşma yapısından uzağa doğru savuracaktır.

Dalga kuvvetleri hesaplamalarında genel olarak kabul edilen oran olan, yapı birim genişliğinin (D), dalga boyuna (L) oranı vasıtasıyla şu şekilde sınıflama yapılabilir [*BS6349: Part 1; 1984*].

$D/L \leq 0,2$ için sürüklenme ve atalet kuvvetleri etkilidir ve Morisson eşitliği kullanılacaktır, $1,0 > D/L > 0,2$ için yansıma durumu daha etkilidir. Bu durum giderek artan bir şekilde önemli oluyorsa Difraksiyon Teorisi kullanılır.

$D/L > 1,0$ için zayıf yansıma hali daha etkilidir. Yapı deniz duvarı gibi davranır.

Sığ sulardaki dalga yüksekliği (H) iki faktöre bağlıdır. 1. Deniz tabanı sürtünmesi, 2. Dalganın kırılması.

Dalga boyu L ;

$$L = \frac{g.T^2}{2.\pi} \tanh\left(\frac{2\pi d}{L}\right) \quad (4.6)$$

Bağıntısından, su derinliği d ve dalga periyodu T 'ye bağlı olarak belirlenebilir (14). $d/L > 0,5$

koşulu için (yani derin sularda) $\tanh\left(\frac{2\pi d}{L}\right)$ değeri 1'e yaklaşır ve bu durumda derin su dalga

boyu L_0 ,

$$L_0 = \frac{g.T^2}{2.\pi} \quad (4.7)$$

Bağıntısından belirlenebilir (14). Bu durumda dalga boyu L ,

$$L = L_0 \cdot \tanh kd \quad (4.8)$$

Bağıntısından belirlenir (14).

4.1.1. Sürüklenme Kuvveti

Sürüklenme kuvveti, kararlı akımdaki gerçek viskoz bir akışkanın içindeki bir cisim üzerine etkiyen kuvvettir. Bir akışkanın engel civarında sabit hızla, yatay bir şekilde akımı esnasında, düşük hızlardaki akışkan, yüzey sürüklenme kuvvetleri olarak adlandırılan normal gerilmeler (*pratik olarak sabittirler ve teğet doğrultusundadır*) ve kesme gerilmelerinden oluşur. Daha yüksek hızlarda oluşan düşük basınç alanları türbülans ve çalkantıların görüldüğü engelin arka tarafı boyunca oluşur.

Morisson'a (1950) göre, birim kazık genişliğine etki eden sürüklenme kuvveti,

$$f_D = \frac{1}{2} C_D \cdot \rho \cdot D \cdot u \cdot |u| \quad (4.9)$$

Formülüyle ifade edilir (06). Burada,

C_D : Sürüklenme Katsayısı,

ρ : Suyun birim hacim ağırlığı (deniz suyu için 1025 kg/m^3),

D : Kazık çapı,

u : Su taneciğinin kazık aksındaki yatay hızıdır (m/s – kazık yokmuş gibi hesap edilir).

Düzgün akışkanlar için C_D , kazığın şekline, boyuna, pürüzlülüğüne ve Reynold sayısına bağlıdır.

Reynold sayısı,

$$R_e = \frac{u \cdot D}{\nu} \quad (4.10)$$

Formülüyle bulunur. Burada ν akışkanın kinematik viskozitesidir. 21°C 'deki deniz suyunun kinematik viskozitesi $\nu = 9,3 \cdot 10^{-7} \text{ m}^2 / \text{sn}$ ($10^{-5} \text{ ft}^2 / \text{sn}$) değerine eşittir (23).

C_D 'nin Reynold sayısına ve kazık çapına bağlı olarak değeri Şekil 4.2'den belirlenebilir. Şekilde verilenden daha büyük kazık çapları için, sabit hızlar için verilen C_D eğrisinden belirlenecek değerler kullanılabilir (23). Texas A & M Research Foundation'un 1957 yılında yayınlamış olduğu "Teknik Rapor"da (kaynak no 27) çapı 40 – 76 cm (15 – 30 inch) olan kazıklar için C_D 'nin optimum değeri olarak 1,00 alınabileceğini söylemişlerdir (23).

Morisson'a (1950) göre kazığa etkiyen toplam sürüklenme kuvveti;

$$F_D = \frac{1}{2} C_D \cdot \rho \cdot K_D D H^2 \quad (4.11)$$

$$K_D = \frac{1}{H^2} \int_{-d}^{\eta} u \cdot |u| \cdot dz \quad (4.12)$$

Formülleriyle hesaplanabilir (27). Burada,

η : Sakin su seviyesi (SSS) üstündeki (veya altındaki) dalga kabarması,

d : Sakin su seviyesi altındaki derinlik,

- z : Düşey koordinat,
 K_D : Sürüklenme kuvveti çarpanı (Şekil 4.3'den belirlenir),
u : Akışkanın hızıdır.

K_D ayrıca Şekil 4.3'deki K_{Dmax} değerine ve $\theta = 2\pi\left(\frac{x}{L} - \frac{t}{T}\right)$ değerine bağlı olarak da

aşağıdaki formülden hesaplanabilir (23);

$$K_D = K_{Dmax} \cos \theta \cdot |\cos \theta| \quad (4.13)$$

Maksimum sürüklenme kuvveti, dalganın geliş yönünde oluşur. Sırt noktası kazıktan geçtikten sonra ve zıt yöndeki maksimum değer, yani çukur noktası, kazık üzerinden geçtiği sırada oluşur.

Airy'nin Lineer Dalga Teorisine göre;

Sakin su yüzeyinden olan kabarma;

$$\eta_{(t)} = \frac{H}{2} \cos 2\pi\left(\frac{x}{L} - \frac{t}{T}\right) \quad (4.14)$$

Derin sular için su partikülünün yatay hızı;

$$u = \frac{\pi H}{T} \exp\left(\frac{2\pi z}{L_0}\right) \cdot \cos 2\pi\left(\frac{x}{L} - \frac{t}{T}\right) \quad (4.15)$$

Derin sular için su partikülünün düşey hızı;

$$v = \frac{\pi H}{T} \exp\left(\frac{2\pi z}{L_0}\right) \cdot \sin 2\pi\left(\frac{x}{L} - \frac{t}{T}\right) \quad (4.16)$$

Derin sular için su partikülünün yatay ivmesi;

$$\dot{u} = \frac{2\pi^2 H}{T^2} \exp\left(\frac{4\pi z}{L_0}\right) \cdot \sin 2\pi\left(\frac{x}{L} - \frac{t}{T}\right) \quad (4.17)$$

Bağıntılarından bulunabilir (14). Burada z düşey koordinat, x yatay koordinat, t ise zamandır.

4.1.2. Atalet Kuvveti

İdeal, viskoz olmayan bir akışkanın ivmeli akımı sırasında, bir cisim üzerine etkiyen kuvvettir. Kazık yüzeyine ve teğetsel doğrultuda olan ve sürüklenme kuvvetleri denilen kuvvetlere ilave olarak kazık üzerine bir nevi çarpma şeklinde dağılan suyun kütlesinin ve ivmesinin belirlediği kuvvet olarak da tanımlanabilir.

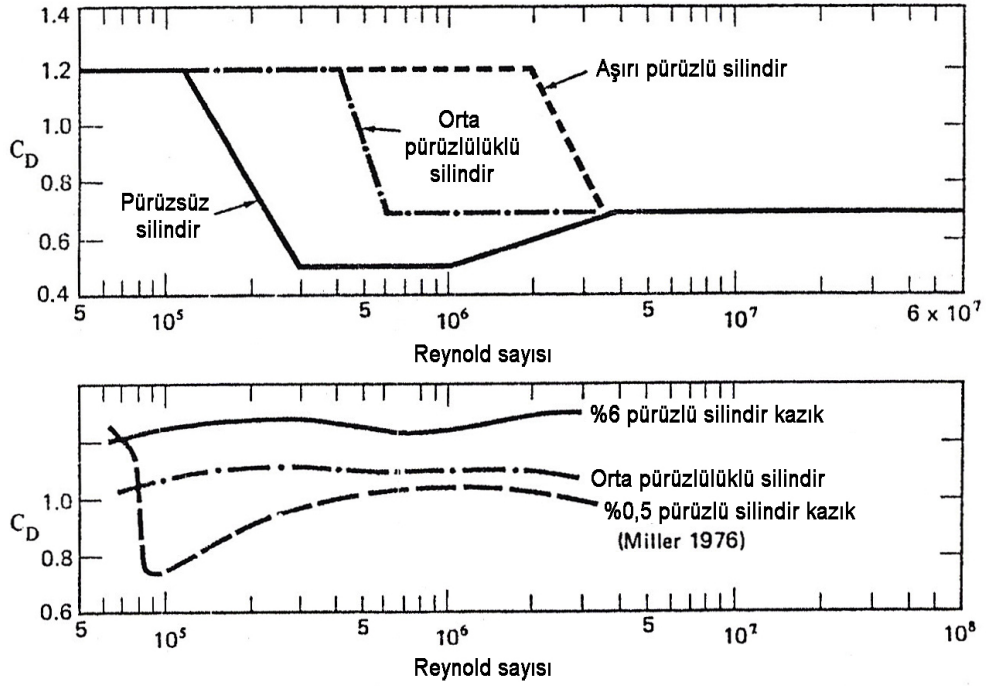
Morisson'a (1950) göre birim kazık genişliğine etki eden atalet kuvveti,

$$f_I = C_M \cdot \rho \frac{\Pi D^2}{4} \frac{du}{dt} \quad (4.18)$$

Formülüyle ifade edilir (06). Burada,

C_M : Kütle katsayısı,

$\frac{du}{dt}$: Yatay akımın ivmesidir.



Şekil 4.2. Reynold Sayısına Göre Sürüklenme Katsayısı (23).

MacCamy ve Fuchs (1954) teorilerinde, kazık çapının dalga boyuna olan oranının küçük değerleri için, $C_m = 2,0$ olarak bulmuşlardır.

Tablo 4.1'de, çeşitli araştırmacıların buldukları C_m değerleri verilmiştir. Hangi dalga teorisinin kullanılacağına belirlenmesi, C_D ve C_m katsayılarının bulunmasında en önemli faktördür.

Tablo 4.1'deki bilgiler baz alınarak, C_m için aşağıdaki sonuçlar elde edilebilir.

$$R_e < 2,5 \cdot 10^5 \quad \Rightarrow \quad C_m = 2,0 \quad (4.19)$$

$$2,5 \cdot 10^5 < R_e < 5,0 \cdot 10^5 \quad \Rightarrow \quad C_m = 2,5 - \frac{R_e}{5,0 \cdot 10^5} \quad (4.20)$$

Tablo 4.1. Deneysel Olarak C_m Katsayısı Değerlerinin Belirlenmesi

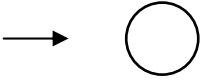
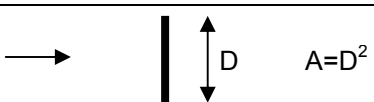
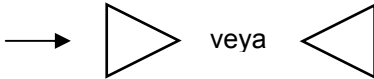
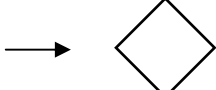
Araştırmacı	Yaklaşık R_e Sayısı	C_m	Kullanılan Deney ve Teori Tipi
Keulegan ve Carpenter (1956)	$< 3,0 \cdot 10^4$	1,50 ila 2,50	<i>Kararsız Akış Laboratuvarı</i> $(A/D > 6)$
Bretschneider (1957)	$1,6 \cdot 10^5$ ile $2,3 \cdot 10^5$	2,26 ila 2,02	<i>Deneysel Tecrübeler</i>
	$3,8 \cdot 10^5$ ile $6,0 \cdot 10^5$	1,74 ila 1,23	<i>Lineer Dalga Teorisi</i>
Wilson (1965)	$5,0 \cdot 10^5$ büyük	1,53	<i>Deneysel Tecrübeler, Spektrumlar</i>
Skjelbreia (1960)	$5,0 \cdot 10^5$ büyük	$1,02 \pm 0,53$	<i>Deneysel Tecrübeler, Stokes'in 3. Mertebe Teorisi</i>
Dean ve Aagaard (1970)	$1,0 \cdot 10^5$ ile $2,0 \cdot 10^6$	1,20 ila 1,70	<i>Deneysel Tecrübeler, Akıntı-Fonksiyon Teorisi</i>
Evans (1970)	$5,0 \cdot 10^5$ büyük	$1,76 \pm 1,05$	<i>Deneysel Tecrübeler, Nümerik Dalga Teorileri veya Stokes'in 3. Mertebe Teorisi</i>
Wheeler (1970)	$5,0 \cdot 10^5$ büyük	1,50	<i>Deneysel Tecrübeler, Değiştirilmiş Spektrum Analizi, $C_m = 1,5$ ve $C_D = 0,6$ kullanılmıştır.</i>

Tablo 4.1'de görülen C_m değerleri için Skjelbreia (1960), Dean ve Aagaard (1970) ve Evans (1970) aynı deneysel verileri kullanmalarına rağmen yinede farklı C_m değerleri elde etmişlerdir.

Texas A & M Research Foundation'un 1957 yılında yayınlamış olduğu "Teknik Rapor"da (kaynak no 27), çapı 40 – 76 cm (15 – 30 inch) olan kazıklar için C_m katsayısının optimum değeri olarak 1,45 alınabileceğini söylemişlerdir (23).

Sounders'e (1957) göre, sık kullanılan bazı kazık kesitlerinde C_m katsayısının değeri için Tablo 4.2'deki değerler kullanılabilir (14).

Tablo 4.2. Bazı Yapısal Formlar İçin C_m Katsayısı

Kesitin Şekli	C_m
	2,0
	2,5
	2,5
	1,6
	2,3
	2,2

Sounders, 1957

Morisson'a (1950) göre kazığa etkiyen toplam atalet kuvveti,

$$F_I = \frac{1}{2} C_m \rho . D^2 . H . K_i \quad (4.21)$$

$$K_i = \frac{\pi}{2.H} \int_{-d}^{\eta} \dot{u} dz \quad (4.22)$$

Formülüyle hesaplanabilir (27). Burada,

z : Düşey koordinat,

d : Sakin su seviyesi altındaki derinlik,

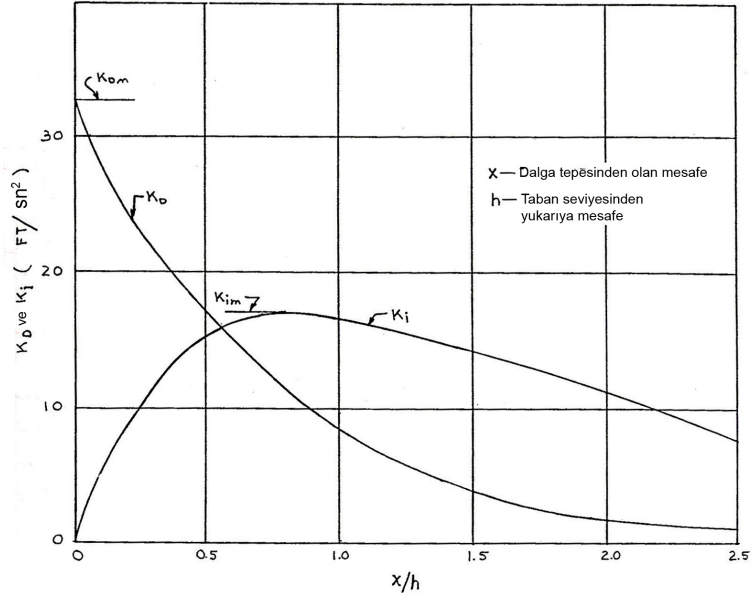
$\dot{u}$: Akışkanın ivmesi,

K_i : Atalet kuvveti çarpanıdır (Şekil 4.3'den belirlenebilir).

K_i ayrıca Şekil 4.3'deki $K_{i\max}$ değerine ve $\theta = 2\pi \left(\frac{x}{L} - \frac{t}{T} \right)$ değerine bağlı olarak da

aşağıdaki formülden hesaplanabilir (23);

$$K_i = K_{i\max} \sin \theta \quad (4.23)$$



Şekil 4.3. x/h nin Fonksiyonu Olarak K_D ve K_i Katsayıları (27).

Bulunan F_D ve F_i kuvvetlerinin, deniz tabanı seviyesinde yaratacakları moment,

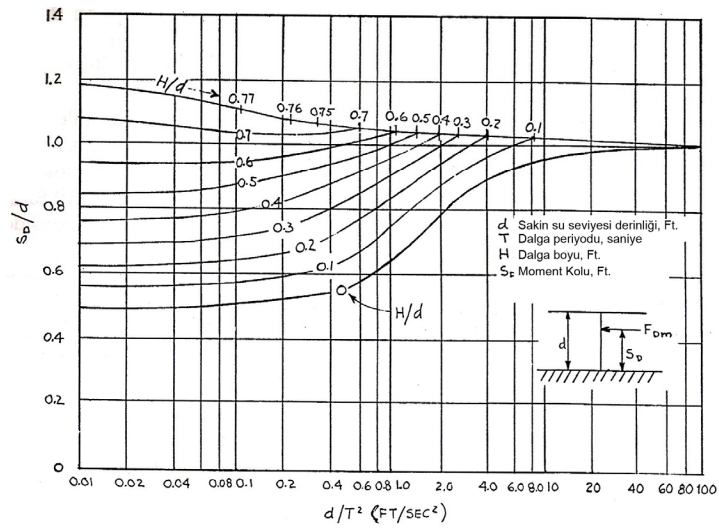
$$M_D = F_D \cdot S_D \quad (4.24)$$

$$M_i = F_i \cdot S_i \quad (4.25)$$

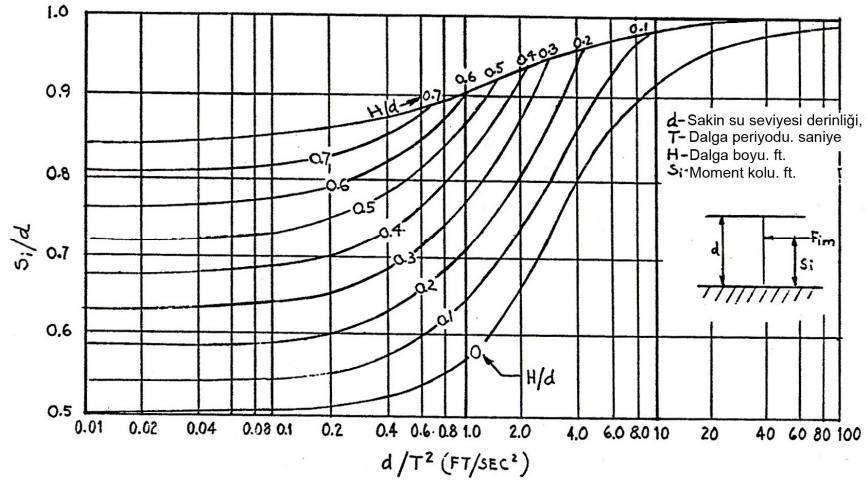
Formülleriyle hesaplanabilir (23). Burada,

S_i ve S_D : Maksimum kuvvetin etkidiği noktanın, deniz tabanına olan mesafesidir. Değeri d/T^2

ve H/d ye bağlı olarak Şekil 4.2 ve Şekil 4.3'den belirlenebilir.



Şekil 4.4. Maksimum Sürüklenme Kuvvetinin Etkidiği Noktanın, Deniz Tabanına Olan Mesafesi (23).



**Şekil 4.5. Maksimum Atalet Kuvvetinin Etkidiği Noktanın,
Deniz Tabanına Olan Mesafesi (23).**

BÖLÜM 5

SAYISAL UYGULAMA

Şekil 5.1’de görülen kazık grubu, kohezyonsuz zeminde (kum) yapılan rıhtım platformunun bir parçasıdır. Zeminin, kazıkların ve yüklerin durumu aşağıdaki gibidir.

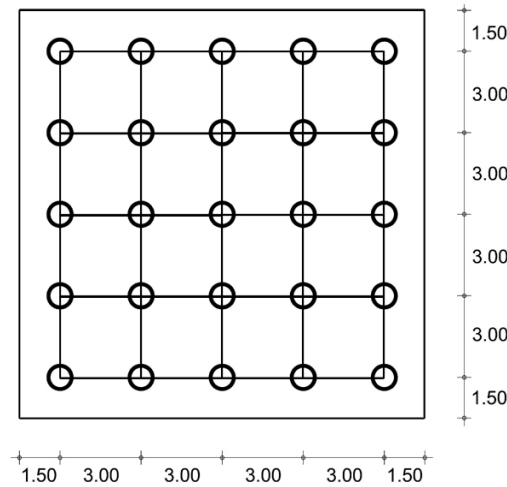
Zemin Özellikleri: Kum için iç sürtünme açısı, $\phi=36^0$ dir. Kumun birim hacim ağırlığı $\gamma_{kum}=1,9 \text{ ton / m}^3$ dür.

Su altındaki kum suya doygunudur ve suyun kaldırma kuvvetine maruzdur (17). Bu durumda su içerisindeki kumun birim hacim ağırlığı $\gamma'_{kum}=0,875 \text{ ton / m}^3$ tür.

Kazık Özellikleri: Bütün kazıklar dairesel kesitli çelik kazıktır ve zemine çakılarak yerleştirilecektir. Grupta toplam 25 adet kazık vardır. Her bir kazığın dış çapı $D=1,0 \text{ m}$, kazıkların et kalınlığı $t=14 \text{ cm}$ dir. Kazıklar deniz tabanından itibaren zemine 20 m gömülecektir. Çeliğin elastisite modülü $E_s=205.10^9 \text{ N/m}^2$ dir.

Düşey Yükleme Durumu: Platform tabliyesinin, kazık üst başlığının, ızgara kirişlerin ve döşeme üzerinde hareket ettiği kabul edilen yük katarının ağırlığı dahil, Şekil 5.1’deki kazık grubunun düşey doğrultuda taşınması gereken hesap yükü 2.000 tondur (29).

Yatay Yükleme Durumu: Kazıklar yatayda dalga kuvvetlerine maruzdur. Tasarım dalga yüksekliği $H=3 \text{ m}$ ve dalga periyodu $T=4 \text{ sn}$ dir. Sakin su seviyesinden (SSS) deniz tabanına olan mesafe (su derinliği) 20 m ve sakin su seviyesi ile kazık başlığının kütle merkezi arasındaki mesafe 6 m ’dir.



Şekil 5.1. Sayısal Uygulamada Kullanılacak Kazık Grubu

Yatay ve düşey yük etkisindeki kazıkların tasarımı eksenel basınç yüküne göre yapılır, bu kazık çapının ve yerleşiminin yatay yükleri ve momentleri taşıyıp taşımadığına bakılır (22).

5.1. Tek Bir Kazığın Güvenle Taşıyabileceği Yükün Bulunması

a. Kullanılabilir Zemin Gerilmeleri ile Statik Analiz

i. Uç taşıma Kapasitesi (Q_p)

$$Q_p = A_p \cdot \sigma'_v \cdot N_q \quad (2.2)$$

$$A_p = \frac{\pi \cdot D^2}{4} = \frac{\pi \cdot 1^2}{4} \Rightarrow A_p = 0,7854 \text{ m}^2$$

Kazığın efektif boyu (L_e) hesaplanırken, kazığın deniz tabanından 6.D mesafede kararlılık seviyesine ulaştığı kabul edilir (14). Kazığın deniz tabanı ile birleştiği noktada akıntıdan dolayı 1,5.D kalınlığındaki tabakanın süpürüleceği göz önüne alınır ve bu tabaka hesaplamalarda ihmal edilir (02).

$$L_e = 20 + 6 + 6 \cdot 1,0 + 1,5 \cdot 1,0 \Rightarrow L_e = 33,5 \text{ m}$$

Kazık ucundaki efektif maksimum basınç (σ'_v) hesaplanırken, gerilmenin kritik derinlik olan 20.D derinliğine kadar lineer olarak arttığı, daha sonra sabit kaldığı kabul edilir (22 - Şekil 5.2). Bu durumda σ'_v aşağıdaki gibi hesaplanır.

$$\begin{aligned} \sigma'_v &= \gamma' \cdot z \\ &= 0,875 \cdot 18,5 \end{aligned}$$

$$\sigma'_v = 16,19 \text{ ton / m}^2$$

$\Phi=36^\circ$ için $N_q=60$ bulunur (Tablo 2.2).

Sonuçta tekil kazığın uç taşıma kapasitesi Q_p ,

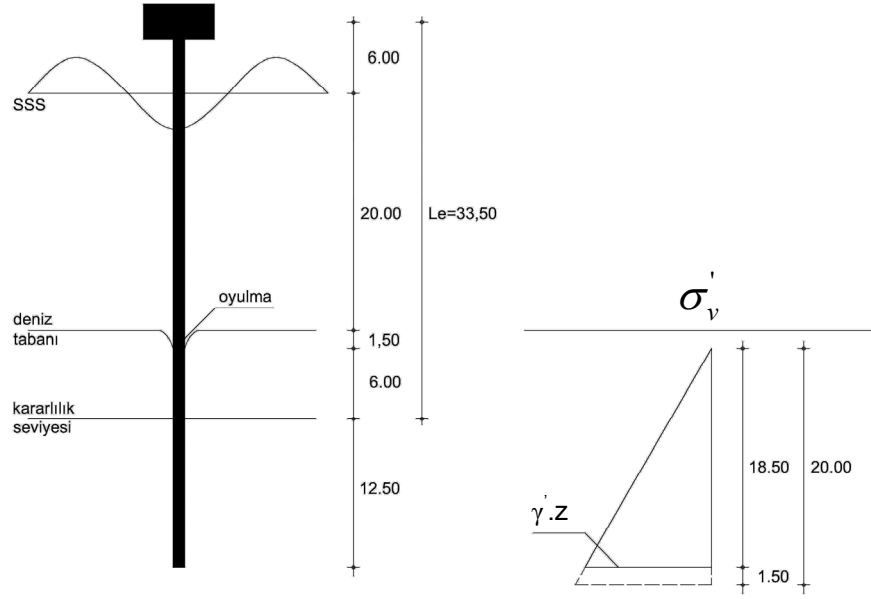
$$\begin{aligned} Q_p &= A_p \cdot \sigma'_v \cdot N_q \\ &= 0,7854 \cdot 16,19 \cdot 60 \end{aligned}$$

$$Q_p = 762,93 \text{ ton}$$

Kazık için hesaplarda kullanılacak kabul edilebilir uç taşıma kapasitesi (Q_p)_{all},

$$(Q_p)_{all} = \frac{Q_p}{Güv.Say} \text{ ise } (Q_p)_{all} = \frac{762,93}{3}$$

$$(Q_p)_{all} = 254,31 \text{ ton olarak bulunur.}$$



Şekil 5.2. Tekil Kazık Görünüşü ve Kazık Ucu Efektif Maksimum Basınç

ii. Sürtünme Kapasitesi (Q_f)

$$Q_f = p \cdot K_s \cdot \tan \delta \cdot \sum_{L=0}^{L=L} \sigma'_{vl} \cdot \Delta L \quad (2.3)$$

Kazık çevresi $p = 2\pi \left(\frac{D}{2} \right)$ ise $p=3,14$ m dir.

$K_s=1,0$ (Tablo 2.3)

$$\delta = \frac{2}{3} \phi (22) . \delta = \frac{2}{3} 36 \Rightarrow \delta = 24^\circ$$

$\sum_{L=0}^{L=L} \sigma'_{vl} \cdot \Delta L$ efektif basınç dağılımının (σ'_v) alanıdır. Buna göre $\sum_{L=0}^{L=L} \sigma'_{vl} \cdot \Delta L = 8,09$ t / m dir.

$$Q_f = 3,14 \cdot 1,0 \cdot \tan 24^\circ \cdot 8,09$$

$$Q_f = 11,31 \text{ ton.}$$

$$(Q_f)_{all} = \frac{11,31}{3} \Rightarrow (Q_f)_{all} = 3,77 \text{ ton bulunur.}$$

Sonuçta tek bir kazığın güvenle taşıyabileceği toplam düşey yük (Q_v)_{all},

$$(Q_v)_{all} = (Q_p)_{all} + (Q_f)_{all}$$

$$= 254,31 + 3,77$$

$$(Q_v)_{all} = 258,08 \text{ ton bulunur.}$$

Tasarımdaki kazık grubunun taşıması gereken toplam yük, 2.000 ton idi. Her bir kazığın ağırlığı,

$$\frac{\pi \cdot (D_{du} - D_{iç})^2}{4} \gamma_{çelik} \cdot L \Rightarrow \frac{\pi \cdot [1,0 - (1,0 - 2,0,14)]^2}{4} 7,85.46 = 22,2 \text{ tondur.}$$

Hesaplamalarda $22,2 \cdot 1,4 = 31$ ton olarak alınacaktır.

Grupta toplam 25 kazık olduğuna göre kazık başına düşen yük,

$$\frac{2.000}{25} + 31 = 111 \text{ tondur.}$$

Tek bir kazığın güvenle taşıyabileceği yük 258,05 ton > 111 ton olduğundan dolayı kazık çapı ve kazık sayısı yük taşıma miktarına göre yeterlidir.

5.2. Tekil Kazığın Oturmasının Hesaplanması

a. Yarı Ampirik Metot

$$S_t = S_s + S_p + S_{ps} \quad (2.13)$$

$$S_s = \frac{(Q_{pa} + \alpha_s \cdot Q_{fa})L}{A_{çelik} \cdot E_p} \quad (2.14)$$

$$(Q_p)_{all} = 254,31 \text{ ton,}$$

$$(Q_f)_{all} = 3,77 \text{ ton,}$$

$$(Q_v)_{all} = 258,08 \text{ ton.}$$

Kazık 258,08 ton taşıdığında $(Q_p)_{all} = 254,31$ ton oluyorsa,

Kazık 111 ton taşıdığında (etkiyen yük) $(Q_p)_{actual} = Q_{pa}$ ne olur

Diye bir orantı kurulursa,

$$Q_{pa} = 109,38 \text{ ton}$$

$$Q_{fa} = 1,62 \text{ ton bulunur.}$$

$$\alpha_s = 0,5 \text{ (22).}$$

$L = 18,5 \text{ m}$ (kazığın zemine gömülü uzunluğu)

$$E_p = 21.10^6 \text{ ton / m}^2$$

$$S_s = \frac{[109,38 + 0,5 \cdot 1,62] \cdot 18,5}{61,57 \cdot 10^{-3} \cdot 21.10^6} \Rightarrow S_s = 1,576 \cdot 10^{-3} \text{ m olarak hesaplanır.}$$

$$S_p = \frac{C_p \cdot Q_{pa}}{D \cdot q_p} \quad (2.15)$$

$$C_p = 0,03 \text{ (Tablo 2.5)}$$

$$q_p = \frac{Q_p}{A_p} = \frac{762,93}{0,7854} \Rightarrow q_p = 971,39 \text{ ton / m}^2$$

$$S_p = \frac{0,03 \cdot 109,38}{1,0 \cdot 971,39} \Rightarrow S_p = 3,38 \cdot 10^{-3} \text{ m olarak hesaplanır.}$$

$$S_{ps} = \frac{C_s \cdot Q_{fa}}{L \cdot q_p} \quad (2.16)$$

$$C_s = \left(0,93 + 0,16 \cdot \sqrt{\frac{L}{D}} \right) C_p \quad (2.17)$$

$$C_s = \left(0,93 + 0,16 \cdot \sqrt{\frac{18,5}{1,0}} \right) \cdot 0,03$$

$$C_s = 0,0485$$

$$S_{ps} = \frac{0,0485 \cdot 1,62}{18,5 \cdot 971,39} \Rightarrow S_{ps} = 4,06 \cdot 10^{-6} \text{ m}$$

$$\begin{aligned} S_t &= S_s + S_p + S_{ps} \\ &= 1,576 \cdot 10^{-3} + 3,38 \cdot 10^{-3} + 4,06 \cdot 10^{-6} \\ S_t &= 4,96 \cdot 10^{-3} \text{ m} = 4,96 \text{ mm.} \end{aligned}$$

5.3. Kazık Grubunun Oturmasının Hesaplanması

$$S_G = S_t \cdot \sqrt{\left(\frac{\bar{b}}{D} \right)} \quad (2.19)$$

$\bar{b}$ en dıştaki kazıklar arasındaki dıştan dışa olan mesafedir.

$$\bar{b} = 13 \text{ m}$$

$S_t = 4,96 \text{ mm}$ olduğuna göre,

$$S_G = 4,96 \cdot \sqrt{\frac{13}{1}} \Rightarrow S_G = 17,88 \text{ mm bulunur.}$$

Çökme miktarı kabul edilebilir miktardadır. Kazık çapı ve kazıkların yerleşimi, düşey yükü taşımaya oturma bakımından da elverişlidir.

5.4. Herbir Kazığa Etkiyen Dalga Kuvvetlerinin Hesaplanması

Yüksekliği $H=3$ m ve periyodu $T=4$ saniye olan tasarım dalgasının, tekil kazığa olan etkisinin hesaplanmasında aşağıdaki yöntemler izlenir.

Öncelikle derin su dalga boyu hesaplanır,

$$L_0 = \frac{g.T^2}{2.\pi} \quad (4.7)$$

Olduğuna göre $L_0 = 24,98$ m bulunur.

$$\frac{d}{L_0} = \frac{20}{24,98} = 0,8 > 0,5 \text{ olduğundan yapının derin suda olduğu kabul edilir (14).}$$

Dalga boyu $L = L_0 = 24,98$ m.

Birim kazık boyuna etkiyen sürüklenme kuvveti f_d ve atalet kuvveti f_i olmak üzere, kazığa etkiyen toplam dalga kuvveti f_t ,

$f_t = f_i + f_d$ bağıntısıyla hesaplanabilir. Bu birim f kuvvetinin kazık boyunca olan dağılımının integralinden kazığa etkiyen toplam dalga kuvveti hesaplanabilir ($F = F_i + F_D$).

$$f_d = \frac{1}{2} C_D \cdot \rho \cdot D u \cdot |u| \quad (4.9)$$

$$f_i = C_m \cdot \rho \cdot \frac{\pi \cdot D^2}{4} \ddot{u} \quad (4.18)$$

Bağıntılarından f_i ve f_d hesaplanabilir. C_D ve C_m katsayıları boyutsuz sürüklenme ve atalet katsayılarıdır. $C_m = 2,0$ değerine eşittir (Tablo 4.2). C_D nin belirlenebilmesi için Reynold Sayısına ihtiyaç vardır.

$$R_{e(\max)} = \frac{u_{\max} \cdot D}{\nu} \quad (4.10)$$

$$u_{\max} = \frac{\pi \cdot H}{T} \exp\left(\frac{2 \cdot \pi \cdot z}{L}\right)$$

$z=0$ için R_e değeri maksimum olacağı için (14),

$$R_{e(\max)} = \frac{\pi \cdot H}{T} \exp(0) \cdot \frac{D}{\nu}$$

$$R_{e(\max)} = \frac{\pi \cdot 3}{4} \exp(0) \cdot \frac{1}{9,3 \cdot 10^{-7}} \Rightarrow R_{e(\max)} = 2,5 \cdot 10^6 \text{ olarak hesaplanır.}$$

$R_{e(\max)}=2,5 \cdot 10^6$ için Şekil 4.4'den $C_D = 1,2$ olarak bulunur.

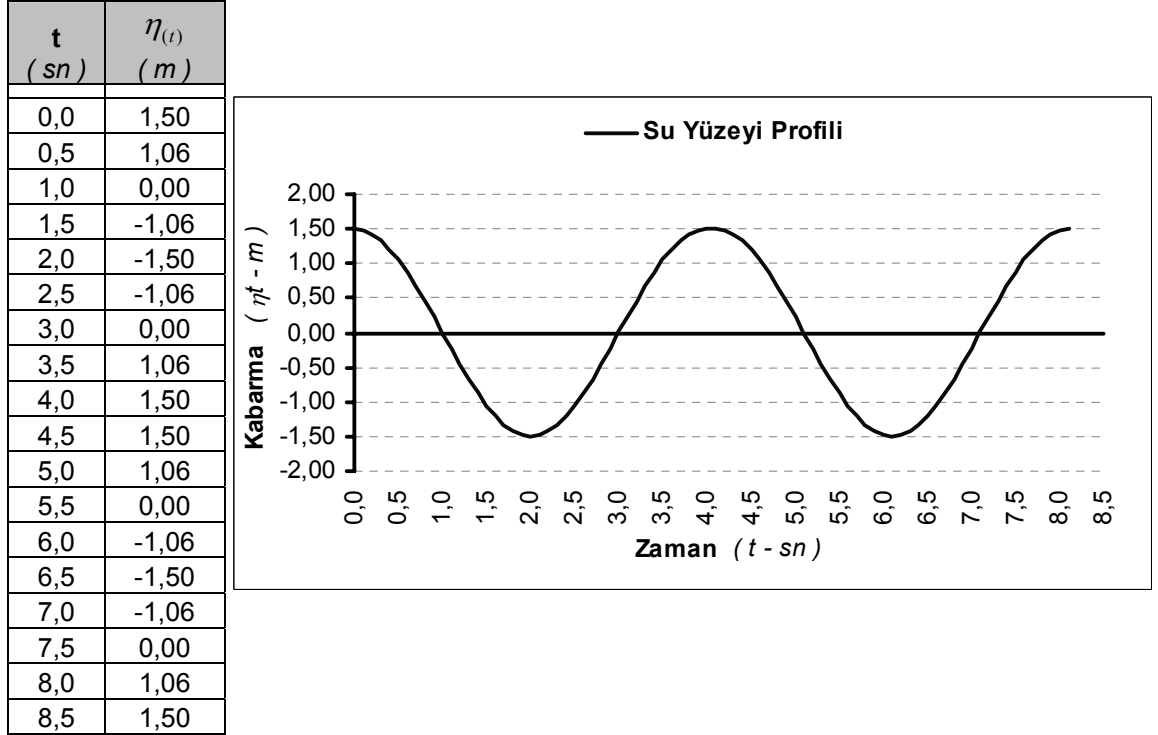
Sakin Su Seviyesinden (SSS) olan kabarma olan η_t ,

$$\eta_{(t)} = \frac{H}{2} \cos 2\pi \left(\frac{x}{L} - \frac{t}{T} \right) \quad (4.14)$$

Formülüyle belirlenebilir. Kazıkların tamamı düşey kazık olduğu için $x=0$ 'dır. Su yüzeyinin şekli

$$\eta_{(t)} = \frac{H}{2} \cos 2\pi \left(-\frac{t}{T} \right) \text{ bağıntısıyla belirlenebilir. Bu formüle göre belirlenen su yüzeyi profili}$$

Şekil 5.3'de gösterilmiştir.



Şekil 5.3. Su Yüzeyi Profili

Derin sular için su partikülünün yatay hızı;

$$u = \frac{\pi.H}{T} \exp\left(\frac{2\pi.z}{L_0}\right) \cos 2\pi \left(\frac{x}{L} - \frac{t}{T} \right) \quad (4.15)$$

Derin sular için su partikülünün yatay ivmesi;

$$\dot{u} = \frac{2.\pi^2.H}{T^2} \exp\left(\frac{4\pi.z}{L_0}\right) \sin 2\pi \left(\frac{x}{L} - \frac{t}{T} \right) \quad (4.17)$$

Olduğuna göre,

$$\theta = 2\pi \left(-\frac{t}{T} \right) \text{ olmak üzere } t=0,0 \text{ sn, } t=0,5 \text{ sn, } t=1,0 \text{ sn, } t=1,5 \text{ sn, } t=2,0 \text{ sn, } t=2,5 \text{ sn, } t=3,0 \text{ sn,}$$

$t=3,5 \text{ sn}$ ve $t=4,0 \text{ sn}$ için birim kazık boyuna gelen f_i , f_d ve bunların toplamı olan f_t nin hesaplanması Tablo 5.1'de yapılmıştır.

Tablo 5.1. Kazık Birim Boyuna Gelen Hidrodinamik Kuvvetlerin Hesaplanması

t=0,0 saniye için,

Cosθ = 1,0

Sinθ = 0,0

z (m)	$\exp\left(\frac{2\pi \cdot z}{L_0}\right)$	$\exp\left(\frac{4\pi \cdot z}{L_0}\right)$	Hız (u)	$ u $	f_d (N)	İvme $\left(\frac{u}{s}\right)$	f_i (N)	f_t (ton)
1,50	1,4583	2,1267	3,436	3,436	7261,2	0,000	0	0,73
1,06	1,3055	1,7044	3,076	3,076	5819,4	0,000	0	0,58
0,53	1,1426	1,3055	2,692	2,692	4457,5	0,000	0	0,45
0,00	1,0000	1,0000	2,356	2,356	3414,3	0,000	0	0,34
-0,53	0,8752	0,7660	2,062	2,062	2615,2	0,000	0	0,26
-1,06	0,7660	0,5867	1,805	1,805	2003,2	0,000	0	0,20
-1,50	0,6857	0,4702	1,616	1,616	1605,4	0,000	0	0,16
-2,00	0,6047	0,3656	1,425	1,425	1248,4	0,000	0	0,12
-3,00	0,4702	0,2211	1,108	1,108	754,9	0,000	0	0,08
-4,00	0,3656	0,1337	0,862	0,862	456,5	0,000	0	0,05
-5,00	0,2843	0,0808	0,670	0,670	276,0	0,000	0	0,03
-6,00	0,2211	0,0489	0,521	0,521	166,9	0,000	0	0,02
-7,00	0,1719	0,0296	0,405	0,405	100,9	0,000	0	0,01
-8,00	0,1337	0,0179	0,315	0,315	61,0	0,000	0	0,01
-9,00	0,1040	0,0108	0,245	0,245	36,9	0,000	0	0,00
-10,00	0,0808	0,0065	0,190	0,190	22,3	0,000	0	0,00
-11,00	0,0629	0,0040	0,148	0,148	13,5	0,000	0	0,00
-12,00	0,0489	0,0024	0,115	0,115	8,2	0,000	0	0,00
-13,00	0,0380	0,0014	0,090	0,090	4,9	0,000	0	0,00
-14,00	0,0296	0,0009	0,070	0,070	3,0	0,000	0	0,00
-15,00	0,0230	0,0005	0,054	0,054	1,8	0,000	0	0,00
-16,00	0,0179	0,0003	0,042	0,042	1,1	0,000	0	0,00
-17,00	0,0139	0,0002	0,033	0,033	0,7	0,000	0	0,00
-18,00	0,0108	0,0001	0,025	0,025	0,4	0,000	0	0,00
-19,00	0,0084	0,0001	0,020	0,020	0,2	0,000	0	0,00
-20,00	0,0065	0,0000	0,015	0,015	0,1	0,000	0	0,00

t=0,5 saniye için,

Cosθ = 0,70711

Sinθ = -0,70711

z (m)	$\exp\left(\frac{2\pi \cdot z}{L_0}\right)$	$\exp\left(\frac{4\pi \cdot z}{L_0}\right)$	Hız (u)	$ u $	f_d (N)	İvme $\left(\frac{u}{s}\right)$	f_i (N)	f_t (ton)
1,06	1,3055	1,7044	2,175	2,175	2909,7	-4,461	-7182,0	-0,43
0,53	1,1426	1,3055	1,904	1,904	2228,7	-3,417	-5501,1	-0,33
0,00	1,0000	1,0000	1,666	1,666	1707,1	-2,617	-4213,7	-0,25
-0,53	0,8752	0,7660	1,458	1,458	1307,6	-2,005	-3227,5	-0,19
-1,06	0,7660	0,5867	1,276	1,276	1001,6	-1,535	-2472,2	-0,15
-1,50	0,6857	0,4702	1,142	1,142	802,7	-1,231	-1981,3	-0,12
-2,00	0,6047	0,3656	1,007	1,007	624,2	-0,957	-1540,7	-0,09
-3,00	0,4702	0,2211	0,783	0,783	377,4	-0,579	-931,6	-0,06
-4,00	0,3656	0,1337	0,609	0,609	228,2	-0,350	-563,3	-0,03

-5,00	0,2843	0,0808	0,474	0,474	138,0	-0,212	-340,6	-0,02
-6,00	0,2211	0,0489	0,368	0,368	83,4	-0,128	-206,0	-0,01
-7,00	0,1719	0,0296	0,286	0,286	50,5	-0,077	-124,5	-0,01
-8,00	0,1337	0,0179	0,223	0,223	30,5	-0,047	-75,3	0,00
-9,00	0,1040	0,0108	0,173	0,173	18,4	-0,028	-45,5	0,00
-10,00	0,0808	0,0065	0,135	0,135	11,2	-0,017	-27,5	0,00
-11,00	0,0629	0,0040	0,105	0,105	6,7	-0,010	-16,7	0,00
-12,00	0,0489	0,0024	0,081	0,081	4,1	-0,006	-10,1	0,00
-13,00	0,0380	0,0014	0,063	0,063	2,5	-0,004	-6,1	0,00
-14,00	0,0296	0,0009	0,049	0,049	1,5	-0,002	-3,7	0,00
-15,00	0,0230	0,0005	0,038	0,038	0,9	-0,001	-2,2	0,00
-16,00	0,0179	0,0003	0,030	0,030	0,5	-0,001	-1,3	0,00
-17,00	0,0139	0,0002	0,023	0,023	0,3	-0,001	-0,8	0,00
-18,00	0,0108	0,0001	0,018	0,018	0,2	0,000	-0,5	0,00
-19,00	0,0084	0,0001	0,014	0,014	0,1	0,000	-0,3	0,00
-20,00	0,0065	0,0000	0,011	0,011	0,1	0,000	-0,2	0,00

t=1,0 saniye için,

Cosθ = 0,0

Sinθ = -1,0

z (m)	$\exp\left(\frac{2.\pi.z}{L_0}\right)$	$\exp\left(\frac{4.\pi.z}{L_0}\right)$	Hız (u)	$ u $	f_d (N)	İvme (u)	f_i (N)	f_t (ton)
0,00	1,0000	1,0000	0,000	0,000	0,000	-3,701	-5959,0	-0,60
-0,53	0,8752	0,7660	0,000	0,000	0,000	-2,835	-4564,4	-0,46
-1,06	0,7660	0,5867	0,000	0,000	0,000	-2,171	-3496,2	-0,35
-1,50	0,6857	0,4702	0,000	0,000	0,000	-1,740	-2802,0	-0,28
-2,00	0,6047	0,3656	0,000	0,000	0,000	-1,353	-2178,8	-0,22
-3,00	0,4702	0,2211	0,000	0,000	0,000	-0,818	-1317,5	-0,13
-4,00	0,3656	0,1337	0,000	0,000	0,000	-0,495	-796,7	-0,08
-5,00	0,2843	0,0808	0,000	0,000	0,000	-0,299	-481,7	-0,05
-6,00	0,2211	0,0489	0,000	0,000	0,000	-0,181	-291,3	-0,03
-7,00	0,1719	0,0296	0,000	0,000	0,000	-0,109	-176,1	-0,02
-8,00	0,1337	0,0179	0,000	0,000	0,000	-0,066	-106,5	-0,01
-9,00	0,1040	0,0108	0,000	0,000	0,000	-0,040	-64,4	-0,01
-10,00	0,0808	0,0065	0,000	0,000	0,000	-0,024	-38,9	0,00
-11,00	0,0629	0,0040	0,000	0,000	0,000	-0,015	-23,5	0,00
-12,00	0,0489	0,0024	0,000	0,000	0,000	-0,009	-14,2	0,00
-13,00	0,0380	0,0014	0,000	0,000	0,000	-0,005	-8,6	0,00
-14,00	0,0296	0,0009	0,000	0,000	0,000	-0,003	-5,2	0,00
-15,00	0,0230	0,0005	0,000	0,000	0,000	-0,002	-3,1	0,00
-16,00	0,0179	0,0003	0,000	0,000	0,000	-0,001	-1,9	0,00
-17,00	0,0139	0,0002	0,000	0,000	0,000	-0,001	-1,2	0,00
-18,00	0,0108	0,0001	0,000	0,000	0,000	0,000	-0,7	0,00
-19,00	0,0084	0,0001	0,000	0,000	0,000	0,000	-0,4	0,00
-20,00	0,0065	0,0000	0,000	0,000	0,000	0,000	-0,3	0,00

t=1,5 saniye için,**Cosθ = -0,70711****Sinθ = -0,70711**

z (m)	$\exp\left(\frac{2.\pi.z}{L_0}\right)$	$\exp\left(\frac{4.\pi.z}{L_0}\right)$	Hız (u)	 u 	f_d (N)	İvme $\left(\frac{.}{u}\right)$	f_i (N)	f_t (ton)
-1,06	0,7660	0,5867	-1,276	1,276	-1001,6	-1,535	-2472,2	-0,35
-1,50	0,6857	0,4702	-1,142	1,142	-802,7	-1,231	-1981,3	-0,28
-2,00	0,6047	0,3656	-1,007	1,007	-624,2	-0,957	-1540,7	-0,22
-3,00	0,4702	0,2211	-0,783	0,783	-377,4	-0,579	-931,6	-0,13
-4,00	0,3656	0,1337	-0,609	0,609	-228,2	-0,350	-563,3	-0,08
-5,00	0,2843	0,0808	-0,474	0,474	-138,0	-0,212	-340,6	-0,05
-6,00	0,2211	0,0489	-0,368	0,368	-83,4	-0,128	-206,0	-0,03
-7,00	0,1719	0,0296	-0,286	0,286	-50,5	-0,077	-124,5	-0,02
-8,00	0,1337	0,0179	-0,223	0,223	-30,5	-0,047	-75,3	-0,01
-9,00	0,1040	0,0108	-0,173	0,173	-18,4	-0,028	-45,5	-0,01
-10,00	0,0808	0,0065	-0,135	0,135	-11,2	-0,017	-27,5	0,00
-11,00	0,0629	0,0040	-0,105	0,105	-6,7	-0,010	-16,7	0,00
-12,00	0,0489	0,0024	-0,081	0,081	-4,1	-0,006	-10,1	0,00
-13,00	0,0380	0,0014	-0,063	0,063	-2,5	-0,004	-6,1	0,00
-14,00	0,0296	0,0009	-0,049	0,049	-1,5	-0,002	-3,7	0,00
-15,00	0,0230	0,0005	-0,038	0,038	-0,9	-0,001	-2,2	0,00
-16,00	0,0179	0,0003	-0,030	0,030	-0,5	-0,001	-1,3	0,00
-17,00	0,0139	0,0002	-0,023	0,023	-0,3	-0,001	-0,8	0,00
-18,00	0,0108	0,0001	-0,018	0,018	-0,2	0,000	-0,5	0,00
-19,00	0,0084	0,0001	-0,014	0,014	-0,1	0,000	-0,3	0,00
-20,00	0,0065	0,0000	-0,011	0,011	-0,1	0,000	-0,2	0,00

t=2,0 saniye için,**Cosθ = -1,0****Sinθ = 0,0**

z (m)	$\exp\left(\frac{2.\pi.z}{L_0}\right)$	$\exp\left(\frac{4.\pi.z}{L_0}\right)$	Hız (u)	 u 	f_d (N)	İvme $\left(\frac{.}{u}\right)$	f_i (N)	f_t (ton)
-1,50	0,6857	0,4702	-1,616	1,616	-1605,4	0,000	0,000	-0,16
-2,00	0,6047	0,3656	-1,425	1,425	-1248,4	0,000	0,000	-0,12
-3,00	0,4702	0,2211	-1,108	1,108	-754,9	0,000	0,000	-0,08
-4,00	0,3656	0,1337	-0,862	0,862	-456,5	0,000	0,000	-0,05
-5,00	0,2843	0,0808	-0,670	0,670	-276,0	0,000	0,000	-0,03
-6,00	0,2211	0,0489	-0,521	0,521	-166,9	0,000	0,000	-0,02
-7,00	0,1719	0,0296	-0,405	0,405	-100,9	0,000	0,000	-0,01
-8,00	0,1337	0,0179	-0,315	0,315	-61,0	0,000	0,000	-0,01
-9,00	0,1040	0,0108	-0,245	0,245	-36,9	0,000	0,000	0,00
-10,00	0,0808	0,0065	-0,190	0,190	-22,3	0,000	0,000	0,00
-11,00	0,0629	0,0040	-0,148	0,148	-13,5	0,000	0,000	0,00
-12,00	0,0489	0,0024	-0,115	0,115	-8,2	0,000	0,000	0,00
-13,00	0,0380	0,0014	-0,090	0,090	-4,9	0,000	0,000	0,00
-14,00	0,0296	0,0009	-0,070	0,070	-3,0	0,000	0,000	0,00
-15,00	0,0230	0,0005	-0,054	0,054	-1,8	0,000	0,000	0,00
-16,00	0,0179	0,0003	-0,042	0,042	-1,1	0,000	0,000	0,00

-17,00	0,0139	0,0002	-0,033	0,033	-0,7	0,000	0,000	0,00
-18,00	0,0108	0,0001	-0,025	0,025	-0,4	0,000	0,000	0,00
-19,00	0,0084	0,0001	-0,020	0,020	-0,2	0,000	0,000	0,00
-20,00	0,0065	0,0000	-0,015	0,015	-0,1	0,000	0,000	0,00

t=2,5 saniye için,**Cosθ = -0,70711****Sinθ = 0,70711**

z (m)	$\exp\left(\frac{2.\pi.z}{L_0}\right)$	$\exp\left(\frac{4.\pi.z}{L_0}\right)$	Hız (u)	 u 	f_d (N)	İvme (u)	f_i (N)	f_t (ton)
-1,06	0,7660	0,5867	-1,276	1,276	-1001,6	1,535	2472,2	0,15
-1,50	0,6857	0,4702	-1,142	1,142	-802,7	1,231	1981,3	0,12
-2,00	0,6047	0,3656	-1,007	1,007	-624,2	0,957	1540,7	0,09
-3,00	0,4702	0,2211	-0,783	0,783	-377,4	0,579	931,6	0,06
-4,00	0,3656	0,1337	-0,609	0,609	-228,2	0,350	563,3	0,03
-5,00	0,2843	0,0808	-0,474	0,474	-138,0	0,212	340,6	0,02
-6,00	0,2211	0,0489	-0,368	0,368	-83,4	0,128	206,0	0,01
-7,00	0,1719	0,0296	-0,286	0,286	-50,5	0,077	124,5	0,01
-8,00	0,1337	0,0179	-0,223	0,223	-30,5	0,047	75,3	0,00
-9,00	0,1040	0,0108	-0,173	0,173	-18,4	0,028	45,5	0,00
-10,00	0,0808	0,0065	-0,135	0,135	-11,2	0,017	27,5	0,00
-11,00	0,0629	0,0040	-0,105	0,105	-6,7	0,010	16,7	0,00
-12,00	0,0489	0,0024	-0,081	0,081	-4,1	0,006	10,1	0,00
-13,00	0,0380	0,0014	-0,063	0,063	-2,5	0,004	6,1	0,00
-14,00	0,0296	0,0009	-0,049	0,049	-1,5	0,002	3,7	0,00
-15,00	0,0230	0,0005	-0,038	0,038	-0,9	0,001	2,2	0,00
-16,00	0,0179	0,0003	-0,030	0,030	-0,5	0,001	1,3	0,00
-17,00	0,0139	0,0002	-0,023	0,023	-0,3	0,001	0,8	0,00
-18,00	0,0108	0,0001	-0,018	0,018	-0,2	0,000	0,5	0,00
-19,00	0,0084	0,0001	-0,014	0,014	-0,1	0,000	0,3	0,00
-20,00	0,0065	0,0000	-0,011	0,011	-0,1	0,000	0,2	0,00

t=3,0 saniye için,**Cosθ = 0,0****Sinθ = 1,0**

z (m)	$\exp\left(\frac{2.\pi.z}{L_0}\right)$	$\exp\left(\frac{4.\pi.z}{L_0}\right)$	Hız (u)	 u 	f_d (N)	İvme (u)	f_i (N)	f_t (ton)
0,00	1,0000	1,0000	0,000	0,000	0,000	3,701	5959,0	0,60
-0,53	0,8752	0,7660	0,000	0,000	0,000	2,835	4564,4	0,46
-1,06	0,7660	0,5867	0,000	0,000	0,000	2,171	3496,2	0,35
-1,50	0,6857	0,4702	0,000	0,000	0,000	1,740	2802,0	0,28
-2,00	0,6047	0,3656	0,000	0,000	0,000	1,353	2178,8	0,22
-3,00	0,4702	0,2211	0,000	0,000	0,000	0,818	1317,5	0,13
-4,00	0,3656	0,1337	0,000	0,000	0,000	0,495	796,7	0,08
-5,00	0,2843	0,0808	0,000	0,000	0,000	0,299	481,7	0,05
-6,00	0,2211	0,0489	0,000	0,000	0,000	0,181	291,3	0,03
-7,00	0,1719	0,0296	0,000	0,000	0,000	0,109	176,1	0,02
-8,00	0,1337	0,0179	0,000	0,000	0,000	0,066	106,5	0,01

-9,00	0,1040	0,0108	0,000	0,000	0,000	0,040	64,4	0,01
-10,00	0,0808	0,0065	0,000	0,000	0,000	0,024	38,9	0,00
-11,00	0,0629	0,0040	0,000	0,000	0,000	0,015	23,5	0,00
-12,00	0,0489	0,0024	0,000	0,000	0,000	0,009	14,2	0,00
-13,00	0,0380	0,0014	0,000	0,000	0,000	0,005	8,6	0,00
-14,00	0,0296	0,0009	0,000	0,000	0,000	0,003	5,2	0,00
-15,00	0,0230	0,0005	0,000	0,000	0,000	0,002	3,1	0,00
-16,00	0,0179	0,0003	0,000	0,000	0,000	0,001	1,9	0,00
-17,00	0,0139	0,0002	0,000	0,000	0,000	0,001	1,2	0,00
-18,00	0,0108	0,0001	0,000	0,000	0,000	0,000	0,7	0,00
-19,00	0,0084	0,0001	0,000	0,000	0,000	0,000	0,4	0,00
-20,00	0,0065	0,0000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,3	0,00

t=3,5 saniye için,

Cosθ = 0,70711

Sinθ = 0,70711

z (m)	$\exp\left(\frac{2\pi \cdot z}{L_0}\right)$	$\exp\left(\frac{4\pi \cdot z}{L_0}\right)$	Hız (u)	$ u $	f_d (N)	İvme $\left(\frac{u}{s}\right)$	f_i (N)	f_t (ton)
1,06	1,3055	1,7044	2,175	2,175	2909,7	4,461	7182,0	1,01
0,53	1,1426	1,3055	1,904	1,904	2228,7	3,417	5501,1	0,77
0,00	1,0000	1,0000	1,666	1,666	1707,1	2,617	4213,7	0,59
-0,53	0,8752	0,7660	1,458	1,458	1307,6	2,005	3227,5	0,45
-1,06	0,7660	0,5867	1,276	1,276	1001,6	1,535	2472,2	0,35
-1,50	0,6857	0,4702	1,142	1,142	802,7	1,231	1981,3	0,28
-2,00	0,6047	0,3656	1,007	1,007	624,2	0,957	1540,7	0,22
-3,00	0,4702	0,2211	0,783	0,783	377,4	0,579	931,6	0,13
-4,00	0,3656	0,1337	0,609	0,609	228,2	0,350	563,3	0,08
-5,00	0,2843	0,0808	0,474	0,474	138,0	0,212	340,6	0,05
-6,00	0,2211	0,0489	0,368	0,368	83,4	0,128	206,0	0,03
-7,00	0,1719	0,0296	0,286	0,286	50,5	0,077	124,5	0,02
-8,00	0,1337	0,0179	0,223	0,223	30,5	0,047	75,3	0,01
-9,00	0,1040	0,0108	0,173	0,173	18,4	0,028	45,5	0,01
-10,00	0,0808	0,0065	0,135	0,135	11,2	0,017	27,5	0,00
-11,00	0,0629	0,0040	0,105	0,105	6,7	0,010	16,7	0,00
-12,00	0,0489	0,0024	0,081	0,081	4,1	0,006	10,1	0,00
-13,00	0,0380	0,0014	0,063	0,063	2,5	0,004	6,1	0,00
-14,00	0,0296	0,0009	0,049	0,049	1,5	0,002	3,7	0,00
-15,00	0,0230	0,0005	0,038	0,038	0,9	0,001	2,2	0,00
-16,00	0,0179	0,0003	0,030	0,030	0,5	0,001	1,3	0,00
-17,00	0,0139	0,0002	0,023	0,023	0,3	0,001	0,8	0,00
-18,00	0,0108	0,0001	0,018	0,018	0,2	0,000	0,5	0,00
-19,00	0,0084	0,0001	0,014	0,014	0,1	0,000	0,3	0,00
-20,00	0,0065	0,0000	0,011	0,011	0,1	0,000	0,2	0,00

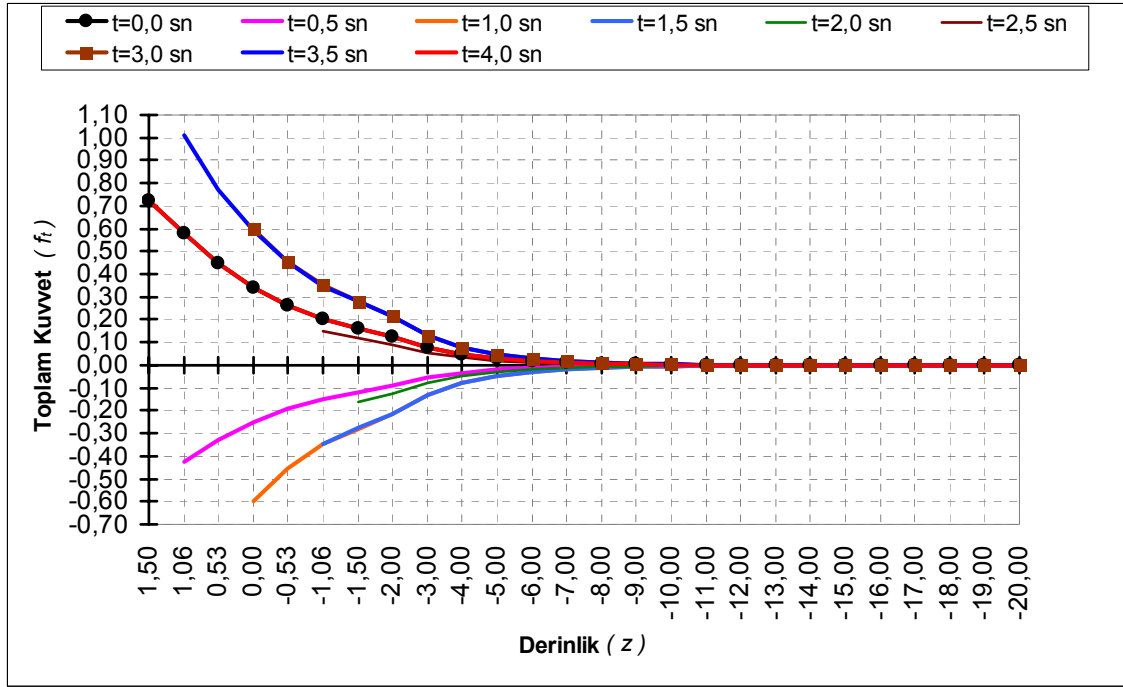
t=4,0 saniye için,

Cosθ = 1, 0

Sinθ = 0,0

z (m)	$\exp\left(\frac{2\pi \cdot z}{L_0}\right)$	$\exp\left(\frac{4\pi \cdot z}{L_0}\right)$	Hız (u)	$ u $	f_d (N)	İvme $\left(\frac{\cdot}{u}\right)$	f_i (N)	f_t (ton)
1,50	1,4583	2,1267	3,436	3,436	7261,2	0,000	0,000	0,73
1,06	1,3055	1,7044	3,076	3,076	5819,4	0,000	0,000	0,58
0,53	1,1426	1,3055	2,692	2,692	4457,5	0,000	0,000	0,45
0,00	1,0000	1,0000	2,356	2,356	3414,3	0,000	0,000	0,34
-0,53	0,8752	0,7660	2,062	2,062	2615,2	0,000	0,000	0,26
-1,06	0,7660	0,5867	1,805	1,805	2003,2	0,000	0,000	0,20
-1,50	0,6857	0,4702	1,616	1,616	1605,4	0,000	0,000	0,16
-2,00	0,6047	0,3656	1,425	1,425	1248,4	0,000	0,000	0,12
-3,00	0,4702	0,2211	1,108	1,108	754,9	0,000	0,000	0,08
-4,00	0,3656	0,1337	0,862	0,862	456,5	0,000	0,000	0,05
-5,00	0,2843	0,0808	0,670	0,670	276,0	0,000	0,000	0,03
-6,00	0,2211	0,0489	0,521	0,521	166,9	0,000	0,000	0,02
-7,00	0,1719	0,0296	0,405	0,405	100,9	0,000	0,000	0,01
-8,00	0,1337	0,0179	0,315	0,315	61,0	0,000	0,000	0,01
-9,00	0,1040	0,0108	0,245	0,245	36,9	0,000	0,000	0,00
-10,00	0,0808	0,0065	0,190	0,190	22,3	0,000	0,000	0,00
-11,00	0,0629	0,0040	0,148	0,148	13,5	0,000	0,000	0,00
-12,00	0,0489	0,0024	0,115	0,115	8,2	0,000	0,000	0,00
-13,00	0,0380	0,0014	0,090	0,090	4,9	0,000	0,000	0,00
-14,00	0,0296	0,0009	0,070	0,070	3,0	0,000	0,000	0,00
-15,00	0,0230	0,0005	0,054	0,054	1,8	0,000	0,000	0,00
-16,00	0,0179	0,0003	0,042	0,042	1,1	0,000	0,000	0,00
-17,00	0,0139	0,0002	0,033	0,033	0,7	0,000	0,000	0,00
-18,00	0,0108	0,0001	0,025	0,025	0,4	0,000	0,000	0,00
-19,00	0,0084	0,0001	0,020	0,020	0,2	0,000	0,000	0,00
-20,00	0,0065	0,0000	0,015	0,015	0,1	0,000	0,000	0,00

Tablo 5.1 ve Şekil 5.4 incelendiğinde kazık boyunca oluşan kuvvet dağılımının, t=3,5 saniye olduğu anda maksimum değerine ulaştığı açıkça görülmektedir.



Şekil 5.4. Kazığa Etki Eden Hidrodinamik Kuvvetlerin Derinliğe Bağlı Değişimi

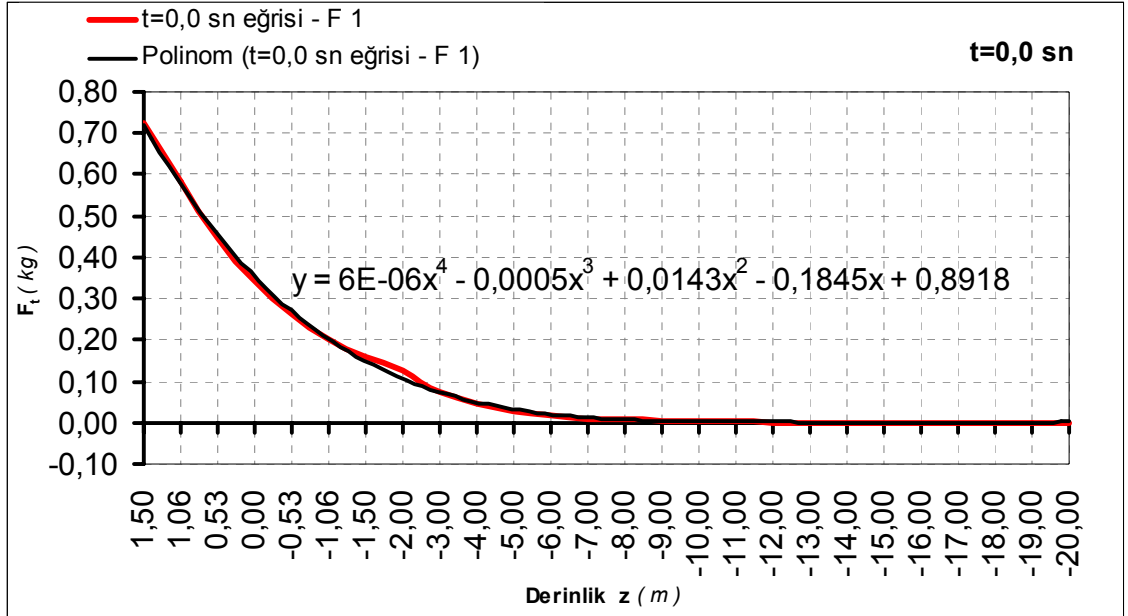
Bu kuvvetlerin zamana ve su derinliğine bağlı olarak ton biriminden değerleri, Tablo 5.2'de sıralanmıştır.

Tablo 5.2. Hidrodinamik Kuvvetlerin Zamana ve Su Derinliğine Bağlı Değişimi

Derinlik z (m)	Zaman t (saniye)								
	t=0,0	t=0,5	t=1,0	t=1,5	t=2,0	t=2,5	t=3,0	t=3,5	t=4,0
1,50	0,73	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,73
1,06	0,58	-0,43	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,01	0,58
0,53	0,45	-0,33	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,77	0,45
0,00	0,34	-0,25	-0,60	0,00	0,00	0,00	0,60	0,59	0,34
-0,53	0,26	-0,19	-0,46	0,00	0,00	0,00	0,46	0,45	0,26
-1,06	0,20	-0,15	-0,35	-0,35	0,00	0,15	0,35	0,35	0,20
-1,50	0,16	-0,12	-0,28	-0,28	-0,16	0,12	0,28	0,28	0,16
-2,00	0,12	-0,09	-0,22	-0,22	-0,12	0,09	0,22	0,22	0,12
-3,00	0,08	-0,06	-0,13	-0,13	-0,08	0,06	0,13	0,13	0,08
-4,00	0,05	-0,03	-0,08	-0,08	-0,05	0,03	0,08	0,08	0,05
-5,00	0,03	-0,02	-0,05	-0,05	-0,03	0,02	0,05	0,05	0,03
-6,00	0,02	-0,01	-0,03	-0,03	-0,02	0,01	0,03	0,03	0,02
-7,00	0,01	-0,01	-0,02	-0,02	-0,01	0,01	0,02	0,02	0,01
-8,00	0,01	0,00	-0,01	-0,01	-0,01	0,00	0,01	0,01	0,01
-9,00	0,00	0,00	-0,01	-0,01	0,00	0,00	0,01	0,01	0,00

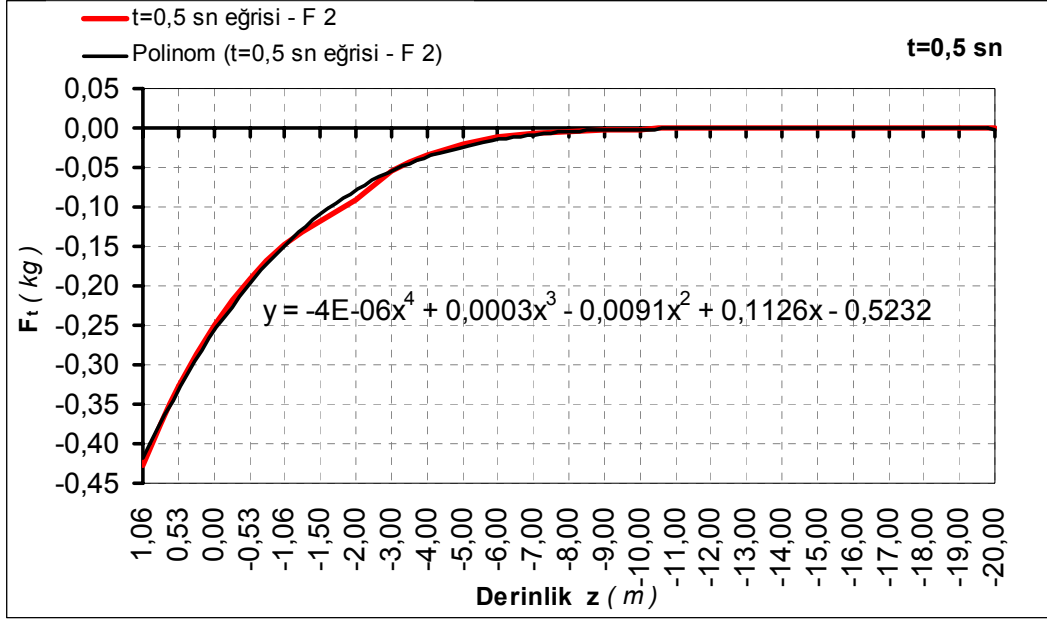
-10,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
-11,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
-12,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
-13,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
-14,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
-15,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
-16,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
-17,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
-18,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
-19,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
-20,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
F_z	F₁	F₂	F₃	F₄	F₅	F₆	F₇	F₈	F₉

Tablo 5.2’de görülen su derinliği boyunca oluşan hidrodinamik kuvvetler, her t zamanı için derinliğe bağlı olarak değişen birer fonksiyon gibi düşünülebilir ($F_1, F_2 \dots$). Bu fonksiyonların derinlikle değişimi ve bu değişim eğrisine karşı gelen fonksiyonun denklemleri (“eğilim fonksiyonları”) aşağıda hesaplanmıştır. Bu denklemler Excel programı yardımıyla belirlenmiştir. Bu eğilim fonksiyonlarının kazık boyunca integralleri alınarak kazığa etkiyen kuvvetin değeri hesaplanacaktır. Hesaplama Mathcad 2001 Professional programı kullanılacaktır.



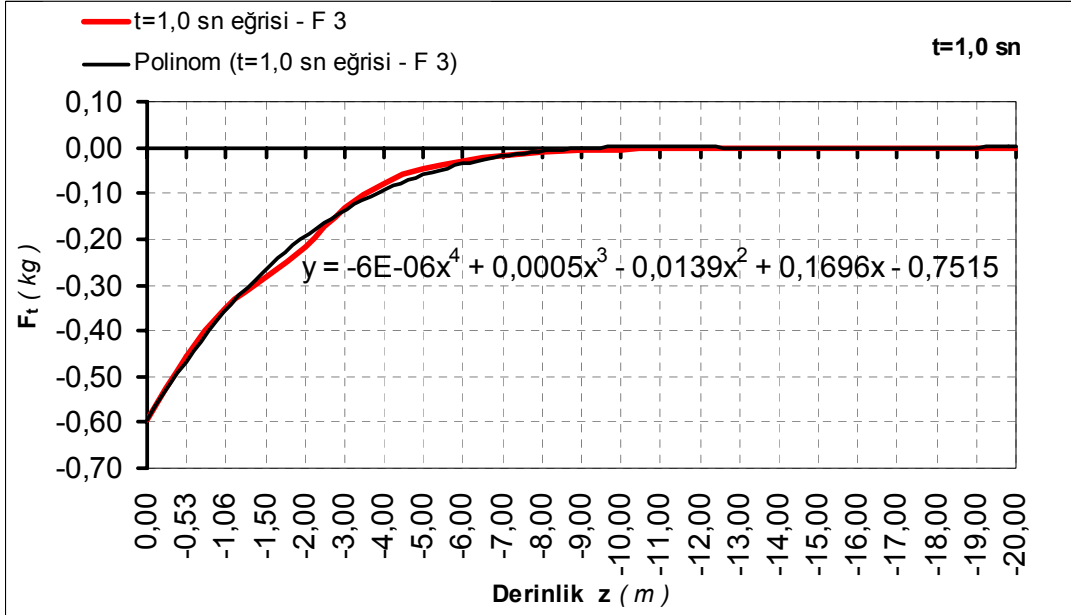
t=0,0 saniye için çizilen grafikten eğilim fonksiyonu;

$F_1 = 0,000006 \cdot x^4 - 0,0005 \cdot x^3 + 0,0143 \cdot x^2 - 0,1845 \cdot x + 0,8918$ olarak belirlenir. Bu eğilim fonksiyonunun integrali alınarak F_1 değeri bulunur. Sonuçta $F_1 = +2,58$ tondur. Kuvvetin tatbik noktası $z = +0,27$ koordinatıdır (Sakin Su Seviyesinin koordinatının $z = 0,0$ olması koşuluyla).



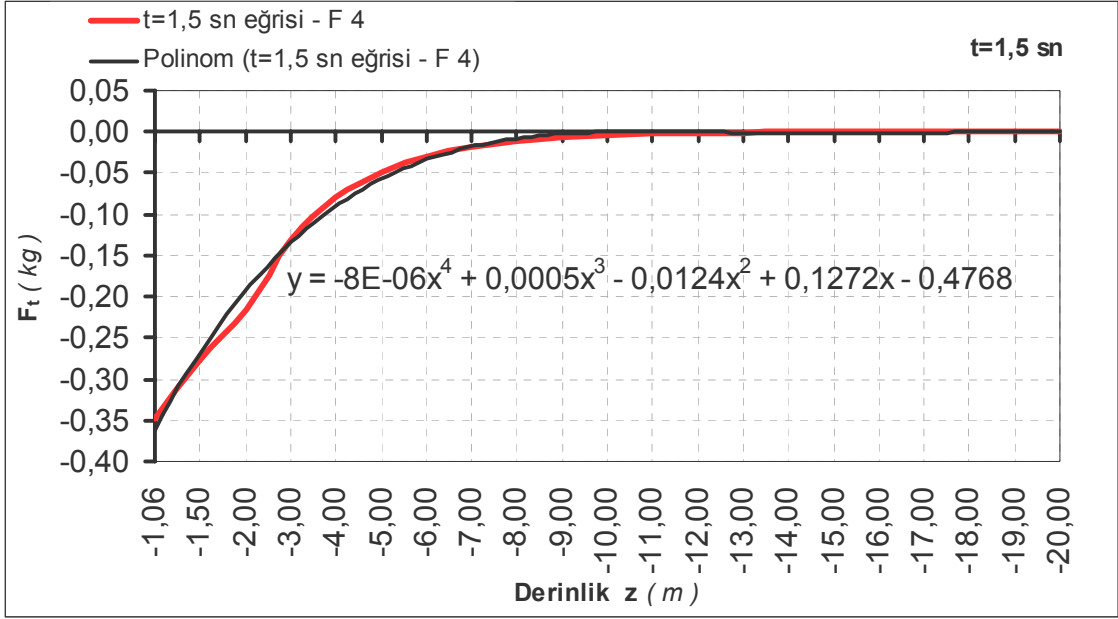
t=0,5 saniye için çizilen grafikten eğilim fonksiyonu;

$F_2 = -0,000004.x^4 + 0,0003.x^3 - 0,0091.x^2 + 0,1126.x - 0,5232$ olarak belirlenir. Bu eğilim fonksiyonunun integrali alınarak F_2 değeri bulunur. Sonuçta $F_2 = -2,70$ tondur. Kuvvetin tatbik noktası $z=-0,76$ koordinatıdır (Sakin Su Seviyesinin koordinatının $z=0,0$ olması koşuluyla).



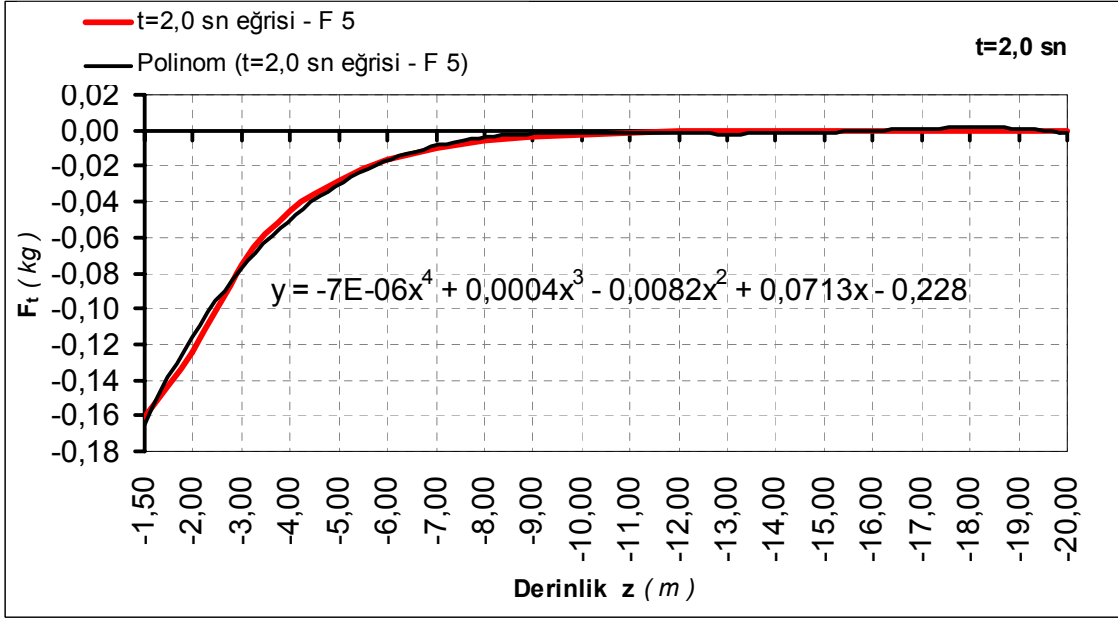
t=1,0 saniye için çizilen grafikten eğilim fonksiyonu;

$F_3 = -0,000006.x^4 + 0,0005.x^3 - 0,0139.x^2 + 0,1696.x + 0,7515$ olarak belirlenir. Bu eğilim fonksiyonunun integrali alınarak F_3 değeri bulunur. Sonuçta $F_3 = -1,87$ tondur. Kuvvetin tatbik noktası $z=-1,45$ koordinatıdır (Sakin Su Seviyesinin koordinatının $z=0,0$ olması koşuluyla).



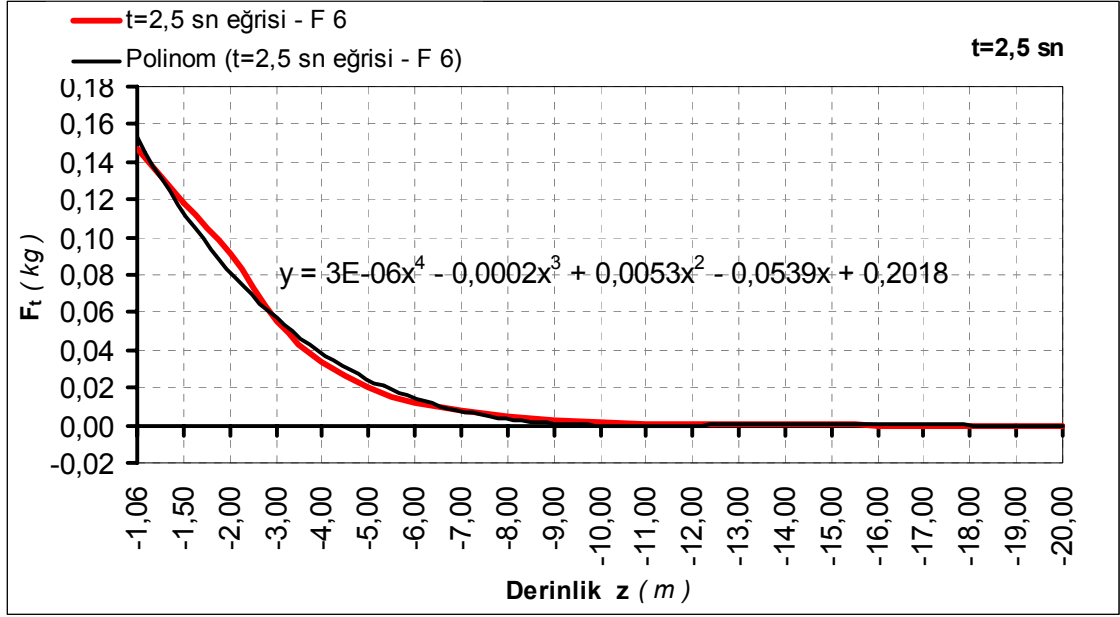
t=1,5 saniye için çizilen grafikten eğilim fonksiyonu;

$F_4 = -0,000008.x^4 + 0,0005.x^3 - 0,0124.x^2 + 0,1272.x - 0,4768$ olarak belirlenir. Bu eğilim fonksiyonunun integrali alınarak F_4 değeri bulunur. Sonuçta $F_4 = -1,04$ tondur. Kuvvetin tatbik noktası $z=-2,50$ koordinatıdır (Sakin Su Seviyesinin koordinatının $z=0,0$ olması koşuluyla).



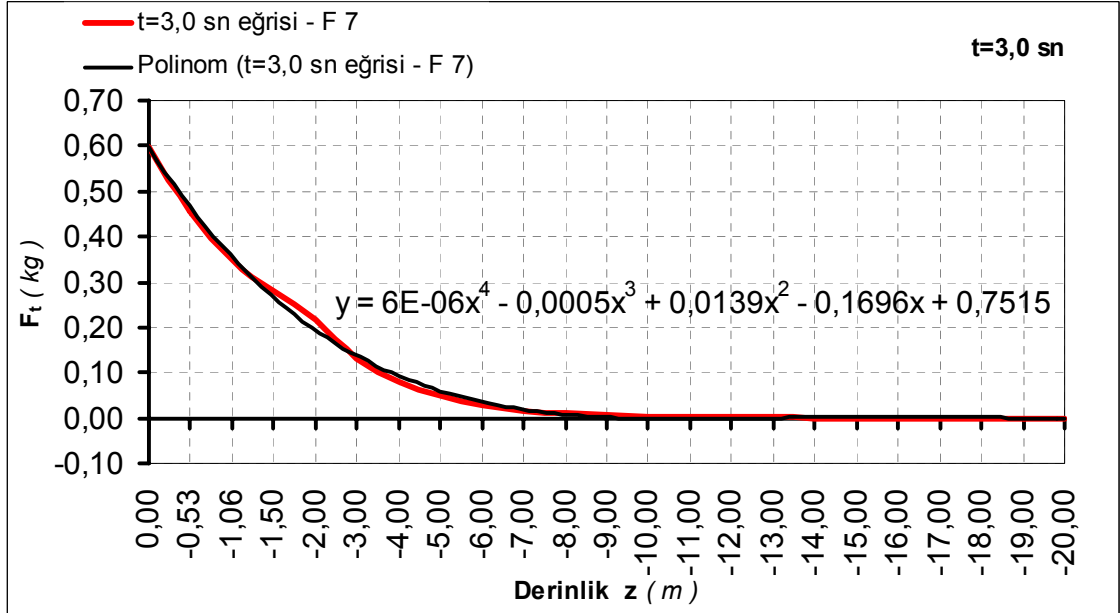
t=2,0 saniye için çizilen grafikten eğilim fonksiyonu;

$F_5 = -0,000007.x^4 + 0,0004.x^3 - 0,0082.x^2 + 0,0713.x - 0,228$ olarak belirlenir. Bu eğilim fonksiyonunun integrali alınarak F_5 değeri bulunur. Sonuçta $F_5 = -0,39$ tondur. Kuvvetin tatbik noktası $z=-3,20$ koordinatıdır (Sakin Su Seviyesinin koordinatının $z=0,0$ olması koşuluyla).



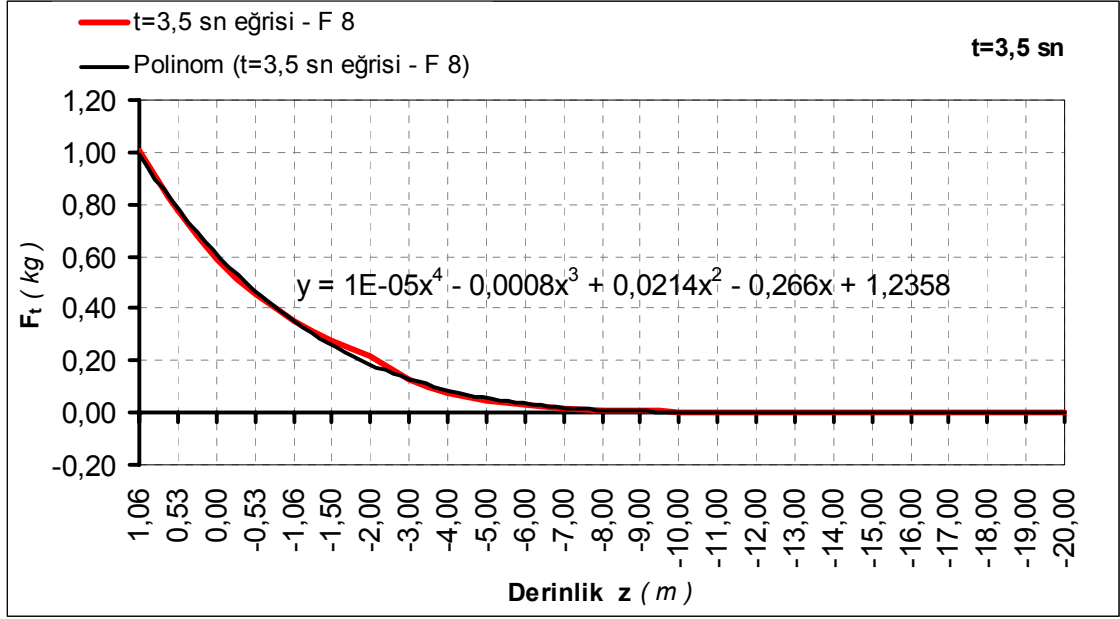
t=2,5 saniye için çizilen grafikten eğilim fonksiyonu;

$F_6 = 0,000003.x^4 - 0,0002.x^3 + 0,0053.x^2 - 0,0539.x + 0,2018$ olarak belirlenir. Bu eğilim fonksiyonunun integrali alınarak F_6 değeri bulunur. Sonuçta $F_6 = +0,41$ tondur. Kuvvetin tatbik noktası $z = -2,50$ koordinatıdır (Sakin Su Seviyesinin koordinatının $z=0,0$ olması koşuluyla).



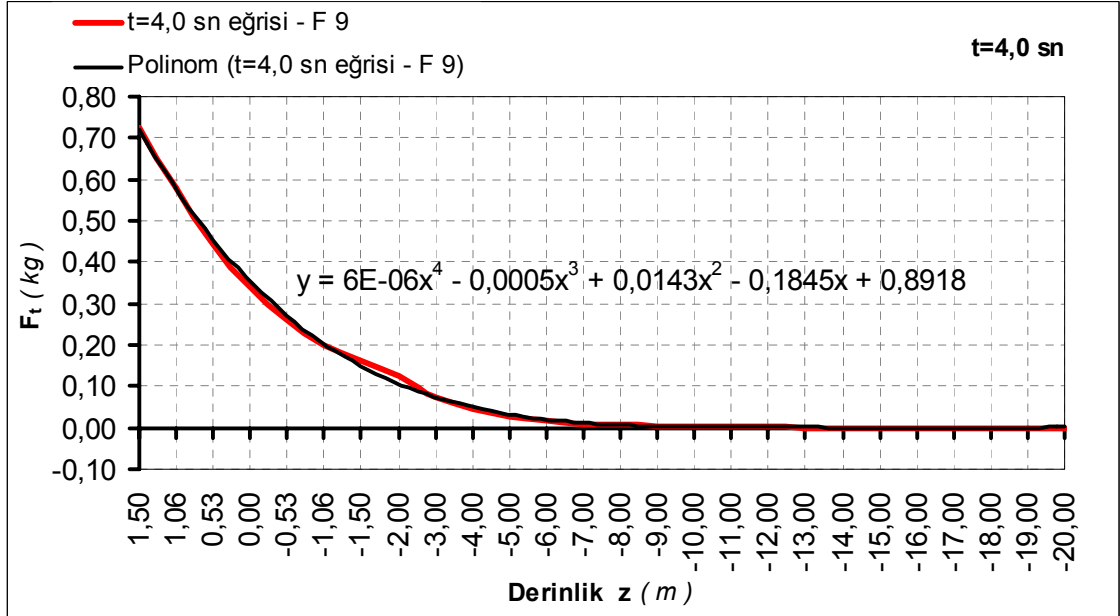
t=3,0 saniye için çizilen grafikten eğilim fonksiyonu;

$F_7 = 0,000006.x^4 - 0,0005.x^3 + 0,0139.x^2 - 0,1696.x + 0,7515$ olarak belirlenir. Bu eğilim fonksiyonunun integrali alınarak F_7 değeri bulunur. Sonuçta $F_7 = +1,87$ tondur. Kuvvetin tatbik noktası $z = -1,48$ koordinatıdır (Sakin Su Seviyesinin koordinatının $z=0,0$ olması koşuluyla).



$t=3,5$ saniye için çizilen grafikten eğilim fonksiyonu;

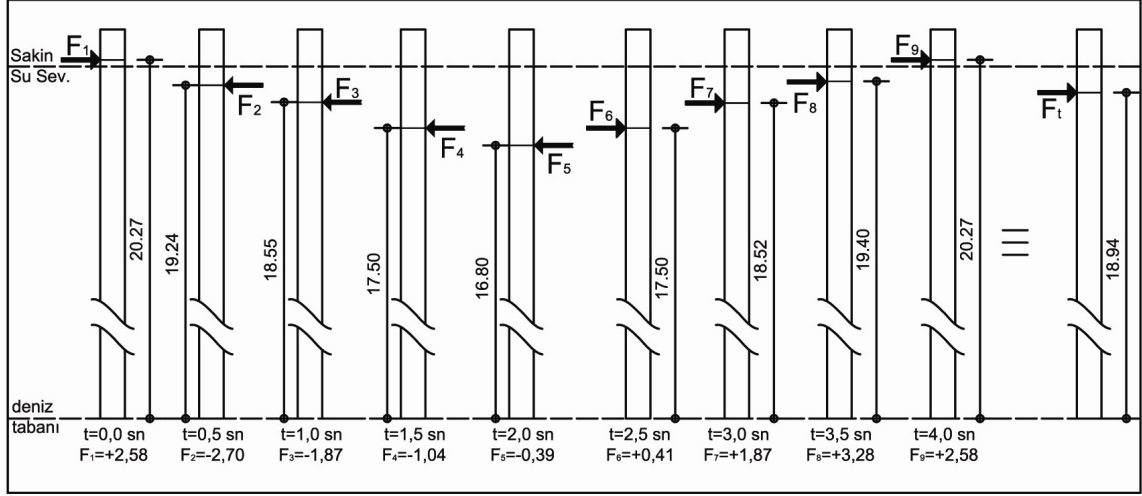
$F_8 = 0,00001.x^4 - 0,0008.x^3 + 0,0214.x^2 - 0,266.x + 1,2358$ olarak belirlenir. Bu eğilim fonksiyonunun integrali alınarak F_8 değeri bulunur. Sonuçta $F_8 = +3,28$ tondur. Kuvvetin tatbik noktası $z=-0,60$ koordinatıdır (Sakin Su Seviyesinin koordinatının $z=0,0$ olması koşuluyla).



$t=4,0$ saniye için çizilen grafikten eğilim fonksiyonu;

$F_9 = 0,000006.x^4 - 0,0005.x^3 + 0,0143.x^2 - 0,1845.x + 0,8918$ olarak belirlenir. Bu eğilim fonksiyonunun integrali alınarak F_9 değeri bulunur. Sonuçta $F_9 = +2,58$ tondur. Kuvvetin tatbik noktası $z=+0,27$ koordinatıdır (Sakin Su Seviyesinin koordinatının $z=0,0$ olması koşuluyla).

Sonuç olarak t zamanındaki kuvvetler ve kazığa etki noktaları Şekil 5.5'de gösterilmiştir.



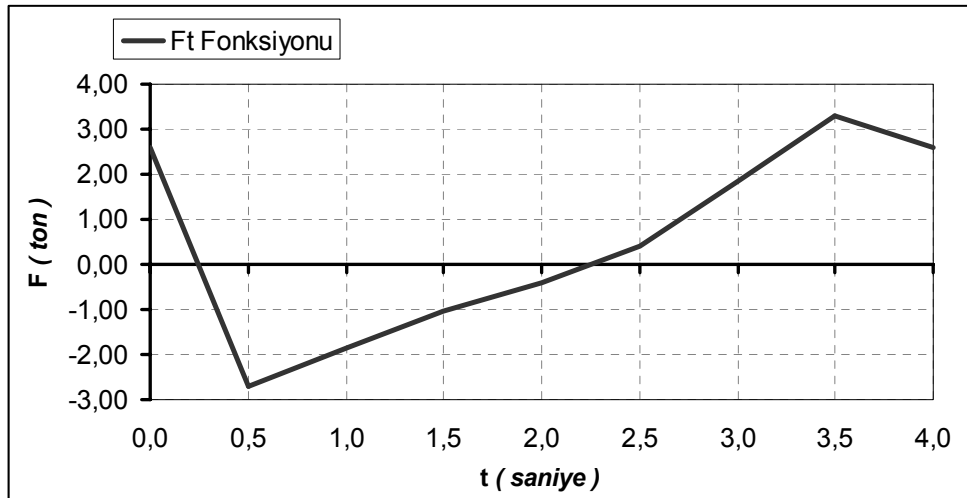
Şekil 5.5. Kazığa Etkiyen Kuvvetler ve Etkime Noktaları

Şekil 5.5'de gösterilen kuvvetlerin kazığa etkidiği nokta, ortalama olarak $z=-1,06$ seviyesi kabul edilebilir (Sakin Su Seviyesinin koordinatının $z=0,0$ olması koşuluyla). Yani 0,5 saniye zaman aralığıyla hesaplanan $F_1, F_2 \dots F_9$ kuvvetlerinin kazığa $z=-1,06$ noktasında etkidiği kabul edilebilir. Hesaplamada bu yaklaşıklık göz önüne alınacaktır.

Sonuç olarak Dinamik Analizde kullanılacak, $z=-1,06$ noktasında etkidiği kabul edilen (Sakin Su Seviyesinin koordinatının $z=0,0$ olması koşuluyla) F_t fonksiyonu aşağıdaki gibidir.

Tablo 5.3. Dinamik Analizde Kullanılacak F_t Fonksiyonu

t (saniye)	0,00	0,50	1,00	1,50	2,00	2,50	3,00	3,50	4,00
F (ton)	+2,58	-2,70	-1,87	-1,04	-0,39	+0,41	+1,87	+3,28	+2,58



5.5. Hidrodinamik F_t Kuvveti Etkisindeki Tekil Kazığın Dinamik Analizi

Tekil Kazığın, Kararlılık Seviyesinde Ankastre Olması Yaklaşımı ile Çözüm.

Bu bölümde tasarımı yapılan tekil kazığın, Şekil 5.2'de görünen kararlılık seviyesinde ankastre olması durumuna göre analiz yapılacaktır. Tasarımı yapılan rıhtım kazığında, dinamik F_t yanal kuvvetinden dolayı meydana gelen kesit tesirlerinin hesaplanmasında SAP 2000 bilgisayar programı kullanılacaktır.

Sonuç olarak programa girilen datalar, elde edilen kesit tesirleri ve diyagramları aşağıda sıralanmıştır.

Table: Analysis Case Definitions

Case Text	Type Text	InitialCond Text	ModalCase Text
DEAD	LinStatic	Zero	
MODAL	LinModal	Zero	
zamana_bagli	LinModHist	Zero	MODAL

Table: Assembled Joint Masses

Joint Text	U1 Ton-s2/m	U2 Ton-s2/m	U3 Ton-s2/m	R1 Ton-m-s2	R2 Ton-m-s2	R3 Ton-m-s2
1	5,07	5,07	5,07	0,00000	0,00000	0,00000
2	85,07	5,07	85,07	0,00000	0,00000	0,00000

Table: Base Reactions, Part 1 of 4

OutputCase Text	CaseType Text	StepType Text	StepNum Unitless	GlobalFX Ton	GlobalFY Ton	GlobalFZ Ton	GlobalMX Ton-m	GlobalMY Ton-m
DEAD	LinStatic			-1,0000	0,0000	99,4570	0,00000	73,017
MODAL	LinModal	Mode	1,0000	-6,4835	0,0000	3,111E-15	0,00000	-217,197
MODAL	LinModal	Mode	2,0000	9,504E-13	0,0000	25590,2084	0,00000	25590,209
zamana_bagli	LinModHist	Max		1,7787	0,0000	325,9030	0,00000	389,956
zamana_bagli	LinModHist	Min		-5,4185	0,0000	-265,1892	0,00000	-322,656

Table: Base Reactions, Part 2 of 4

OutputCase Text	StepType Text	StepNum Unitless	GlobalMZ Ton-m	GlobalX m	GlobalY m	GlobalZ m	XCentroidFX m	YCentroidFX m
DEAD			0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	-1,00000	0,00000
MODAL	Mode	1,000000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	-1,00000	0,00000
MODAL	Mode	2,000000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	-1,00000	0,00000
zamana_bagli	Max		0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	-1,00000	0,00000
zamana_bagli	Min		0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	-1,00000	0,00000

Table: Base Reactions, Part 3 of 4

OutputCase	StepType	StepNum	ZCentroidFX	XCentroidFY	YCentroidFY	ZCentroidFY	XCentroidFZ	YCentroidFZ
Text	Text	Unitless	m	m	m	m	m	m
DEAD			0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	-1,00000	0,00000
MODAL	Mode	1,000000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	-1,00000	0,00000
MODAL	Mode	2,000000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	-1,00000	0,00000
zamana_bagli	Max		0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	-1,00000	0,00000
zamana_bagli	Min		0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	-1,00000	0,00000

Table: Base Reactions, Part 4 of 4

OutputCase	StepType	StepNum	ZCentroidFZ
Text	Text	Unitless	m
DEAD			0,00000
MODAL	Mode	1,000000	0,00000
MODAL	Mode	2,000000	0,00000
zamana_bagli	Max		0,00000
zamana_bagli	Min		0,00000

Table: Coordinate Systems

Name	Type	X	Y	Z	AboutZ	AboutY	AboutX
Text	Text	m	m	m	Degrees	Degrees	Degrees
GLOBAL	Cartesian	0,00000	0,00000	0,00000	0,000	0,000	0,000

Table: Element Forces - Frames, Part 1 of 2

Frame	Station	OutputCase	CaseType	StepType	StepNum	P	V2	V3
Text	m	Text	Text	Text	Unitless	Ton	Ton	Ton
1	0,00000	DEAD	LinStatic			-99,4570	1,0000	0,0000
1	16,75000	DEAD	LinStatic			-49,7285	1,0000	0,0000
1	26,44000	DEAD	LinStatic			-20,9602	1,0000	0,0000
1	26,44000	DEAD	LinStatic			-20,9602	0,0000	0,0000
1	33,50000	DEAD	LinStatic			-3,371E-15	0,0000	0,0000
1	0,00000	MODAL	LinModal	Mode	1,000000	-3,111E-15	6,4835	0,0000
1	16,75000	MODAL	LinModal	Mode	1,000000	-3,111E-15	6,4835	0,0000
1	26,44000	MODAL	LinModal	Mode	1,000000	-3,111E-15	6,4835	0,0000
1	26,44000	MODAL	LinModal	Mode	1,000000	-3,111E-15	6,4835	0,0000
1	33,50000	MODAL	LinModal	Mode	1,000000	-3,111E-15	6,4835	0,0000
1	0,00000	MODAL	LinModal	Mode	2,000000	-25590,2084	-9,504E-13	0,0000
1	16,75000	MODAL	LinModal	Mode	2,000000	-25590,2084	-9,504E-13	0,0000
1	26,44000	MODAL	LinModal	Mode	2,000000	-25590,2084	-9,504E-13	0,0000
1	26,44000	MODAL	LinModal	Mode	2,000000	-25590,2084	-9,504E-13	0,0000
1	33,50000	MODAL	LinModal	Mode	2,000000	-25590,2084	-9,504E-13	0,0000
1	0,00000	zamana_bagli	LinModHist	Max		265,1892	5,4185	0,0000
1	16,75000	zamana_bagli	LinModHist	Max		130,9222	5,4185	0,0000
1	26,44000	zamana_bagli	LinModHist	Max		53,2478	5,4185	0,0000
1	26,44000	zamana_bagli	LinModHist	Max		53,2478	4,2002	0,0000
1	33,50000	zamana_bagli	LinModHist	Max		2,3122	4,2002	0,0000
1	0,00000	zamana_bagli	LinModHist	Min		-325,9030	-1,7787	0,0000
1	16,75000	zamana_bagli	LinModHist	Min		-162,7935	-1,7787	0,0000
1	26,44000	zamana_bagli	LinModHist	Min		-68,4334	-1,7787	0,0000

Frame Text	Station m	OutputCase Text	CaseType Text	StepType Text	StepNum Unitless	P Ton	V2 Ton	V3 Ton
1	26,44000	zamana_bagli	LinModHist	Min		-68,4334	-4,9305	0,0000
1	33,50000	zamana_bagli	LinModHist	Min		-3,3448	-4,9305	0,0000

Table: Element Forces - Frames, Part 2 of 2

Frame Text	Station m	OutputCase Text	StepType Text	StepNum Unitless	T Ton-m	M2 Ton-m	M3 Ton-m
1	0,00000	DEAD			0,00000	0,00000	26,44000
1	16,75000	DEAD			0,00000	0,00000	9,69000
1	26,44000	DEAD			0,00000	0,00000	1,066E-14
1	26,44000	DEAD			0,00000	0,00000	1,193E-14
1	33,50000	DEAD			0,00000	0,00000	1,193E-14
1	0,00000	MODAL	Mode	1,000000	0,00000	0,00000	217,19699
1	16,75000	MODAL	Mode	1,000000	0,00000	0,00000	108,59849
1	26,44000	MODAL	Mode	1,000000	0,00000	0,00000	45,77345
1	26,44000	MODAL	Mode	1,000000	0,00000	0,00000	45,77345
1	33,50000	MODAL	Mode	1,000000	0,00000	0,00000	-3,166E-14
1	0,00000	MODAL	Mode	2,000000	0,00000	0,00000	-1,059E-11
1	16,75000	MODAL	Mode	2,000000	0,00000	0,00000	5,334E-12
1	26,44000	MODAL	Mode	2,000000	0,00000	0,00000	1,454E-11
1	26,44000	MODAL	Mode	2,000000	0,00000	0,00000	1,454E-11
1	33,50000	MODAL	Mode	2,000000	0,00000	0,00000	2,125E-11
1	0,00000	zamana_bagli	Max		0,00000	0,00000	174,63083
1	16,75000	zamana_bagli	Max		0,00000	0,00000	83,87048
1	26,44000	zamana_bagli	Max		0,00000	0,00000	31,36495
1	26,44000	zamana_bagli	Max		0,00000	0,00000	31,36495
1	33,50000	zamana_bagli	Max		0,00000	0,00000	14,39759
1	0,00000	zamana_bagli	Min		0,00000	0,00000	-64,57930
1	16,75000	zamana_bagli	Min		0,00000	0,00000	-36,40569
1	26,44000	zamana_bagli	Min		0,00000	0,00000	-20,41199
1	26,44000	zamana_bagli	Min		0,00000	0,00000	-20,41199
1	33,50000	zamana_bagli	Min		0,00000	0,00000	-11,85168

Table: Element Joint Forces - Frames, Part 1 of 3

Frame Text	FrameElem Text	Joint Text	OutputCase Text	CaseType Text	StepType Text	StepNum Unitless	F1 Ton	F2 Ton
1	1	1	DEAD	LinStatic			-1,0000	0,0000
1	1	2	DEAD	LinStatic			2,220E-16	0,0000
1	1	1	MODAL	LinModal	Mode	1,000000	-6,4835	0,0000
1	1	2	MODAL	LinModal	Mode	1,000000	6,4835	0,0000
1	1	1	MODAL	LinModal	Mode	2,000000	9,504E-13	0,0000
1	1	2	MODAL	LinModal	Mode	2,000000	-9,504E-13	0,0000
1	1	1	zamana_bagli	LinModHist	Max		1,7787	0,0000
1	1	2	zamana_bagli	LinModHist	Max		4,2002	0,0000
1	1	1	zamana_bagli	LinModHist	Min		-5,4185	0,0000
1	1	2	zamana_bagli	LinModHist	Min		-4,9305	0,0000

Table: Element Joint Forces - Frames, Part 2 of 3

Frame Text	FrameElem Text	Joint Text	OutputCase Text	StepType Text	StepNum Unitless	F3 Ton	M1 Ton-m	M2 Ton-m
1	1	1	DEAD			99,4570	0,00000	-26,44000
1	1	2	DEAD			0,0000	0,00000	0,00000
1	1	1	MODAL	Mode	1,000000	3,111E-15	0,00000	-217,19699
1	1	2	MODAL	Mode	1,000000	-3,111E-15	0,00000	1,610E-15
1	1	1	MODAL	Mode	2,000000	25590,2084	0,00000	1,059E-11
1	1	2	MODAL	Mode	2,000000	-25590,2084	0,00000	2,125E-11
1	1	1	zamana_bagli	Max		325,9030	0,00000	64,57930
1	1	2	zamana_bagli	Max		2,3122	0,00000	14,39759
1	1	1	zamana_bagli	Min		-265,1892	0,00000	-174,63083
1	1	2	zamana_bagli	Min		-3,3448	0,00000	-11,85168

Table: Element Joint Forces - Frames, Part 3 of 3

Frame Text	FrameElem Text	Joint Text	OutputCase Text	StepType Text	StepNum Unitless	M3 Ton-m
1	1	1	DEAD			0,00000
1	1	2	DEAD			0,00000
1	1	1	MODAL	Mode	1,000000	0,00000
1	1	2	MODAL	Mode	1,000000	0,00000
1	1	1	MODAL	Mode	2,000000	0,00000
1	1	2	MODAL	Mode	2,000000	0,00000
1	1	1	zamana_bagli	Max		0,00000
1	1	2	zamana_bagli	Max		0,00000
1	1	1	zamana_bagli	Min		0,00000
1	1	2	zamana_bagli	Min		0,00000

Table: Frame Section Properties 01 - General, Part 1 of 6

SectionName Text	Material Text	Shape Text	t3 m	t2 m	tf m	tw m
KAZIK	STEEL	Pipe	1,000000			0,140000

Table: Frame Section Properties 01 - General, Part 2 of 6

SectionName Text	t2b m	tfb m	Area m2	TorsConst m4	I33 m4	I22 m4	AS2 m2
KAZIK			0,378248	0,071791	0,035896	0,035896	0,192436

Table: Frame Section Properties 01 - General, Part 3 of 6

SectionName Text	AS3 m2	S33 m3	S22 m3	Z33 m3	Z22 m3	R33 m	R22 m
KAZIK	0,192436	0,071791	0,071791	0,104459	0,104459	0,308058	0,308058

Table: Frame Section Properties 01 - General, Part 4 of 6

SectionName	ConcCol	ConcBeam	Color	TotalWt	TotalMass	FromFile	AMod
Text	Yes/No	Yes/No	Text	Ton	Ton-s2/m	Yes/No	Unitless
KAZIK	No	No	Magenta	99,4570	10,14	No	1,000000

Table: Frame Section Properties 01 - General, Part 5 of 6

SectionName	A2Mod	A3Mod	JMod	I2Mod	I3Mod	MMod	WMod
Text	Unitless	Unitless	Unitless	Unitless	Unitless	Unitless	Unitless
KAZIK	1,000000	1,000000	1,000000	1,000000	1,000000	1,000000	1,000000

Table: Function - Plot Functions

PlotFunc	Type	DistType	Component	Mode
Text	Text	Text	Text	Text
Input Energy	Energy		Input	All

Table: Function - Time History - User

Name	Time	Value
Text	Sec	Unitless
Dalga_kuvveti	0,0000	2,580000
Dalga_kuvveti	0,5000	-2,700000
Dalga_kuvveti	1,0000	-1,870000
Dalga_kuvveti	1,5000	-1,040000
Dalga_kuvveti	2,0000	-0,390000
Dalga_kuvveti	2,5000	0,410000
Dalga_kuvveti	3,0000	1,870000
Dalga_kuvveti	3,5000	3,280000
Dalga_kuvveti	4,0000	2,580000

Table: Grid Lines, Part 1 of 2

CoordSys	AxisDir	GridID	XRYZCoord	LineType	LineColor	Visible	BubbleLoc
Text	Text	Text	m	Text	Text	Yes/No	Text
GLOBAL	X	x1	-1,00000	Primary	Gray8Dark	Yes	End
GLOBAL	X	x2	1,00000	Primary	Gray8Dark	Yes	End
GLOBAL	Y	y1	0,00000	Primary	Gray8Dark	Yes	Start
GLOBAL	Z	z1	0,00000	Primary	Gray8Dark	Yes	End
GLOBAL	Z	z2	26,44000	Primary	Gray8Dark	Yes	End
GLOBAL	Z	z2	33,50000	Primary	Black	Yes	End

Table: Grid Lines, Part 2 of 2

CoordSys	AllVisible	BubbleSize
Text	Yes/No	m
GLOBAL	Yes	1,250000
GLOBAL		
GLOBAL		
GLOBAL		
GLOBAL		

CoordSys	AllVisible	BubbleSize
Text	Yes/No	m
GLOBAL		

Table: Joint Displacements, Part 1 of 2

Joint	OutputCase	CaseType	StepType	StepNum	U1	U2	U3	R1
Text	Text	Text	Text	Unitless	m	m	m	Radians
1	DEAD	LinStatic			0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
1	MODAL	LinModal	Mode	1,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
1	MODAL	LinModal	Mode	2,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
1	zamana_bagli	LinModHist	Max		0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
1	zamana_bagli	LinModHist	Min		0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
2	DEAD	LinStatic			0,011517	0,000000	-0,000211	0,000000
2	MODAL	LinModal	Mode	1,000000	0,108420	0,000000	-1,318E-20	0,000000
2	MODAL	LinModal	Mode	2,000000	-1,318E-20	0,000000	-0,108420	0,000000
2	zamana_bagli	LinModHist	Max		0,085649	0,000000	0,000555	0,000000
2	zamana_bagli	LinModHist	Min		-0,033910	0,000000	-0,000690	0,000000

Table: Joint Displacements, Part 2 of 2

Joint	OutputCase	StepType	StepNum	R2	R3
Text	Text	Text	Unitless	Radians	Radians
1	DEAD			0,000000	0,000000
1	MODAL	Mode	1,000000	0,000000	0,000000
1	MODAL	Mode	2,000000	0,000000	0,000000
1	zamana_bagli	Max		0,000000	0,000000
1	zamana_bagli	Min		0,000000	0,000000
2	DEAD			0,000466	0,000000
2	MODAL	Mode	1,000000	0,004848	0,000000
2	MODAL	Mode	2,000000	2,381E-16	0,000000
2	zamana_bagli	Max		0,003830	0,000000
2	zamana_bagli	Min		-0,001516	0,000000

Table: Joint Displacements - Absolute, Part 1 of 2

Joint	OutputCase	CaseType	StepType	StepNum	U1	U2	U3	R1
Text	Text	Text	Text	Unitless	m	m	m	Radians
1	DEAD	LinStatic			0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
1	MODAL	LinModal	Mode	1,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
1	MODAL	LinModal	Mode	2,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
1	zamana_bagli	LinModHist	Max		0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
1	zamana_bagli	LinModHist	Min		0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
2	DEAD	LinStatic			0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
2	MODAL	LinModal	Mode	1,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
2	MODAL	LinModal	Mode	2,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
2	zamana_bagli	LinModHist	Max		0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
2	zamana_bagli	LinModHist	Min		0,000000	0,000000	0,000000	0,000000

Table: Joint Displacements - Absolute, Part 2 of 2

Joint Text	OutputCase Text	StepType Text	StepNum Unitless	R2 Radians	R3 Radians
1	DEAD			0,000000	0,000000
1	MODAL	Mode	1,000000	0,000000	0,000000
1	MODAL	Mode	2,000000	0,000000	0,000000
1	zamana_bagli	Max		0,000000	0,000000
1	zamana_bagli	Min		0,000000	0,000000
2	DEAD			0,000000	0,000000
2	MODAL	Mode	1,000000	0,000000	0,000000
2	MODAL	Mode	2,000000	0,000000	0,000000
2	zamana_bagli	Max		0,000000	0,000000
2	zamana_bagli	Min		0,000000	0,000000

Table: Joint Reactions, Part 1 of 2

Joint Text	OutputCase Text	CaseType Text	StepType Text	StepNum Unitless	U1 Ton	U2 Ton	U3 Ton	R1 Ton-m
1	DEAD	LinStatic			-1,0000	0,0000	99,4570	0,00000
1	MODAL	LinModal	Mode	1,000000	-6,4835	0,0000	3,111E-15	0,00000
1	MODAL	LinModal	Mode	2,000000	9,504E-13	0,0000	25590,2084	0,00000
1	zamana_bagli	LinModHist	Max		1,7787	0,0000	325,9030	0,00000
1	zamana_bagli	LinModHist	Min		-5,4185	0,0000	-265,1892	0,00000

Table: Joint Reactions, Part 2 of 2

Joint Text	OutputCase Text	StepType Text	StepNum Unitless	R2 Ton-m	R3 Ton-m
1	DEAD			-26,44000	0,00000
1	MODAL	Mode	1,000000	-217,19699	0,00000
1	MODAL	Mode	2,000000	1,059E-11	0,00000
1	zamana_bagli	Max		64,57930	0,00000
1	zamana_bagli	Min		-174,63083	0,00000

Table: Load Case Definitions

LoadCase Text	DesignType Text	SelfWtMult Unitless	AutoLoad Text
DEAD	DEAD	1,000000	

Table: Masses 1 - Mass Source

MassFrom Text
Elements

Table: Material Properties 03 - Design Steel

Material Text	Fy Ton/m2	Fu Ton/m2
STEEL	25309,36	40778,45

Table: Modal Load Participation Ratios

OutputCase	ItemType	Item	Static	Dynamic
Text	Text	Text	Percent	Percent
MODAL	Acceleration	UX	100,0000	100,0000
MODAL	Acceleration	UY	0,0000	0,0000
MODAL	Acceleration	UZ	100,0000	100,0000

Table: Modal Participating Mass Ratios, Part 1 of 3

OutputCase	StepType	StepNum	Period	UX	UY	UZ	SumUX	SumUY
Text	Text	Unitless	Sec	Unitless	Unitless	Unitless	Unitless	Unitless
MODAL	Mode	1,000000	7,494123	1,000000	0,000000	0,000000	1,000000	0,000000
MODAL	Mode	2,000000	0,119286	0,000000	0,000000	1,000000	1,000000	0,000000

Table: Modal Participating Mass Ratios, Part 2 of 3

OutputCase	StepType	StepNum	SumUZ	RX	RY	RZ	SumRX	SumRY
Text	Text	Unitless	Unitless	Unitless	Unitless	Unitless	Unitless	Unitless
MODAL	Mode	1,000000	0,000000	0,000000	0,999110	0,000000	0,000000	0,999110
MODAL	Mode	2,000000	1,000000	0,000000	0,000890	0,000000	0,000000	1,000000

Table: Modal Participating Mass Ratios, Part 3 of 3

OutputCase	StepType	StepNum	SumRZ
Text	Text	Unitless	Unitless
MODAL	Mode	1,000000	0,000000
MODAL	Mode	2,000000	0,000000

Table: Modal Participation Factors, Part 1 of 2

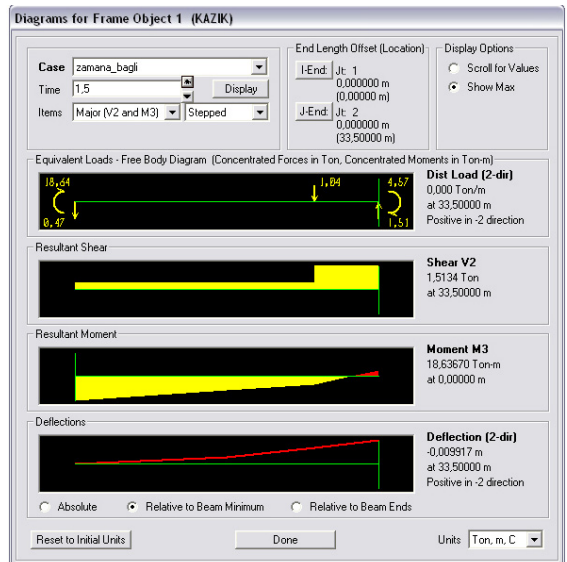
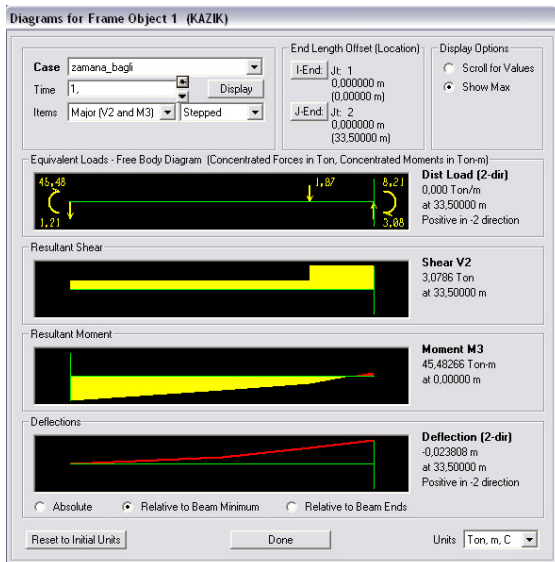
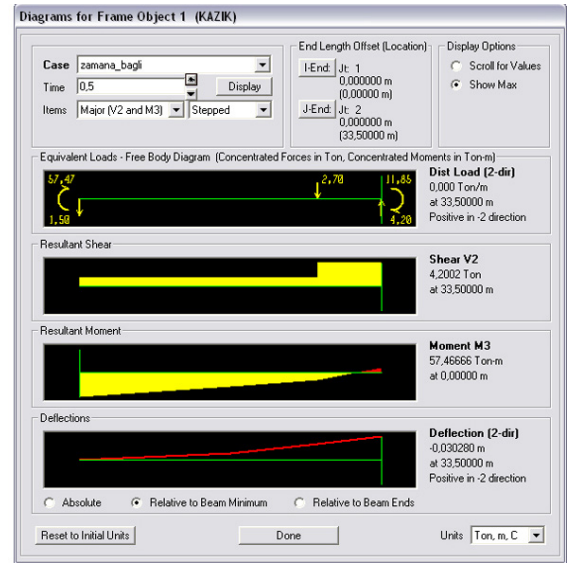
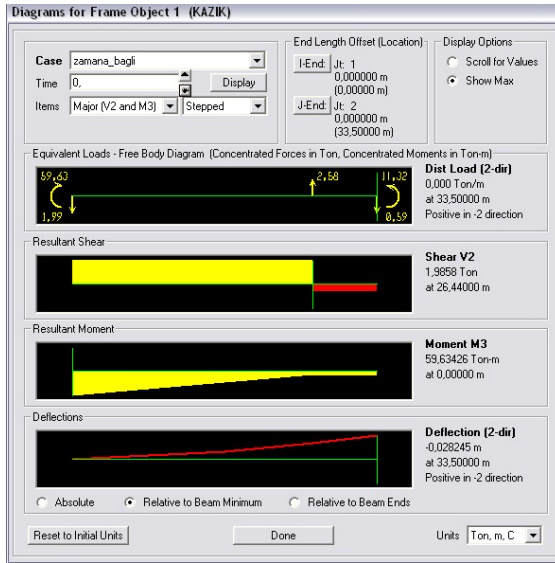
OutputCase	StepType	StepNum	Period	UX	UY	UZ	RX	RY
Text	Text	Unitless	Sec	Ton-s2	Ton-s2	Ton-s2	Ton-m-s2	Ton-m-s2
MODAL	Mode	1,000000	7,494123	-9,223397	0,000000	1,121E-18	0,000000	-308,98381
MODAL	Mode	2,000000	0,119286	1,121E-18	0,000000	9,223397	0,000000	9,223397

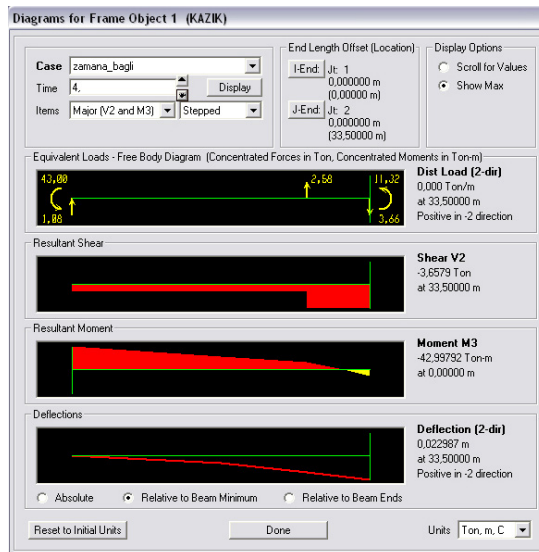
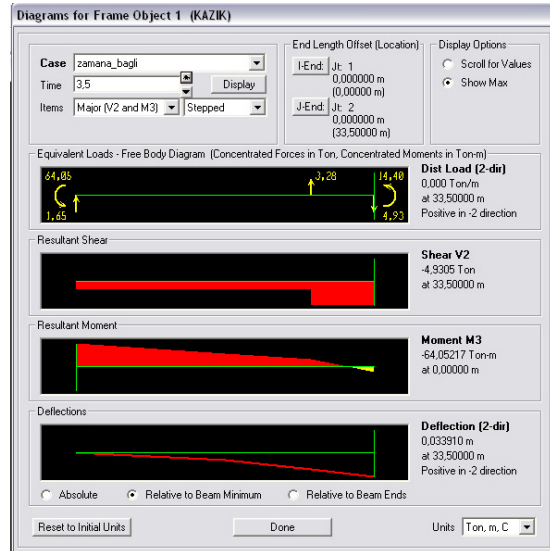
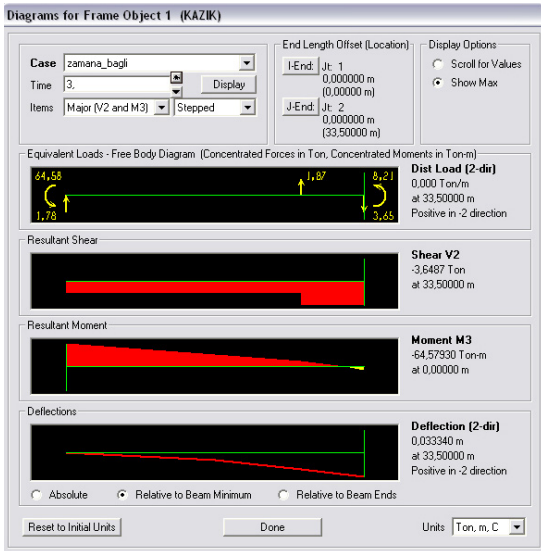
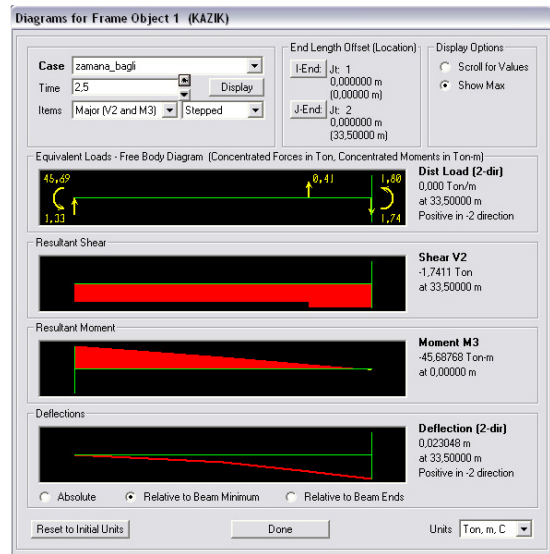
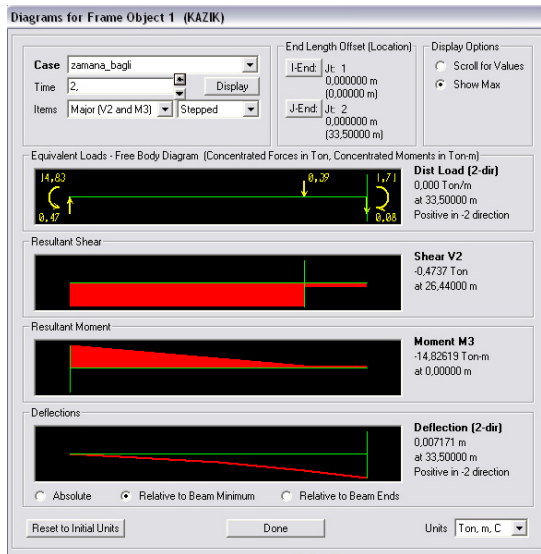
Table: Modal Participation Factors, Part 2 of 2

OutputCase	StepType	StepNum	RZ	ModalMass	ModalStiff
Text	Text	Unitless	Ton-m-s2	Ton-m-s2	Ton-m
MODAL	Mode	1,000000	0,000000	1,0000	0,702940
MODAL	Mode	2,000000	0,000000	1,0000	2774,488417

Table: Modal Periods And Frequencies

OutputCase	StepType	StepNum	Period	Frequency	CircFreq	Eigenvalue
Text	Text	Unitless	Sec	Cyc/sec	rad/sec	rad2/sec2
MODAL	Mode	1,000000	7,494123	1,3344E-01	8,3842E-01	7,0294E-01
MODAL	Mode	2,000000	0,119286	8,3832E+00	5,2673E+01	2,7745E+03





Sonuç olarak çıktı tabloları ve diyagramlar incelendiğinde, dalga kuvveti etkisiyle kazık boyunca oluşacak olan kesme kuvvetinin, eğilme momentinin ve kazığın eğilmesinin maksimum değerleri ve ankastre mesnete olan mesafeleri özet olarak Tablo 5.4’de verilmiştir.

Tablo 5.4. Kazıkta Meydana Gelen Kesit Tesirleri

Zaman, t	Kesme Kuvveti $V_{\max}$		Eğilme Momenti $M_{\max}$		Deplasman	
	$V_{\max}$	Ankastre Mesnete Uzaklık	$M_{\max}$	Ankastre Mesnete Uzaklık	$\delta_{\max}$	Ankastre Mesnete Uzaklık
(saniye)	(ton)	(m)	(ton – m)	(m)	(m)	(m)
0,00	+ 1,99	26,44	+ 59,63	0,00	– 0,0282	33,50
0,50	+ 4,20	33,50	+ 57,47	0,00	– 0,0303	33,50
1,00	+ 3,08	33,50	+ 45,48	0,00	– 0,0238	33,50
1,50	+ 1,51	33,50	+ 18,64	0,00	– 0,0099	33,50
2,00	– 0,47	26,44	– 14,83	0,00	+ 0,0072	33,50
2,50	– 1,74	33,50	– 45,69	0,00	+ 0,0230	33,50
3,00	– 3,65	33,50	– 64,58	0,00	+ 0,0333	33,50
3,50	– 4,93	33,50	– 64,05	0,00	+ 0,0339	33,50
4,00	– 3,66	33,50	– 42,99	0,00	+ 0,0229	33,50

5.6. Hidrodinamik F_t Kuvveti Etkisindeki Tekil Kazığın Dinamik Analizi

Zemin ile Kazık Arasındaki Etkileşim Durumu İçin, $p-y$ (Etki – Ötelenme) Eğrileriyle Çözüm.

Bu bölümdeki analizde, tasarımı yapılan tekil kazığın zemin içine gömülü kısmının, zemin ile etkileşimi de göz önüne alınacaktır. Bu etkileşimde zeminle kazık arasındaki $p-y$ (etki – ötelenme) eğrileri kullanılacaktır. Bu etki ötelenme eğrilerinden bulunan k değerleri $\left(k = \frac{p}{y} \right)$ ile zemin, elastik yay olarak kabul edilecek ve analiz yapılacaktır.

Kazık deniz tabanından itibaren 20 metre zemine gömülmüştür (Şekil 5.2). Deniz tabanı seviyesindeki 1,5 metrelik kısım, oyulma etkisi nedeniyle ihmal edilecektir ($x=0$ konumu, oyulmanın bittiği kabul edilen seviye olacaktır). Etki – Ötelenme eğrileri, $x=1,85$ m de bir belirlenecektir.

$p-y$ Eğrisinin Belirlenmesi

Bölüm 2.5.4’de anlatılan $p-y$ eğrilerinin belirlenmesi aşağıdaki gibidir.

$$\alpha = \frac{1}{2} \phi \quad (2.56)$$

$$\alpha = 18^0$$

$$\beta = 45 + \alpha \quad (2.57)$$

$$\beta = 63^0$$

$$K_0 = 0,4 \quad (2.58)$$

$$K_A = \tan^2(45 - \alpha) \quad (2.59)$$

$$K_A = 0,2596$$

$$p_{cr} = \gamma \cdot x \cdot \left[\frac{k_0 x \tan \phi \sin \beta}{\tan(\beta - \phi) \cos \alpha} + \frac{\tan \beta}{\tan(\beta - \phi)} (D + x \tan \beta \tan \alpha) + K_0 x \tan \beta (\tan \phi \sin \beta - \tan \alpha) - K_A \cdot D \right] \quad (2.60)$$

$$P_{cr} = 2,8385 \cdot x^2 + 3,1433 \cdot x$$

$$P_{cd} = K_A D \gamma \cdot x (\tan^8 \beta - 1) + K_0 D \gamma \cdot x \tan \phi \tan^4 \beta \quad (2.61)$$

$$P_{cd} = 53,54 \cdot x$$

Tablo 5.5. Derinliğe Bağlı Olarak P_{cr} ve P_{cd} Değerleri

x (metre)	P_{cr} (ton / m)	P_{cd} (ton / m)
0,00	0,00	0,00
1,85	15,53	99,05
3,70	50,49	198,10
5,55	104,88	297,15
7,40	178,70	396,20
9,25	271,94	495,25
11,10	384,62	594,29
12,95	516,73	693,34
14,80	668,27	792,39
16,65	839,23	891,44
18,50	1029,63	990,49

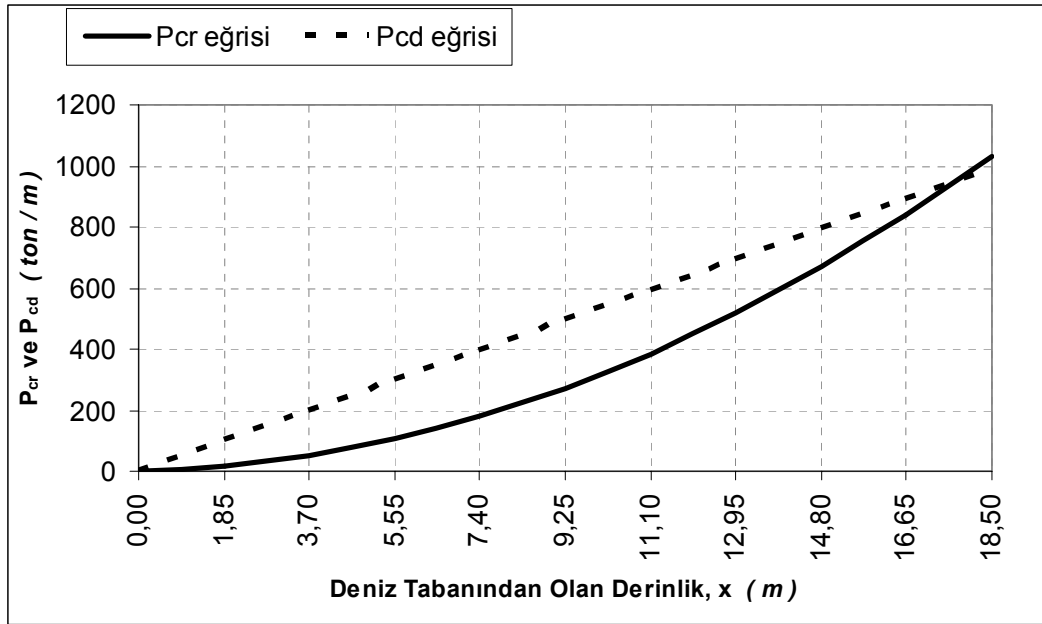
P_{cr} ve P_{cd} değerleri derinliğe bağlı olarak çizildiğinde, P_{cr} eğrisi ile P_{cd} eğrisinin kesiştiği nokta kritik derinliktir. Bu kritik derinliğin üzerinde P_c değeri için P_{cr} değeri, altında ise P_{cd} değeri kullanılır (22).

Şekil 5.6'dan da anlaşıldığı gibi kritik derinlik olan $x_r = 17,69$ metredir.

Tablo 2.10.b'den suya doygun orta sıkılıktaki kumlar için, taban reaksiyonu katsayısı n_h değeri, $n_h = 60 \text{ lb/in}^3 = 1661,07 \text{ ton / m}^3$ olarak belirlenir.

$$y_m = \frac{D}{60} \quad (2.63)$$

$$y_m = 0,0167 \text{ m.}$$

Şekil 5.6. P_{cr} ve P_{cd} Eğrileri

$$y_u = \frac{3.D}{80} \quad (2.65)$$

$$y_u = 0,0375 \text{ m.}$$

$$P_m = B_1.P_c \quad (2.62)$$

$$P_u = A_1.p_c \quad (2.64)$$

$$m = \frac{P_u - P_m}{y_u - y_m} \quad (2.66)$$

$$n = \frac{P_m}{m.y_m} \quad (2.67)$$

$$C = \frac{P_m}{(y_m)^{1/n}} \quad (2.68)$$

$$y_k = \left(\frac{C}{n_h.x} \right)^{n/(n-1)} \quad (2.69)$$

$$P = C.y^{1/n} \quad (2.70)$$

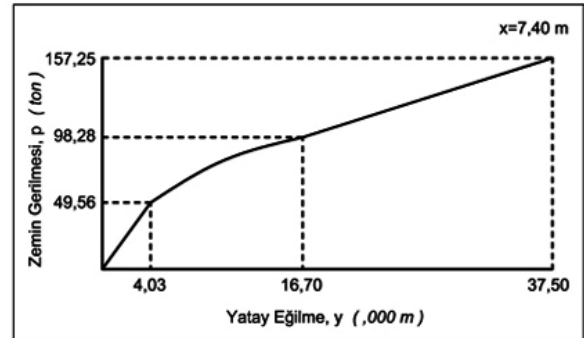
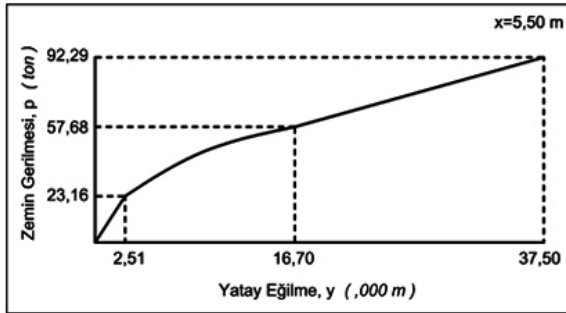
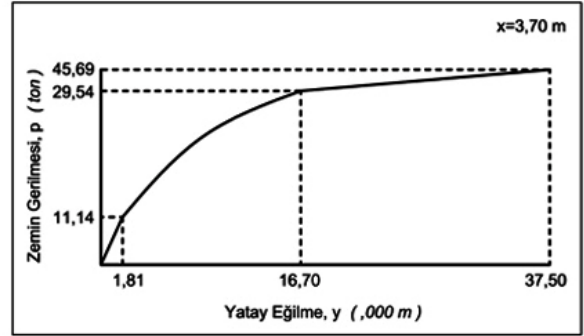
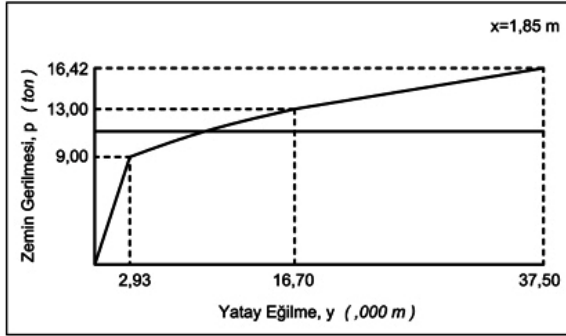
Olmak üzere hesaplanan p ve y değerleri, Tablo 5.6'da gösterilmiştir.

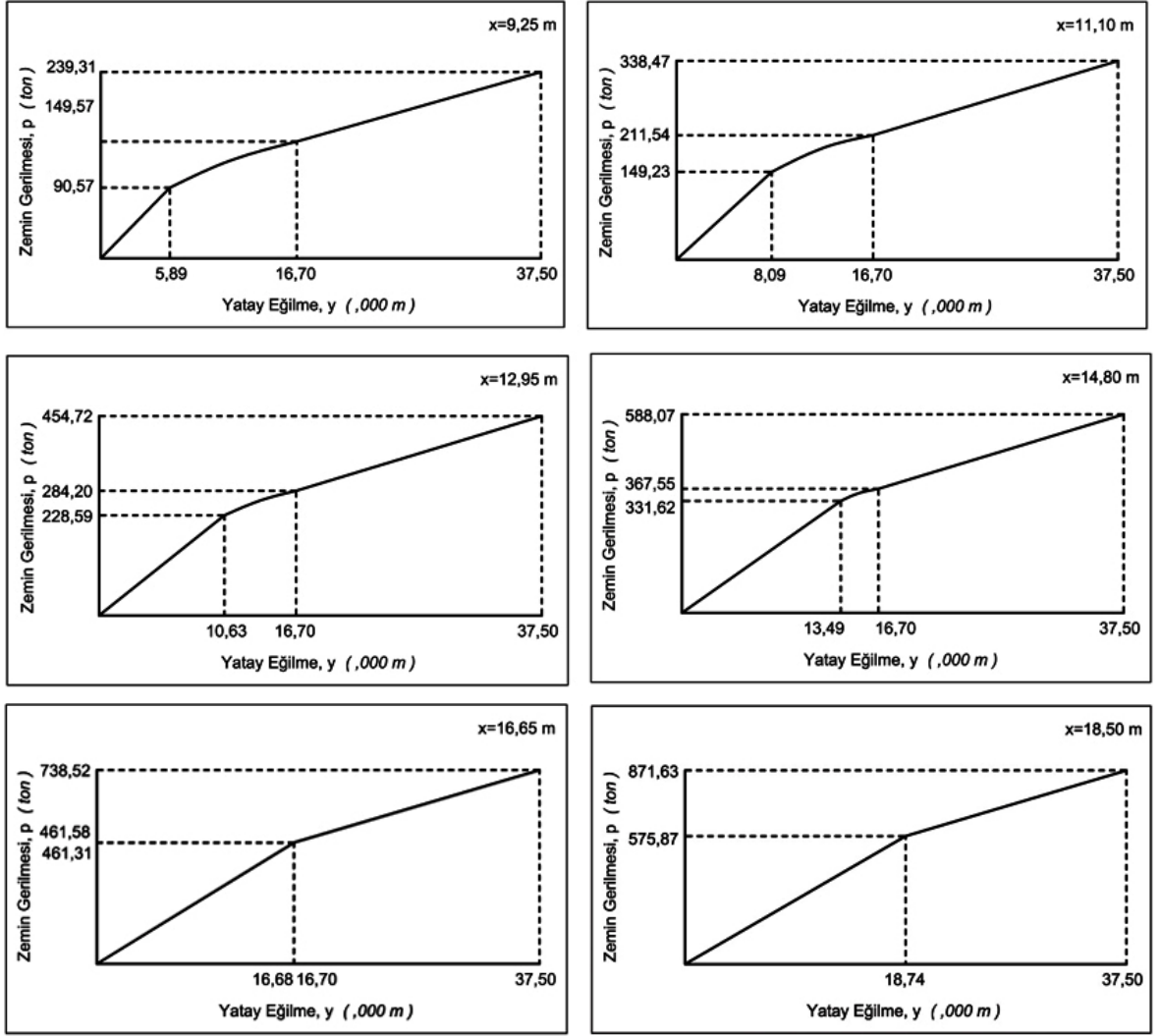
Tablo 5.6. Hesaplanan p–y Değerleri

x (m)	$\frac{x}{D}$	A_1^{**}	B_1^{**}	P_c (t / m)	P_m (t / m)	P_u (t / m)	m	n	C	y_k (10^{-3} m)	P_k (ton)
0,00	0,00	0,770	0,500	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1,85	1,85	1,057	0,837	15,53	13,00	16,42	164,26	4,74	30,83	2,93	9,00
3,70	3,70	0,905	0,585	50,49	29,54	45,69	776,76	2,28	178,20	1,81	11,14
5,55	5,55	0,880	0,550	104,88	57,68	92,29	1663,93	2,08	414,21	2,51	23,16
7,40	7,40	0,880	0,550	178,70	98,28	157,25	2835,09	2,08	705,75	4,03	49,56
9,25	9,25	0,880	0,550	271,94	149,57	239,31	4314,51	2,08	1074,03	5,89	90,57
11,10	11,10	0,880	0,550	384,62	211,54	338,47	6102,18	2,08	1519,04	8,09	149,23
12,95	12,95	0,880	0,550	516,73	284,20	454,72	8198,11	2,08	2040,79	10,63	228,59
14,80	14,80	0,880	0,550	668,27	367,55	588,07	10602,30	2,08	2639,27	13,49	331,62
16,65	16,65	0,880	0,550	839,23	461,58	738,52	13314,74	2,08	3314,49	16,68	461,31
18,50	18,50	0,880	0,550	990,49	544,77	871,63	15714,50	2,08	3911,87	18,74	575,87

** : Tablo 2.17'den belirlenir.

Tablo 5.6'da hesaplanan değerlere göre çizilmiş p–y eğrileri aşağıdaki gibidir.

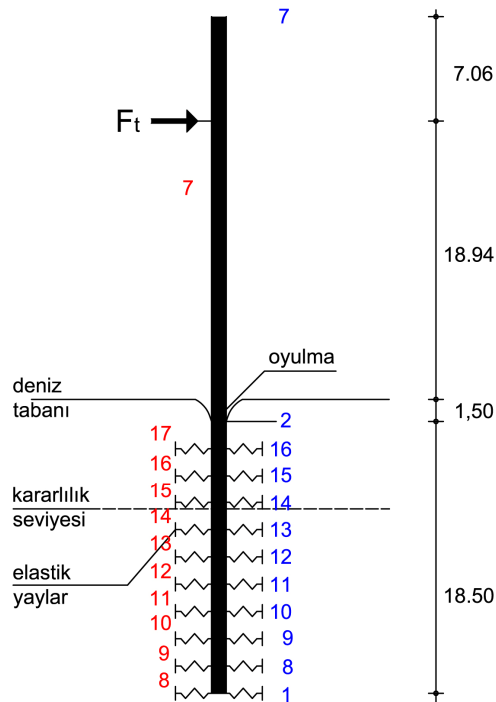




Sonuç olarak, x seviyeleri için hesaplanan p–y değerlerine karşılık gelen ve dinamik analizde elastik zemin için kullanılacak olan k rijitlik katsayıları Tablo 5.7’de hesaplanmıştır.

Tablo 5.7. Zemin için k Rijitlik Katsayıları

x (metre)	$k = \frac{p}{y}$ (ton / m)
1,85	3.073
3,70	6.146
5,55	9.219
7,40	12.292
9,25	15.365
11,10	18.438
12,95	21.511
14,80	24.584
16,65	27.657
18,50	30.730



Şekil 5.7. Zeminin Elastik Yay Olarak Kabul Edildiği ve Dinamik Analizi Yapılan Sistem

Tasarımı yapılan Şekil 5.7’de görülen kazıkta, dinamik F_t kuvveti etkisiyle meydana gelen kesit tesirlerinin ve yerdeğiştirmelerinin hesaplanmasında SAP 2000 bilgisayar programı kullanılacaktır. Programın düğüm noktaları ve kazık elemanları için kullandığı numaralar da Şekil 5.7’de gösterilmiştir. Düğüm noktaları için rakamlar mavi renkte, kazık elemanları için ise kırmızı renkte yazılmıştır.

Sonuç olarak programa girilen datalar, elde edilen kesit tesirleri ve deplasmanlar aşağıda sıralanmıştır.

Table: Analysis Case Definitions

Case	Type	InitialCond	ModalCase
Text	Text	Text	Text
DEAD	LinStatic	Zero	
MODAL	LinModal	Zero	
zamana_bagli	LinModHist	Zero	MODAL

Table: Assembled Joint Masses

Joint Text	U1 Ton-s2/m	U2 Ton-s2/m	U3 Ton-s2/m	R1 Ton-m-s2	R2 Ton-m-s2	R3 Ton-m-s2
1	0,28	0,28	0,28	0,00000	0,00000	0,00000
2	4,44	4,44	4,44	0,00000	0,00000	0,00000

Joint	U1	U2	U3	R1	R2	R3
Text	Ton-s2/m	Ton-s2/m	Ton-s2/m	Ton-m-s2	Ton-m-s2	Ton-m-s2
7	84,16	4,16	84,16	0,00000	0,00000	0,00000
8	0,56	0,56	0,56	0,00000	0,00000	0,00000
9	0,56	0,56	0,56	0,00000	0,00000	0,00000
10	0,56	0,56	0,56	0,00000	0,00000	0,00000
11	0,56	0,56	0,56	0,00000	0,00000	0,00000
12	0,56	0,56	0,56	0,00000	0,00000	0,00000
13	0,56	0,56	0,56	0,00000	0,00000	0,00000
14	0,56	0,56	0,56	0,00000	0,00000	0,00000
15	0,56	0,56	0,56	0,00000	0,00000	0,00000
16	0,56	0,56	0,56	0,00000	0,00000	0,00000

Table: Function - Time History - User

Name	Time	Value
Text	Sec	Unitless
Dalga_kuvveti	0,0000	2,580000
Dalga_kuvveti	0,5000	-2,700000
Dalga_kuvveti	1,0000	-1,870000
Dalga_kuvveti	1,5000	-1,040000
Dalga_kuvveti	2,0000	-0,390000
Dalga_kuvveti	2,5000	0,410000
Dalga_kuvveti	3,0000	1,870000
Dalga_kuvveti	3,5000	3,280000
Dalga_kuvveti	4,0000	2,580000

Table: Base Reactions, Part 1 of 4

OutputCase	CaseType	StepType	StepNum	GlobalFX	GlobalFY	GlobalFZ	GlobalMX	GlobalMY
Text	Text	Text	Unitless	Ton	Ton	Ton	Ton-m	Ton-m
DEAD	LinStatic			-1,0000	0,0000	136,5679	0,00000	370,76
MODAL	LinModal	Mode	1,000000	5,9730	0,0000	-5,378E-10	0,00000	274,18
MODAL	LinModal	Mode	2,000000	3630,9995	0,0000	5,819E-05	0,00000	59399,17
MODAL	LinModal	Mode	3,000000	6,661E-06	0,0000	-19031,19	0,00000	-57093,58
MODAL	LinModal	Mode	4,000000	-48574,90	0,0000	-0,0240	0,00000	-422814,9
MODAL	LinModal	Mode	5,000000	52499,62	0,0000	0,0599	0,00000	97209,889
MODAL	LinModal	Mode	6,000000	0,0012	0,0000	-216885,9	0,00000	-650657,8
MODAL	LinModal	Mode	7,000000	-67291,71	0,0000	0,0954	0,00000	-23463,67
MODAL	LinModal	Mode	8,000000	108971,52	0,0000	-0,6506	0,00000	-1591,856
MODAL	LinModal	Mode	9,000000	158184,73	0,0000	-19,1744	0,00000	4829,4241
MODAL	LinModal	Mode	10,000000	1,7709	0,0000	835199,00	0,00000	2505586,1
MODAL	LinModal	Mode	11,000000	194898,05	0,0000	47,3835	0,00000	-634,9802
MODAL	LinModal	Mode	12,000000	-201963,8	0,0000	-7,3638	0,00000	-1607,408
zamana_bagli	LinModHist	Max		3,9001	0,0000	441,3786	0,00000	1294,059
zamana_bagli	LinModHist	Min		-9,9690	0,0000	-363,9710	0,00000	-1057,005

Table: Base Reactions, Part 2 of 4

OutputCase	StepType	StepNum	GlobalMZ	GlobalX	GlobalY	GlobalZ	XCentroid FX	YCentroid FY
Text	Text	Unitless	Ton-m	m	m	m	m	m
DEAD			0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	-3,00000	0,00000
MODAL	Mode	1,000000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	-3,00000	0,00000
MODAL	Mode	2,000000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	-3,00000	0,00000

OutputCase	StepType	StepNum	GlobalMZ	GlobalX	GlobalY	GlobalZ	XCentroid FX	YCentroid FX
Text	Text	Unitless	Ton-m	m	m	m	m	m
MODAL	Mode	3,000000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	-3,00000	0,00000
MODAL	Mode	4,000000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	-3,00000	0,00000
MODAL	Mode	5,000000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	-3,00000	0,00000
MODAL	Mode	6,000000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	-3,00000	0,00000
MODAL	Mode	7,000000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	-3,00000	0,00000
MODAL	Mode	8,000000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	-3,00000	0,00000
MODAL	Mode	9,000000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	-3,00000	0,00000
MODAL	Mode	10,000000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	-3,00000	0,00000
MODAL	Mode	11,000000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	-3,00000	0,00000
MODAL	Mode	12,000000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	-3,00000	0,00000
zamana_bagli	Max		0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	-3,00000	0,00000
zamana_bagli	Min		0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	-3,00000	0,00000

Table: Base Reactions, Part 3 of 4

OutputCase	StepType	StepNum	ZCentroid FX	XCentroid FY	YCentroid FY	ZCentroid FY	XCentroid FZ	YCentroid FZ
Text	Text	Unitless	m	m	m	m	m	m
DEAD			38,94000	0,00000	0,00000	0,00000	-3,00000	0,00000
MODAL	Mode	1,000000	45,90326	0,00000	0,00000	0,00000	-3,00000	0,00000
MODAL	Mode	2,000000	16,35890	0,00000	0,00000	0,00000	-3,00000	0,00000
MODAL	Mode	3,000000	17,83037	0,00000	0,00000	0,00000	-3,00000	0,00000
MODAL	Mode	4,000000	8,70439	0,00000	0,00000	0,00000	-3,00000	0,00000
MODAL	Mode	5,000000	1,85163	0,00000	0,00000	0,00000	-3,00000	0,00000
MODAL	Mode	6,000000	76,79985	0,00000	0,00000	0,00000	-3,00000	0,00000
MODAL	Mode	7,000000	0,34869	0,00000	0,00000	0,00000	-3,00000	0,00000
MODAL	Mode	8,000000	-0,01459	0,00000	0,00000	0,00000	-3,00000	0,00000
MODAL	Mode	9,000000	0,03089	0,00000	0,00000	0,00000	-3,00000	0,00000
MODAL	Mode	10,000000	-6,14378	0,00000	0,00000	0,00000	-3,00000	0,00000
MODAL	Mode	11,000000	-0,00399	0,00000	0,00000	0,00000	-3,00000	0,00000
MODAL	Mode	12,000000	0,00785	0,00000	0,00000	0,00000	-3,00000	0,00000
zamana_bagli	Max		77,70003	0,00000	0,00000	0,00000	-3,00000	0,00000
zamana_bagli	Min		-13,69417	0,00000	0,00000	0,00000	-3,00000	0,00000

Table: Base Reactions, Part 4 of 4

OutputCase	StepType	StepNum	ZCentroidFZ
Text	Text	Unitless	m
DEAD			-3,330E-15
MODAL	Mode	1,000000	18,23344
MODAL	Mode	2,000000	19,91031
MODAL	Mode	3,000000	4,383E-07
MODAL	Mode	4,000000	18,49536
MODAL	Mode	5,000000	20,37686
MODAL	Mode	6,000000	1,694E-05
MODAL	Mode	7,000000	17,98663
MODAL	Mode	8,000000	19,98684
MODAL	Mode	9,000000	1,51275
MODAL	Mode	10,000000	0,00040
MODAL	Mode	11,000000	15,18950
MODAL	Mode	12,000000	13,74959
zamana_bagli	Max		-0,23542

OutputCase	StepType	StepNum	ZCentroidFZ
Text	Text	Unitless	m
zamana_bagli	Min		-0,24573

Table: Element Forces - Frames, Part 1 of 2

Frame	Station	OutputCase	CaseType	StepType	StepNum	P	V2	V3
Text	m	Text	Text	Text	Unitless	Ton	Ton	Ton
7	0,0000	zamana_bagli	LinModHist	Max		220,8063	5,2630	0,0000
7	13,7500	zamana_bagli	LinModHist	Max		110,5871	5,2630	0,0000
7	20,4400	zamana_bagli	LinModHist	Max		56,9605	5,2630	0,0000
7	20,4400	zamana_bagli	LinModHist	Max		56,9605	3,6113	0,0000
7	27,5000	zamana_bagli	LinModHist	Max		2,1942	3,6113	0,0000
7	0,00000	zamana_bagli	LinModHist	Min		-267,3783	-1,6798	0,0000
7	13,7500	zamana_bagli	LinModHist	Min		-133,4824	-1,6798	0,0000
7	20,4400	zamana_bagli	LinModHist	Min		-68,3359	-1,6798	0,0000
7	20,4400	zamana_bagli	LinModHist	Min		-68,3359	-4,6947	0,0000
7	27,5000	zamana_bagli	LinModHist	Min		-2,9123	-4,6947	0,0000
8	0,00000	zamana_bagli	LinModHist	Max		356,7830	1,6357	0,0000
8	0,92500	zamana_bagli	LinModHist	Max		349,3683	1,6357	0,0000
8	1,85000	zamana_bagli	LinModHist	Max		341,9535	1,6357	0,0000
8	0,00000	zamana_bagli	LinModHist	Min		-432,7795	-0,6465	0,0000
8	0,92500	zamana_bagli	LinModHist	Min		-423,7719	-0,6465	0,0000
8	1,85000	zamana_bagli	LinModHist	Min		-414,7644	-0,6465	0,0000
9	0,00000	zamana_bagli	LinModHist	Max		352,2185	0,1641	0,0000
9	0,92500	zamana_bagli	LinModHist	Max		344,8038	0,1641	0,0000
9	1,85000	zamana_bagli	LinModHist	Max		337,3891	0,1641	0,0000
9	0,00000	zamana_bagli	LinModHist	Min		-427,2315	-0,1405	0,0000
9	0,92500	zamana_bagli	LinModHist	Min		-418,2239	-0,1405	0,0000
9	1,85000	zamana_bagli	LinModHist	Min		-409,2164	-0,1405	0,0000
10	0,00000	zamana_bagli	LinModHist	Max		343,4139	0,9623	0,0000
10	0,92500	zamana_bagli	LinModHist	Max		335,9991	0,9623	0,0000
10	1,85000	zamana_bagli	LinModHist	Max		328,5844	0,9623	0,0000
10	0,00000	zamana_bagli	LinModHist	Min		-416,5296	-3,7096	0,0000
10	0,92500	zamana_bagli	LinModHist	Min		-407,5220	-3,7096	0,0000
10	1,85000	zamana_bagli	LinModHist	Min		-398,5145	-3,7096	0,0000
11	0,00000	zamana_bagli	LinModHist	Max		330,9888	2,8178	0,0000
11	0,92500	zamana_bagli	LinModHist	Max		323,5741	2,8178	0,0000
11	1,85000	zamana_bagli	LinModHist	Max		316,1593	2,8178	0,0000
11	0,00000	zamana_bagli	LinModHist	Min		-401,4269	-8,4031	0,0000
11	0,92500	zamana_bagli	LinModHist	Min		-392,4194	-8,4031	0,0000
11	1,85000	zamana_bagli	LinModHist	Min		-383,4118	-8,4031	0,0000
12	0,00000	zamana_bagli	LinModHist	Max		315,7809	4,6780	0,0000
12	0,92500	zamana_bagli	LinModHist	Max		308,3662	4,6780	0,0000
12	1,85000	zamana_bagli	LinModHist	Max		300,9514	4,6780	0,0000
12	0,00000	zamana_bagli	LinModHist	Min		-382,9415	-14,0817	0,0000
12	0,92500	zamana_bagli	LinModHist	Min		-373,9339	-14,0817	0,0000
12	1,85000	zamana_bagli	LinModHist	Min		-364,9264	-14,0817	0,0000
13	0,00000	zamana_bagli	LinModHist	Max		298,7555	6,0107	0,0000
13	0,92500	zamana_bagli	LinModHist	Max		291,3407	6,0107	0,0000
13	1,85000	zamana_bagli	LinModHist	Max		283,9260	6,0107	0,0000
13	0,00000	zamana_bagli	LinModHist	Min		-362,2463	-18,8568	0,0000
13	0,92500	zamana_bagli	LinModHist	Min		-353,2387	-18,8568	0,0000
13	1,85000	zamana_bagli	LinModHist	Min		-344,2312	-18,8568	0,0000
14	0,00000	zamana_bagli	LinModHist	Max		280,9023	6,8678	0,0000
14	0,92500	zamana_bagli	LinModHist	Max		273,4875	6,8678	0,0000
14	1,85000	zamana_bagli	LinModHist	Max		266,0728	6,8678	0,0000

Frame	Station	OutputCase	CaseType	StepType	StepNum	P	V2	V3
Text	m	Text	Text	Text	Unitless	Ton	Ton	Ton
14	0,00000	zamana_bagli	LinModHist	Min		-340,5443	-19,0762	0,0000
14	0,92500	zamana_bagli	LinModHist	Min		-331,5367	-19,0762	0,0000
14	1,85000	zamana_bagli	LinModHist	Min		-322,5292	-19,0762	0,0000
15	0,00000	zamana_bagli	LinModHist	Max		263,1256	4,8907	0,0000
15	0,92500	zamana_bagli	LinModHist	Max		255,7108	4,8907	0,0000
15	1,85000	zamana_bagli	LinModHist	Max		248,2961	4,8907	0,0000
15	0,00000	zamana_bagli	LinModHist	Min		-318,9344	-15,0748	0,0000
15	0,92500	zamana_bagli	LinModHist	Min		-309,9268	-15,0748	0,0000
15	1,85000	zamana_bagli	LinModHist	Min		-300,9193	-15,0748	0,0000
16	0,00000	zamana_bagli	LinModHist	Max		246,1552	2,3096	0,0000
16	0,92500	zamana_bagli	LinModHist	Max		238,7405	2,3096	0,0000
16	1,85000	zamana_bagli	LinModHist	Max		231,3257	2,3096	0,0000
16	0,00000	zamana_bagli	LinModHist	Min		-298,3037	-4,4430	0,0000
16	0,92500	zamana_bagli	LinModHist	Min		-289,2962	-4,4430	0,0000
16	1,85000	zamana_bagli	LinModHist	Min		-280,2886	-4,4430	0,0000
17	0,00000	zamana_bagli	LinModHist	Max		230,4789	9,9680	0,0000
17	0,92500	zamana_bagli	LinModHist	Max		223,0642	9,9680	0,0000
17	1,85000	zamana_bagli	LinModHist	Max		215,6494	9,9680	0,0000
17	0,00000	zamana_bagli	LinModHist	Min		-279,2450	-3,9132	0,0000
17	0,92500	zamana_bagli	LinModHist	Min		-270,2375	-3,9132	0,0000
17	1,85000	zamana_bagli	LinModHist	Min		-261,2299	-3,9132	0,0000

Table: Element Forces - Frames, Part 2 of 2

Frame	Station	OutputCase	StepType	StepNum	T	M2	M3
Text	m	Text	Text	Unitless	Ton-m	Ton-m	Ton-m
7	0,00000	zamana_bagli	Max		0,00000	0,00000	136,55584
7	13,75000	zamana_bagli	Max		0,00000	0,00000	64,18936
7	20,44000	zamana_bagli	Max		0,00000	0,00000	28,97979
7	20,44000	zamana_bagli	Max		0,00000	0,00000	28,97979
7	27,50000	zamana_bagli	Max		0,00000	0,00000	12,76110
7	0,00000	zamana_bagli	Min		0,00000	0,00000	-52,12244
7	13,75000	zamana_bagli	Min		0,00000	0,00000	-29,84803
7	20,44000	zamana_bagli	Min		0,00000	0,00000	-20,38359
7	20,44000	zamana_bagli	Min		0,00000	0,00000	-20,38359
7	27,50000	zamana_bagli	Min		0,00000	0,00000	-10,50456
8	0,00000	zamana_bagli	Max		0,00000	0,00000	1,239E-13
8	0,92500	zamana_bagli	Max		0,00000	0,00000	0,59806
8	1,85000	zamana_bagli	Max		0,00000	0,00000	1,19611
8	0,00000	zamana_bagli	Min		0,00000	0,00000	-1,021E-13
8	0,92500	zamana_bagli	Min		0,00000	0,00000	-1,51300
8	1,85000	zamana_bagli	Min		0,00000	0,00000	-3,02599
9	0,00000	zamana_bagli	Max		0,00000	0,00000	1,19611
9	0,92500	zamana_bagli	Max		0,00000	0,00000	1,10791
9	1,85000	zamana_bagli	Max		0,00000	0,00000	1,01971
9	0,00000	zamana_bagli	Min		0,00000	0,00000	-3,02599
9	0,92500	zamana_bagli	Min		0,00000	0,00000	-3,13694
9	1,85000	zamana_bagli	Min		0,00000	0,00000	-3,24788
10	0,00000	zamana_bagli	Max		0,00000	0,00000	1,01971
10	0,92500	zamana_bagli	Max		0,00000	0,00000	0,23197
10	1,85000	zamana_bagli	Max		0,00000	0,00000	3,61482
10	0,00000	zamana_bagli	Min		0,00000	0,00000	-3,24788
10	0,92500	zamana_bagli	Min		0,00000	0,00000	-0,16528
10	1,85000	zamana_bagli	Min		0,00000	0,00000	-0,82267

Frame	Station	OutputCase	StepType	StepNum	T	M2	M3
Text	m	Text	Text	Unitless	Ton-m	Ton-m	Ton-m
11	0,00000	zamana_bagli	Max		0,00000	0,00000	3,61482
11	0,92500	zamana_bagli	Max		0,00000	0,00000	11,38771
11	1,85000	zamana_bagli	Max		0,00000	0,00000	19,16060
11	0,00000	zamana_bagli	Min		0,00000	0,00000	-0,82267
11	0,92500	zamana_bagli	Min		0,00000	0,00000	-3,36692
11	1,85000	zamana_bagli	Min		0,00000	0,00000	-5,97336
12	0,00000	zamana_bagli	Max		0,00000	0,00000	19,16060
12	0,92500	zamana_bagli	Max		0,00000	0,00000	32,18617
12	1,85000	zamana_bagli	Max		0,00000	0,00000	45,21174
12	0,00000	zamana_bagli	Min		0,00000	0,00000	-5,97336
12	0,92500	zamana_bagli	Min		0,00000	0,00000	-10,30053
12	1,85000	zamana_bagli	Min		0,00000	0,00000	-14,62770
13	0,00000	zamana_bagli	Max		0,00000	0,00000	45,21174
13	0,92500	zamana_bagli	Max		0,00000	0,00000	62,65424
13	1,85000	zamana_bagli	Max		0,00000	0,00000	80,09675
13	0,00000	zamana_bagli	Min		0,00000	0,00000	-14,62770
13	0,92500	zamana_bagli	Min		0,00000	0,00000	-20,18763
13	1,85000	zamana_bagli	Min		0,00000	0,00000	-25,74757
14	0,00000	zamana_bagli	Max		0,00000	0,00000	80,09675
14	0,92500	zamana_bagli	Max		0,00000	0,00000	97,74224
14	1,85000	zamana_bagli	Max		0,00000	0,00000	115,38773
14	0,00000	zamana_bagli	Min		0,00000	0,00000	-25,74757
14	0,92500	zamana_bagli	Min		0,00000	0,00000	-32,10032
14	1,85000	zamana_bagli	Min		0,00000	0,00000	-38,45307
15	0,00000	zamana_bagli	Max		0,00000	0,00000	115,38773
15	0,92500	zamana_bagli	Max		0,00000	0,00000	129,33196
15	1,85000	zamana_bagli	Max		0,00000	0,00000	143,27619
15	0,00000	zamana_bagli	Min		0,00000	0,00000	-38,45307
15	0,92500	zamana_bagli	Min		0,00000	0,00000	-42,97694
15	1,85000	zamana_bagli	Min		0,00000	0,00000	-47,50081
16	0,00000	zamana_bagli	Max		0,00000	0,00000	143,27619
16	0,92500	zamana_bagli	Max		0,00000	0,00000	147,38595
16	1,85000	zamana_bagli	Max		0,00000	0,00000	151,49571
16	0,00000	zamana_bagli	Min		0,00000	0,00000	-47,50081
16	0,92500	zamana_bagli	Min		0,00000	0,00000	-49,50778
16	1,85000	zamana_bagli	Min		0,00000	0,00000	-51,51475
17	0,00000	zamana_bagli	Max		0,00000	0,00000	151,49571
17	0,92500	zamana_bagli	Max		0,00000	0,00000	142,27534
17	1,85000	zamana_bagli	Max		0,00000	0,00000	133,05497
17	0,00000	zamana_bagli	Min		0,00000	0,00000	-51,51475
17	0,92500	zamana_bagli	Min		0,00000	0,00000	-53,08732
17	1,85000	zamana_bagli	Min		0,00000	0,00000	-54,65989

Table: Element Joint Forces - Frames, Part 1 of 3

Frame	FrameElem	Joint	OutputCase	CaseType	StepType	StepNum	F1	F2
Text	Text	Text	Text	Text	Text	Unitless	Ton	Ton
7	1	2	zamana_bagli	LinModHist	Max		1,6798	0,0000
7	1	7	zamana_bagli	LinModHist	Max		3,6113	0,0000
7	1	2	zamana_bagli	LinModHist	Min		-5,2630	0,0000
7	1	7	zamana_bagli	LinModHist	Min		-4,6947	0,0000
8	2	1	zamana_bagli	LinModHist	Max		0,6465	0,0000
8	2	8	zamana_bagli	LinModHist	Max		1,6357	0,0000
8	2	1	zamana_bagli	LinModHist	Min		-1,6357	0,0000

Frame	FrameElem	Joint	OutputCase	CaseType	StepType	StepNum	F1	F2
Text	Text	Text	Text	Text	Text	Unitless	Ton	Ton
8	2	8	zamana_bagli	LinModHist	Min		-0,6465	0,0000
9	3	8	zamana_bagli	LinModHist	Max		0,1405	0,0000
9	3	9	zamana_bagli	LinModHist	Max		0,1641	0,0000
9	3	8	zamana_bagli	LinModHist	Min		-0,1641	0,0000
9	3	9	zamana_bagli	LinModHist	Min		-0,1405	0,0000
10	4	9	zamana_bagli	LinModHist	Max		3,7096	0,0000
10	4	10	zamana_bagli	LinModHist	Max		0,9623	0,0000
10	4	9	zamana_bagli	LinModHist	Min		-0,9623	0,0000
10	4	10	zamana_bagli	LinModHist	Min		-3,7096	0,0000
11	5	10	zamana_bagli	LinModHist	Max		8,4031	0,0000
11	5	11	zamana_bagli	LinModHist	Max		2,8178	0,0000
11	5	10	zamana_bagli	LinModHist	Min		-2,8178	0,0000
11	5	11	zamana_bagli	LinModHist	Min		-8,4031	0,0000
12	6	11	zamana_bagli	LinModHist	Max		14,0817	0,0000
12	6	12	zamana_bagli	LinModHist	Max		4,6780	0,0000
12	6	11	zamana_bagli	LinModHist	Min		-4,6780	0,0000
12	6	12	zamana_bagli	LinModHist	Min		-14,0817	0,0000
13	7	12	zamana_bagli	LinModHist	Max		18,8568	0,0000
13	7	13	zamana_bagli	LinModHist	Max		6,0107	0,0000
13	7	12	zamana_bagli	LinModHist	Min		-6,0107	0,0000
13	7	13	zamana_bagli	LinModHist	Min		-18,8568	0,0000
14	8	13	zamana_bagli	LinModHist	Max		19,0762	0,0000
14	8	14	zamana_bagli	LinModHist	Max		6,8678	0,0000
14	8	13	zamana_bagli	LinModHist	Min		-6,8678	0,0000
14	8	14	zamana_bagli	LinModHist	Min		-19,0762	0,0000
15	9	14	zamana_bagli	LinModHist	Max		15,0748	0,0000
15	9	15	zamana_bagli	LinModHist	Max		4,8907	0,0000
15	9	14	zamana_bagli	LinModHist	Min		-4,8907	0,0000
15	9	15	zamana_bagli	LinModHist	Min		-15,0748	0,0000
16	10	15	zamana_bagli	LinModHist	Max		4,4430	0,0000
16	10	16	zamana_bagli	LinModHist	Max		2,3096	0,0000
16	10	15	zamana_bagli	LinModHist	Min		-2,3096	0,0000
16	10	16	zamana_bagli	LinModHist	Min		-4,4430	0,0000
17	11	16	zamana_bagli	LinModHist	Max		3,9132	0,0000
17	11	2	zamana_bagli	LinModHist	Max		9,9680	0,0000
17	11	16	zamana_bagli	LinModHist	Min		-9,9680	0,0000
17	11	2	zamana_bagli	LinModHist	Min		-3,9132	0,0000

Table: Element Joint Forces - Frames, Part 2 of 3

Frame	FrameElem	Joint	OutputCase	StepType	StepNum	F3	M1	M2
Text	Text	Text	Text	Text	Unitless	Ton	Ton-m	Ton-m
7	1	2	zamana_bagli	Max		267,3783	0,00000	52,12244
7	1	7	zamana_bagli	Max		2,1942	0,00000	12,76110
7	1	2	zamana_bagli	Min		-220,8063	0,00000	-136,55584
7	1	7	zamana_bagli	Min		-2,9123	0,00000	-10,50456
8	2	1	zamana_bagli	Max		432,7795	0,00000	1,021E-13
8	2	8	zamana_bagli	Max		341,9535	0,00000	1,19611
8	2	1	zamana_bagli	Min		-356,7830	0,00000	-1,239E-13
8	2	8	zamana_bagli	Min		-414,7644	0,00000	-3,02599
9	3	8	zamana_bagli	Max		427,2315	0,00000	3,02599
9	3	9	zamana_bagli	Max		337,3891	0,00000	1,01971
9	3	8	zamana_bagli	Min		-352,2185	0,00000	-1,19611
9	3	9	zamana_bagli	Min		-409,2164	0,00000	-3,24788

Frame	FrameElem	Joint	OutputCase	StepType	StepNum	F3	M1	M2
Text	Text	Text	Text	Text	Unitless	Ton	Ton-m	Ton-m
10	4	9	zamana_bagli	Max		416,5296	0,00000	3,24788
10	4	10	zamana_bagli	Max		328,5844	0,00000	3,61482
10	4	9	zamana_bagli	Min		-343,4139	0,00000	-1,01971
10	4	10	zamana_bagli	Min		-398,5145	0,00000	-0,82267
11	5	10	zamana_bagli	Max		401,4269	0,00000	0,82267
11	5	11	zamana_bagli	Max		316,1593	0,00000	19,16060
11	5	10	zamana_bagli	Min		-330,9888	0,00000	-3,61482
11	5	11	zamana_bagli	Min		-383,4118	0,00000	-5,97336
12	6	11	zamana_bagli	Max		382,9415	0,00000	5,97336
12	6	12	zamana_bagli	Max		300,9514	0,00000	45,21174
12	6	11	zamana_bagli	Min		-315,7809	0,00000	-19,16060
12	6	12	zamana_bagli	Min		-364,9264	0,00000	-14,62770
13	7	12	zamana_bagli	Max		362,2463	0,00000	14,62770
13	7	13	zamana_bagli	Max		283,9260	0,00000	80,09675
13	7	12	zamana_bagli	Min		-298,7555	0,00000	-45,21174
13	7	13	zamana_bagli	Min		-344,2312	0,00000	-25,74757
14	8	13	zamana_bagli	Max		340,5443	0,00000	25,74757
14	8	14	zamana_bagli	Max		266,0728	0,00000	115,38773
14	8	13	zamana_bagli	Min		-280,9023	0,00000	-80,09675
14	8	14	zamana_bagli	Min		-322,5292	0,00000	-38,45307
15	9	14	zamana_bagli	Max		318,9344	0,00000	38,45307
15	9	15	zamana_bagli	Max		248,2961	0,00000	143,27619
15	9	14	zamana_bagli	Min		-263,1256	0,00000	-115,38773
15	9	15	zamana_bagli	Min		-300,9193	0,00000	-47,50081
16	10	15	zamana_bagli	Max		298,3037	0,00000	47,50081
16	10	16	zamana_bagli	Max		231,3257	0,00000	151,49571
16	10	15	zamana_bagli	Min		-246,1552	0,00000	-143,27619
16	10	16	zamana_bagli	Min		-280,2886	0,00000	-51,51475
17	11	16	zamana_bagli	Max		279,2450	0,00000	51,51475
17	11	2	zamana_bagli	Max		215,6494	0,00000	133,05497
17	11	16	zamana_bagli	Min		-230,4789	0,00000	-151,49571
17	11	2	zamana_bagli	Min		-261,2299	0,00000	-54,65989

Table: Frame Section Properties 01 - General, Part 1 of 6

SectionName	Material	Shape	t3	t2	tf	tw
Text	Text	Text	m	m	m	m
KAZIK	STEEL	Pipe	1,000000			0,140000

Table: Frame Section Properties 01 - General, Part 2 of 6

SectionName	t2b	tfb	Area	TorsConst	I33	I22	AS2
Text	m	m	m2	m4	m4	m4	m2
KAZIK			0,378248	0,071791	0,035896	0,035896	0,192436

Table: Frame Section Properties 01 - General, Part 3 of 6

SectionName	AS3	S33	S22	Z33	Z22	R33	R22
Text	m2	m3	m3	m3	m3	m	m
KAZIK	0,192436	0,071791	0,071791	0,104459	0,104459	0,308058	0,308058

Table: Frame Section Properties 01 - General, Part 4 of 6

SectionName	ConcCol	ConcBeam	Color	TotalWt	TotalMass	FromFile	AMod
Text	Yes/No	Yes/No	Text	Ton	Ton-s2/m	Yes/No	Unitless
KAZIK	No	No	Red	136,5679	13,93	No	1,000000

Table: Frame Section Properties 01 - General, Part 5 of 6

SectionName	A2Mod	A3Mod	JMod	I2Mod	I3Mod	MMod	WMod
Text	Unitless	Unitless	Unitless	Unitless	Unitless	Unitless	Unitless
KAZIK	1,000000	1,000000	1,000000	1,000000	1,000000	1,000000	1,000000

Table: Joint Coordinates, Part 1 of 2

Joint	CoordSys	CoordType	XorR	Y	Z	SpecialJt	GlobalX
Text	Text	Text	m	m	m	Yes/No	m
1	GLOBAL	Cartesian	-3,00000	0,00000	0,00000	No	-3,00000
2	GLOBAL	Cartesian	-3,00000	0,00000	18,50000	No	-3,00000
7	GLOBAL	Cartesian	-3,00000	0,00000	46,00000	No	-3,00000
8	GLOBAL	Cartesian	-3,00000	0,00000	1,85000	No	-3,00000
9	GLOBAL	Cartesian	-3,00000	0,00000	3,70000	No	-3,00000
10	GLOBAL	Cartesian	-3,00000	0,00000	5,55000	No	-3,00000
11	GLOBAL	Cartesian	-3,00000	0,00000	7,40000	No	-3,00000
12	GLOBAL	Cartesian	-3,00000	0,00000	9,25000	No	-3,00000
13	GLOBAL	Cartesian	-3,00000	0,00000	11,10000	No	-3,00000
14	GLOBAL	Cartesian	-3,00000	0,00000	12,95000	No	-3,00000
15	GLOBAL	Cartesian	-3,00000	0,00000	14,80000	No	-3,00000
16	GLOBAL	Cartesian	-3,00000	0,00000	16,65000	No	-3,00000

Table: Joint Coordinates, Part 2 of 2

Joint	GlobalY	GlobalZ
Text	m	m
1	0,00000	0,00000
2	0,00000	18,50000
7	0,00000	46,00000
8	0,00000	1,85000
9	0,00000	3,70000
10	0,00000	5,55000
11	0,00000	7,40000
12	0,00000	9,25000
13	0,00000	11,10000
14	0,00000	12,95000
15	0,00000	14,80000
16	0,00000	16,65000

Table: Joint Displacements, Part 1 of 2

Joint	OutputCase	CaseType	StepType	StepNum	U1	U2	U3	R1
Text	Text	Text	Text	Unitless	m	m	m	Radians
1	DEAD	LinStatic			0,00000	0,000000	0,000000	0,00000
1	MODAL	LinModal	Mode	1,000000	0,00000	0,000000	0,000000	0,00000
1	MODAL	LinModal	Mode	2,000000	0,00000	0,000000	0,000000	0,00000

Joint	OutputCase	CaseType	StepType	StepNum	U1	U2	U3	R1
Text	Text	Text	Text	Unitless	m	m	m	Radians
1	MODAL	LinModal	Mode	3,000000	0,00000	0,000000	0,000000	0,00000
1	MODAL	LinModal	Mode	4,000000	0,00000	0,000000	0,000000	0,00000
1	MODAL	LinModal	Mode	5,000000	0,00000	0,000000	0,000000	0,00000
1	MODAL	LinModal	Mode	6,000000	0,00000	0,000000	0,000000	0,00000
1	MODAL	LinModal	Mode	7,000000	0,00000	0,000000	0,000000	0,00000
1	MODAL	LinModal	Mode	8,000000	0,00000	0,000000	0,000000	0,00000
1	MODAL	LinModal	Mode	9,000000	0,00000	0,000000	0,000000	0,00000
1	MODAL	LinModal	Mode	10,000000	0,00000	0,000000	0,000000	0,00000
1	MODAL	LinModal	Mode	11,000000	0,00000	0,000000	0,000000	0,00000
1	MODAL	LinModal	Mode	12,000000	0,00000	0,000000	0,000000	0,00000
1	zamana_bagli	LinModHist	Max		0,00000	0,000000	0,000000	0,00000
1	zamana_bagli	LinModHist	Min		0,00000	0,000000	0,000000	0,00000
2	DEAD	LinStatic			0,00080	0,000000	-0,000255	0,00000
2	MODAL	LinModal	Mode	1,000000	-0,00665	0,000000	1,813E-17	0,00000
2	MODAL	LinModal	Mode	2,000000	-0,44934	0,000000	1,029E-11	0,00000
2	MODAL	LinModal	Mode	3,000000	1,24E-10	0,000000	0,044333	0,00000
2	MODAL	LinModal	Mode	4,000000	-0,07669	0,000000	4,748E-10	0,00000
2	MODAL	LinModal	Mode	5,000000	-0,07951	0,000000	9,421E-09	0,00000
2	MODAL	LinModal	Mode	6,000000	2,32E-09	0,000000	0,389489	0,00000
2	MODAL	LinModal	Mode	7,000000	-0,07055	0,000000	-7,392E-09	0,00000
2	MODAL	LinModal	Mode	8,000000	-0,05353	0,000000	7,588E-08	0,00000
2	MODAL	LinModal	Mode	9,000000	0,039876	0,000000	-4,727E-06	0,00000
2	MODAL	LinModal	Mode	10,000000	1,101E-06	0,000000	0,213339	0,00000
2	MODAL	LinModal	Mode	11,000000	-0,029246	0,000000	1,384E-06	0,00000
2	MODAL	LinModal	Mode	12,000000	-0,020573	0,000000	-6,697E-07	0,00000
2	zamana_bagli	LinModHist	Max		0,005848	0,000000	0,000689	0,00000
2	zamana_bagli	LinModHist	Min		-0,001903	0,000000	-0,000835	0,00000
7	DEAD	LinStatic			0,012787	0,000000	-0,000397	0,00000
7	MODAL	LinModal	Mode	1,000000	-0,108992	0,000000	-5,920E-20	0,00000
7	MODAL	LinModal	Mode	2,000000	0,001556	0,000000	2,910E-11	0,00000
7	MODAL	LinModal	Mode	3,000000	-4,329E-13	0,000000	0,108354	0,00000
7	MODAL	LinModal	Mode	4,000000	0,000167	0,000000	3,385E-11	0,00000
7	MODAL	LinModal	Mode	5,000000	0,000094	0,000000	-3,907E-10	0,00000
7	MODAL	LinModal	Mode	6,000000	-2,611E-12	0,000000	-0,011856	0,00000
7	MODAL	LinModal	Mode	7,000000	0,000049	0,000000	1,680E-10	0,00000
7	MODAL	LinModal	Mode	8,000000	0,000024	0,000000	-4,261E-10	0,00000
7	MODAL	LinModal	Mode	9,000000	-0,000012	0,000000	1,726E-08	0,00000
7	MODAL	LinModal	Mode	10,000000	-3,287E-10	0,000000	-0,000778	0,00000
7	MODAL	LinModal	Mode	11,000000	7,058E-06	0,000000	-6,057E-09	0,00000
7	MODAL	LinModal	Mode	12,000000	4,122E-06	0,000000	1,409E-09	0,00000
7	zamana_bagli	LinModHist	Max		0,091626	0,000000	0,001074	0,00000
7	zamana_bagli	LinModHist	Min		-0,034217	0,000000	-0,001300	0,00000
8	DEAD	LinStatic			-9,595E-06	0,000000	-0,000031	0,00000
8	MODAL	LinModal	Mode	1,000000	0,000072	0,000000	6,194E-17	0,00000
8	MODAL	LinModal	Mode	2,000000	0,005808	0,000000	2,243E-11	0,00000
8	MODAL	LinModal	Mode	3,000000	-7,610E-11	0,000000	0,004453	0,00000
8	MODAL	LinModal	Mode	4,000000	0,102104	0,000000	-3,385E-09	0,00000
8	MODAL	LinModal	Mode	5,000000	-0,356273	0,000000	1,142E-08	0,00000
8	MODAL	LinModal	Mode	6,000000	2,653E-08	0,000000	0,050745	0,00000
8	MODAL	LinModal	Mode	7,000000	0,492735	0,000000	6,287E-08	0,00000
8	MODAL	LinModal	Mode	8,000000	-0,572548	0,000000	-1,145E-09	0,00000
8	MODAL	LinModal	Mode	9,000000	-0,599083	0,000000	3,269E-06	0,00000
8	MODAL	LinModal	Mode	10,000000	-7,324E-06	0,000000	-0,195404	0,00000
8	MODAL	LinModal	Mode	11,000000	-0,568726	0,000000	2,033E-07	0,00000
8	MODAL	LinModal	Mode	12,000000	0,483935	0,000000	-3,749E-07	0,00000

Joint	OutputCase	CaseType	StepType	StepNum	U1	U2	U3	R1
Text	Text	Text	Text	Unitless	m	m	m	Radians
8	zamana_bagli	LinModHist	Max		0,000020	0,000000	0,000082	0,00000
8	zamana_bagli	LinModHist	Min		-0,000064	0,000000	-0,000099	0,00000
9	DEAD	LinStatic			-0,000021	0,000000	-0,000061	0,00000
9	MODAL	LinModal	Mode	1,000000	0,000160	0,000000	8,639E-18	0,00000
9	MODAL	LinModal	Mode	2,000000	0,010562	0,000000	-5,679E-12	0,00000
9	MODAL	LinModal	Mode	3,000000	-3,819E-11	0,000000	0,008904	0,00000
9	MODAL	LinModal	Mode	4,000000	0,216951	0,000000	-9,389E-10	0,00000
9	MODAL	LinModal	Mode	5,000000	-0,602119	0,000000	7,608E-09	0,00000
9	MODAL	LinModal	Mode	6,000000	2,045E-08	0,000000	0,100721	0,00000
9	MODAL	LinModal	Mode	7,000000	0,594480	0,000000	-1,695E-08	0,00000
9	MODAL	LinModal	Mode	8,000000	-0,361827	0,000000	-2,997E-07	0,00000
9	MODAL	LinModal	Mode	9,000000	-0,004927	0,000000	8,646E-06	0,00000
9	MODAL	LinModal	Mode	10,000000	-4,585E-06	0,000000	-0,366740	0,00000
9	MODAL	LinModal	Mode	11,000000	0,347281	0,000000	-1,870E-06	0,00000
9	MODAL	LinModal	Mode	12,000000	-0,564741	0,000000	5,238E-06	0,00000
9	zamana_bagli	LinModHist	Max		0,000046	0,000000	0,000162	0,00000
9	zamana_bagli	LinModHist	Min		-0,000141	0,000000	-0,000197	0,00000
10	DEAD	LinStatic			-0,000035	0,000000	-0,000090	0,00000
10	MODAL	LinModal	Mode	1,000000	0,000265	0,000000	-3,548E-17	0,00000
10	MODAL	LinModal	Mode	2,000000	0,011909	0,000000	5,834E-12	0,00000
10	MODAL	LinModal	Mode	3,000000	-8,903E-11	0,000000	0,013354	0,00000
10	MODAL	LinModal	Mode	4,000000	0,347472	0,000000	-4,593E-09	0,00000
10	MODAL	LinModal	Mode	5,000000	-0,653322	0,000000	1,849E-08	0,00000
10	MODAL	LinModal	Mode	6,000000	5,217E-08	0,000000	0,149170	0,00000
10	MODAL	LinModal	Mode	7,000000	0,221767	0,000000	-3,265E-08	0,00000
10	MODAL	LinModal	Mode	8,000000	0,343612	0,000000	-1,648E-07	0,00000
10	MODAL	LinModal	Mode	9,000000	0,597000	0,000000	0,000010	0,00000
10	MODAL	LinModal	Mode	10,000000	0,000012	0,000000	-0,492882	0,00000
10	MODAL	LinModal	Mode	11,000000	0,353844	0,000000	2,708E-06	0,00000
10	MODAL	LinModal	Mode	12,000000	0,177929	0,000000	-7,131E-07	0,00000
10	zamana_bagli	LinModHist	Max		0,000076	0,000000	0,000241	0,00000
10	zamana_bagli	LinModHist	Min		-0,000232	0,000000	-0,000292	0,00000
11	DEAD	LinStatic			-0,000045	0,000000	-0,000118	0,00000
11	MODAL	LinModal	Mode	1,000000	0,000351	0,000000	-9,888E-17	0,00000
11	MODAL	LinModal	Mode	2,000000	0,005407	0,000000	1,253E-11	0,00000
11	MODAL	LinModal	Mode	3,000000	-1,235E-10	0,000000	0,017799	0,00000
11	MODAL	LinModal	Mode	4,000000	0,481269	0,000000	-3,734E-09	0,00000
11	MODAL	LinModal	Mode	5,000000	-0,484967	0,000000	6,625E-09	0,00000
11	MODAL	LinModal	Mode	6,000000	-1,404E-08	0,000000	0,195359	0,00000
11	MODAL	LinModal	Mode	7,000000	-0,323431	0,000000	-1,508E-08	0,00000
11	MODAL	LinModal	Mode	8,000000	0,569541	0,000000	4,841E-07	0,00000
11	MODAL	LinModal	Mode	9,000000	0,002116	0,000000	0,000011	0,00000
11	MODAL	LinModal	Mode	10,000000	3,283E-06	0,000000	-0,558294	0,00000
11	MODAL	LinModal	Mode	11,000000	-0,566024	0,000000	-7,633E-06	0,00000
11	MODAL	LinModal	Mode	12,000000	0,355057	0,000000	-6,544E-06	0,00000
11	zamana_bagli	LinModHist	Max		0,000103	0,000000	0,000317	0,00000
11	zamana_bagli	LinModHist	Min		-0,000306	0,000000	-0,000384	0,00000
12	DEAD	LinStatic			-0,000042	0,000000	-0,000144	0,00000
12	MODAL	LinModal	Mode	1,000000	0,000338	0,000000	-5,558E-17	0,00000
12	MODAL	LinModal	Mode	2,000000	-0,015430	0,000000	8,808E-12	0,00000
12	MODAL	LinModal	Mode	3,000000	-7,689E-11	0,000000	0,022240	0,00000
12	MODAL	LinModal	Mode	4,000000	0,590364	0,000000	-2,645E-09	0,00000
12	MODAL	LinModal	Mode	5,000000	-0,152979	0,000000	1,670E-08	0,00000
12	MODAL	LinModal	Mode	6,000000	-1,836E-08	0,000000	0,238587	0,00000
12	MODAL	LinModal	Mode	7,000000	-0,590165	0,000000	-4,357E-08	0,00000

Joint	OutputCase	CaseType	StepType	StepNum	U1	U2	U3	R1
Text	Text	Text	Text	Unitless	m	m	m	Radians
12	MODAL	LinModal	Mode	8,000000	0,002182	0,000000	-2,756E-07	0,00000
12	MODAL	LinModal	Mode	9,000000	-0,595132	0,000000	0,000012	0,00000
12	MODAL	LinModal	Mode	10,000000	-0,000013	0,000000	-0,554922	0,00000
12	MODAL	LinModal	Mode	11,000000	0,000284	0,000000	-4,590E-06	0,00000
12	MODAL	LinModal	Mode	12,000000	-0,595976	0,000000	-1,071E-06	0,00000
12	zamana_bagli	LinModHist	Max		0,000101	0,000000	0,000389	0,00000
12	zamana_bagli	LinModHist	Min		-0,000291	0,000000	-0,000472	0,00000
13	DEAD	LinStatic			-7,758E-06	0,000000	-0,000169	0,00000
13	MODAL	LinModal	Mode	1,000000	0,000090	0,000000	-2,802E-17	0,00000
13	MODAL	LinModal	Mode	2,000000	-0,057850	0,000000	2,180E-11	0,00000
13	MODAL	LinModal	Mode	3,000000	-2,933E-11	0,000000	0,026675	0,00000
13	MODAL	LinModal	Mode	4,000000	0,637612	0,000000	-2,731E-09	0,00000
13	MODAL	LinModal	Mode	5,000000	0,214507	0,000000	2,028E-08	0,00000
13	MODAL	LinModal	Mode	6,000000	1,396E-08	0,000000	0,278199	0,00000
13	MODAL	LinModal	Mode	7,000000	-0,353891	0,000000	4,730E-08	0,00000
13	MODAL	LinModal	Mode	8,000000	-0,564428	0,000000	-1,345E-07	0,00000
13	MODAL	LinModal	Mode	9,000000	0,007692	0,000000	0,000010	0,00000
13	MODAL	LinModal	Mode	10,000000	-4,084E-06	0,000000	-0,483172	0,00000
13	MODAL	LinModal	Mode	11,000000	0,564802	0,000000	-4,362E-06	0,00000
13	MODAL	LinModal	Mode	12,000000	0,349639	0,000000	2,903E-06	0,00000
13	zamana_bagli	LinModHist	Max		0,000035	0,000000	0,000457	0,00000
13	zamana_bagli	LinModHist	Min		-0,000069	0,000000	-0,000554	0,00000
14	DEAD	LinStatic			0,000082	0,000000	-0,000192	0,00000
14	MODAL	LinModal	Mode	1,000000	-0,000573	0,000000	-2,383E-17	0,00000
14	MODAL	LinModal	Mode	2,000000	-0,127194	0,000000	3,772E-12	0,00000
14	MODAL	LinModal	Mode	3,000000	-1,559E-11	0,000000	0,031103	0,00000
14	MODAL	LinModal	Mode	4,000000	0,589820	0,000000	-1,884E-10	0,00000
14	MODAL	LinModal	Mode	5,000000	0,462929	0,000000	1,029E-08	0,00000
14	MODAL	LinModal	Mode	6,000000	9,270E-09	0,000000	0,313596	0,00000
14	MODAL	LinModal	Mode	7,000000	0,182692	0,000000	-1,815E-08	0,00000
14	MODAL	LinModal	Mode	8,000000	-0,332491	0,000000	-7,861E-08	0,00000
14	MODAL	LinModal	Mode	9,000000	0,592924	0,000000	8,660E-06	0,00000
14	MODAL	LinModal	Mode	10,000000	0,000016	0,000000	-0,351891	0,00000
14	MODAL	LinModal	Mode	11,000000	-0,357928	0,000000	-6,062E-06	0,00000
14	MODAL	LinModal	Mode	12,000000	0,180848	0,000000	1,567E-06	0,00000
14	zamana_bagli	LinModHist	Max		0,000519	0,000000	0,000521	0,00000
14	zamana_bagli	LinModHist	Min		-0,000153	0,000000	-0,000632	0,00000
15	DEAD	LinStatic			0,000250	0,000000	-0,000215	0,00000
15	MODAL	LinModal	Mode	1,000000	-0,001837	0,000000	9,527E-17	0,00000
15	MODAL	LinModal	Mode	2,000000	-0,223246	0,000000	-1,053E-12	0,00000
15	MODAL	LinModal	Mode	3,000000	1,755E-11	0,000000	0,035523	0,00000
15	MODAL	LinModal	Mode	4,000000	0,434418	0,000000	2,383E-10	0,00000
15	MODAL	LinModal	Mode	5,000000	0,480996	0,000000	6,549E-09	0,00000
15	MODAL	LinModal	Mode	6,000000	-3,874E-08	0,000000	0,344239	0,00000
15	MODAL	LinModal	Mode	7,000000	0,552197	0,000000	3,332E-09	0,00000
15	MODAL	LinModal	Mode	8,000000	0,369867	0,000000	-1,802E-07	0,00000
15	MODAL	LinModal	Mode	9,000000	-0,025082	0,000000	4,786E-06	0,00000
15	MODAL	LinModal	Mode	10,000000	1,965E-06	0,000000	-0,177250	0,00000
15	MODAL	LinModal	Mode	11,000000	-0,335116	0,000000	-5,810E-06	0,00000
15	MODAL	LinModal	Mode	12,000000	-0,563983	0,000000	5,840E-06	0,00000
15	zamana_bagli	LinModHist	Max		0,001632	0,000000	0,000581	0,00000
15	zamana_bagli	LinModHist	Min		-0,000514	0,000000	-0,000704	0,00000
16	DEAD	LinStatic			0,000514	0,000000	-0,000236	0,00000
16	MODAL	LinModal	Mode	1,000000	-0,003846	0,000000	-1,077E-16	0,00000
16	MODAL	LinModal	Mode	2,000000	-0,336918	0,000000	2,392E-11	0,00000

Joint	OutputCase	CaseType	StepType	StepNum	U1	U2	U3	R1
Text	Text	Text	Text	Unitless	m	m	m	Radians
16	MODAL	LinModal	Mode	3,000000	9,866E-11	0,000000	0,039934	0,000000
16	MODAL	LinModal	Mode	4,000000	0,192988	0,000000	-5,229E-09	0,000000
16	MODAL	LinModal	Mode	5,000000	0,262113	0,000000	2,449E-08	0,000000
16	MODAL	LinModal	Mode	6,000000	-1,206E-09	0,000000	0,369665	0,000000
16	MODAL	LinModal	Mode	7,000000	0,429119	0,000000	1,498E-08	0,000000
16	MODAL	LinModal	Mode	8,000000	0,543687	0,000000	-1,229E-07	0,000000
16	MODAL	LinModal	Mode	9,000000	-0,592501	0,000000	-8,214E-07	0,000000
16	MODAL	LinModal	Mode	10,000000	-0,000017	0,000000	0,019233	0,000000
16	MODAL	LinModal	Mode	11,000000	0,574104	0,000000	8,527E-06	0,000000
16	MODAL	LinModal	Mode	12,000000	0,492964	0,000000	-4,052E-07	0,000000
16	zamana_bagli	LinModHist	Max		0,003396	0,000000	0,000637	0,000000
16	zamana_bagli	LinModHist	Min		-0,001091	0,000000	-0,000772	0,000000

Table: Joint Displacements, Part 2 of 2

Joint	OutputCase	StepType	StepNum	R2	R3
Text	Text	Text	Unitless	Radians	Radians
1	DEAD			-5,158E-06	0,000000
1	MODAL	Mode	1,000000	0,000039	0,000000
1	MODAL	Mode	2,000000	0,003153	0,000000
1	MODAL	Mode	3,000000	-4,279E-11	0,000000
1	MODAL	Mode	4,000000	0,055016	0,000000
1	MODAL	Mode	5,000000	-0,194079	0,000000
1	MODAL	Mode	6,000000	1,482E-08	0,000000
1	MODAL	Mode	7,000000	0,271724	0,000000
1	MODAL	Mode	8,000000	-0,320427	0,000000
1	MODAL	Mode	9,000000	-0,340771	0,000000
1	MODAL	Mode	10,000000	-4,097E-06	0,000000
1	MODAL	Mode	11,000000	-0,328850	0,000000
1	MODAL	Mode	12,000000	0,284041	0,000000
1	zamana_bagli	Max		0,000011	0,000000
1	zamana_bagli	Min		-0,000034	0,000000
2	DEAD			0,000223	0,000000
2	MODAL	Mode	1,000000	-0,001718	0,000000
2	MODAL	Mode	2,000000	-0,054019	0,000000
2	MODAL	Mode	3,000000	1,174E-11	0,000000
2	MODAL	Mode	4,000000	-0,133152	0,000000
2	MODAL	Mode	5,000000	-0,169819	0,000000
2	MODAL	Mode	6,000000	1,261E-09	0,000000
2	MODAL	Mode	7,000000	-0,251028	0,000000
2	MODAL	Mode	8,000000	-0,304312	0,000000
2	MODAL	Mode	9,000000	0,327420	0,000000
2	MODAL	Mode	10,000000	9,609E-06	0,000000
2	MODAL	Mode	11,000000	-0,317511	0,000000
2	MODAL	Mode	12,000000	-0,274302	0,000000
2	zamana_bagli	Max		0,001491	0,000000
2	zamana_bagli	Min		-0,000506	0,000000
7	DEAD			0,000501	0,000000
7	MODAL	Mode	1,000000	-0,004717	0,000000
7	MODAL	Mode	2,000000	0,051401	0,000000
7	MODAL	Mode	3,000000	-1,265E-11	0,000000
7	MODAL	Mode	4,000000	0,070377	0,000000
7	MODAL	Mode	5,000000	0,088755	0,000000
7	MODAL	Mode	6,000000	-7,534E-10	0,000000

Joint	OutputCase	StepType	StepNum	R2	R3
Text	Text	Text	Unitless	Radians	Radians
7	MODAL	Mode	7,000000	0,128635	0,000000
7	MODAL	Mode	8,000000	0,154195	0,000000
7	MODAL	Mode	9,000000	-0,164938	0,000000
7	MODAL	Mode	10,000000	-4,837E-06	0,000000
7	MODAL	Mode	11,000000	0,159433	0,000000
7	MODAL	Mode	12,000000	0,137481	0,000000
7	zamana_bagli	Max		0,003929	0,000000
7	zamana_bagli	Min		-0,001508	0,000000
8	DEAD			-5,721E-06	0,000000
8	MODAL	Mode	1,000000	0,000043	0,000000
8	MODAL	Mode	2,000000	0,002877	0,000000
8	MODAL	Mode	3,000000	-9,667E-12	0,000000
8	MODAL	Mode	4,000000	0,058527	0,000000
8	MODAL	Mode	5,000000	-0,164058	0,000000
8	MODAL	Mode	6,000000	5,234E-09	0,000000
8	MODAL	Mode	7,000000	0,163937	0,000000
8	MODAL	Mode	8,000000	-0,101248	0,000000
8	MODAL	Mode	9,000000	-0,001387	0,000000
8	MODAL	Mode	10,000000	-1,340E-06	0,000000
8	MODAL	Mode	11,000000	0,100423	0,000000
8	MODAL	Mode	12,000000	-0,165757	0,000000
8	zamana_bagli	Max		0,000012	0,000000
8	zamana_bagli	Min		-0,000038	0,000000
9	DEAD			-6,804E-06	0,000000
9	MODAL	Mode	1,000000	0,000052	0,000000
9	MODAL	Mode	2,000000	0,001695	0,000000
9	MODAL	Mode	3,000000	-2,787E-12	0,000000
9	MODAL	Mode	4,000000	0,066379	0,000000
9	MODAL	Mode	5,000000	-0,081029	0,000000
9	MODAL	Mode	6,000000	7,406E-09	0,000000
9	MODAL	Mode	7,000000	-0,074736	0,000000
9	MODAL	Mode	8,000000	0,256432	0,000000
9	MODAL	Mode	9,000000	0,340236	0,000000
9	MODAL	Mode	10,000000	5,434E-06	0,000000
9	MODAL	Mode	11,000000	0,266746	0,000000
9	MODAL	Mode	12,000000	-0,089788	0,000000
9	zamana_bagli	Max		0,000015	0,000000
9	zamana_bagli	Min		-0,000046	0,000000
10	DEAD			-6,612E-06	0,000000
10	MODAL	Mode	1,000000	0,000052	0,000000
10	MODAL	Mode	2,000000	-0,001319	0,000000
10	MODAL	Mode	3,000000	-2,428E-11	0,000000
10	MODAL	Mode	4,000000	0,071711	0,000000
10	MODAL	Mode	5,000000	0,031870	0,000000
10	MODAL	Mode	6,000000	-9,479E-09	0,000000
10	MODAL	Mode	7,000000	-0,253269	0,000000
10	MODAL	Mode	8,000000	0,260723	0,000000
10	MODAL	Mode	9,000000	0,001977	0,000000
10	MODAL	Mode	10,000000	2,278E-06	0,000000
10	MODAL	Mode	11,000000	-0,264132	0,000000
10	MODAL	Mode	12,000000	0,269985	0,000000
10	zamana_bagli	Max		0,000015	0,000000
10	zamana_bagli	Min		-0,000045	0,000000
11	DEAD			-2,257E-06	0,000000
11	MODAL	Mode	1,000000	0,000021	0,000000

Joint	OutputCase	StepType	StepNum	R2	R3
Text	Text	Text	Unitless	Radians	Radians
11	MODAL	Mode	2,000000	-0,007296	0,000000
11	MODAL	Mode	3,000000	3,400E-12	0,000000
11	MODAL	Mode	4,000000	0,066089	0,000000
11	MODAL	Mode	5,000000	0,136479	0,000000
11	MODAL	Mode	6,000000	-2,003E-08	0,000000
11	MODAL	Mode	7,000000	-0,224097	0,000000
11	MODAL	Mode	8,000000	-0,095633	0,000000
11	MODAL	Mode	9,000000	-0,339222	0,000000
11	MODAL	Mode	10,000000	-6,963E-06	0,000000
11	MODAL	Mode	11,000000	-0,102232	0,000000
11	MODAL	Mode	12,000000	-0,227206	0,000000
11	zamana_bagli	Max		7,178E-06	0,000000
11	zamana_bagli	Min		-0,000017	0,000000
12	DEAD			9,867E-06	0,000000
12	MODAL	Mode	1,000000	-0,000068	0,000000
12	MODAL	Mode	2,000000	-0,017010	0,000000
12	MODAL	Mode	3,000000	2,626E-11	0,000000
12	MODAL	Mode	4,000000	0,042734	0,000000
12	MODAL	Mode	5,000000	0,190974	0,000000
12	MODAL	Mode	6,000000	8,280E-09	0,000000
12	MODAL	Mode	7,000000	-0,008387	0,000000
12	MODAL	Mode	8,000000	-0,317607	0,000000
12	MODAL	Mode	9,000000	0,001614	0,000000
12	MODAL	Mode	10,000000	-2,124E-06	0,000000
12	MODAL	Mode	11,000000	0,327097	0,000000
12	MODAL	Mode	12,000000	-0,001564	0,000000
12	zamana_bagli	Max		0,000062	0,000000
12	zamana_bagli	Min		-0,000018	0,000000
13	DEAD			0,000033	0,000000
13	MODAL	Mode	1,000000	-0,000244	0,000000
13	MODAL	Mode	2,000000	-0,030171	0,000000
13	MODAL	Mode	3,000000	1,643E-11	0,000000
13	MODAL	Mode	4,000000	0,000167	0,000000
13	MODAL	Mode	5,000000	0,168278	0,000000
13	MODAL	Mode	6,000000	8,039E-09	0,000000
13	MODAL	Mode	7,000000	0,213499	0,000000
13	MODAL	Mode	8,000000	-0,093739	0,000000
13	MODAL	Mode	9,000000	0,338172	0,000000
13	MODAL	Mode	10,000000	8,051E-06	0,000000
13	MODAL	Mode	11,000000	-0,103654	0,000000
13	MODAL	Mode	12,000000	0,228075	0,000000
13	zamana_bagli	Max		0,000217	0,000000
13	zamana_bagli	Min		-0,000068	0,000000
14	DEAD			0,000069	0,000000
14	MODAL	Mode	1,000000	-0,000518	0,000000
14	MODAL	Mode	2,000000	-0,044764	0,000000
14	MODAL	Mode	3,000000	1,208E-11	0,000000
14	MODAL	Mode	4,000000	-0,054976	0,000000
14	MODAL	Mode	5,000000	0,072833	0,000000
14	MODAL	Mode	6,000000	-1,513E-08	0,000000
14	MODAL	Mode	7,000000	0,250359	0,000000
14	MODAL	Mode	8,000000	0,261793	0,000000
14	MODAL	Mode	9,000000	-0,009342	0,000000
14	MODAL	Mode	10,000000	1,757E-06	0,000000
14	MODAL	Mode	11,000000	-0,260363	0,000000

Joint Text	OutputCase Text	StepType Text	StepNum Unitless	R2 Radians	R3 Radians
14	MODAL	Mode	12,000000	-0,268300	0,000000
14	zamana_bagli	Max		0,000458	0,000000
14	zamana_bagli	Min		-0,000147	0,000000
15	DEAD			0,000117	0,000000
15	MODAL	Mode	1,000000	-0,000883	0,000000
15	MODAL	Mode	2,000000	-0,056871	0,000000
15	MODAL	Mode	3,000000	3,141E-11	0,000000
15	MODAL	Mode	4,000000	-0,107790	0,000000
15	MODAL	Mode	5,000000	-0,055006	0,000000
15	MODAL	Mode	6,000000	-2,891E-09	0,000000
15	MODAL	Mode	7,000000	0,068052	0,000000
15	MODAL	Mode	8,000000	0,245494	0,000000
15	MODAL	Mode	9,000000	-0,337467	0,000000
15	MODAL	Mode	10,000000	-9,442E-06	0,000000
15	MODAL	Mode	11,000000	0,269658	0,000000
15	MODAL	Mode	12,000000	0,091650	0,000000
15	zamana_bagli	Max		0,000776	0,000000
15	zamana_bagli	Min		-0,000253	0,000000
16	DEAD			0,000170	0,000000
16	MODAL	Mode	1,000000	-0,001301	0,000000
16	MODAL	Mode	2,000000	-0,061405	0,000000
16	MODAL	Mode	3,000000	2,936E-11	0,000000
16	MODAL	Mode	4,000000	-0,139066	0,000000
16	MODAL	Mode	5,000000	-0,153544	0,000000
16	MODAL	Mode	6,000000	1,172E-08	0,000000
16	MODAL	Mode	7,000000	-0,172346	0,000000
16	MODAL	Mode	8,000000	-0,118900	0,000000
16	MODAL	Mode	9,000000	0,018743	0,000000
16	MODAL	Mode	10,000000	-2,501E-07	0,000000
16	MODAL	Mode	11,000000	0,088269	0,000000
16	MODAL	Mode	12,000000	0,159384	0,000000
16	zamana_bagli	Max		0,001140	0,000000
16	zamana_bagli	Min		-0,000375	0,000000

Table: Joint Reactions, Part 1 of 2

Joint Text	OutputCase Text	CaseType Text	StepType Text	StepNum Unitless	U1 Ton	U2 Ton	U3 Ton	R1 Ton-m
1	DEAD	LinStatic			-0,2467	0,0000	136,5679	0,00000
1	MODAL	LinModal	Mode	1,000000	1,9848	0,0000	-2,648E-10	0,00000
1	MODAL	LinModal	Mode	2,000000	-121,0330	0,0000	-9,585E-05	0,00000
1	MODAL	LinModal	Mode	3,000000	1,452E-05	0,0000	-19031,1937	0,00000
1	MODAL	LinModal	Mode	4,000000	1539,6132	0,0000	0,0145	0,00000
1	MODAL	LinModal	Mode	5,000000	13163,8585	0,0000	-0,0488	0,00000
1	MODAL	LinModal	Mode	6,000000	-0,0042	0,0000	-216885,670	0,00000
1	MODAL	LinModal	Mode	7,000000	-47263,6508	0,0000	-0,2687	0,00000
1	MODAL	LinModal	Mode	8,000000	96108,2813	0,0000	0,0049	0,00000
1	MODAL	LinModal	Mode	9,000000	148817,4028	0,0000	-13,9710	0,00000
1	MODAL	LinModal	Mode	10,000000	1,2090	0,0000	835162,9052	0,00000
1	MODAL	LinModal	Mode	11,000000	188233,1656	0,0000	-0,8687	0,00000
1	MODAL	LinModal	Mode	12,000000	-197233,097	0,0000	1,6023	0,00000
1	zamana_bagli	LinModHist	Max		0,6465	0,0000	432,7795	0,00000
1	zamana_bagli	LinModHist	Min		-1,6357	0,0000	-356,7830	0,00000

Table: Joint Reactions - Spring Forces, Part 1 of 2

Joint Text	OutputCase Text	CaseType Text	StepType Text	StepNum Unitless	U1 Ton	U2 Ton	U3 Ton	R1 Ton-m
8	DEAD	LinStatic			0,2654	0,0000	0,0000	0,00000
8	MODAL	LinModal	Mode	1,000000	-1,9929	0,0000	0,0000	0,00000
8	MODAL	LinModal	Mode	2,000000	-160,6348	0,0000	0,0000	0,00000
8	MODAL	LinModal	Mode	3,000000	2,105E-06	0,0000	0,0000	0,00000
8	MODAL	LinModal	Mode	4,000000	-2823,8814	0,0000	0,0000	0,00000
8	MODAL	LinModal	Mode	5,000000	9853,4487	0,0000	0,0000	0,00000
8	MODAL	LinModal	Mode	6,000000	-7,336E-04	0,0000	0,0000	0,00000
8	MODAL	LinModal	Mode	7,000000	-13627,5597	0,0000	0,0000	0,00000
8	MODAL	LinModal	Mode	8,000000	15834,9481	0,0000	0,0000	0,00000
8	MODAL	LinModal	Mode	9,000000	16568,8340	0,0000	0,0000	0,00000
8	MODAL	LinModal	Mode	10,000000	0,2026	0,0000	0,0000	0,00000
8	MODAL	LinModal	Mode	11,000000	15729,2622	0,0000	0,0000	0,00000
8	MODAL	LinModal	Mode	12,000000	-13384,1799	0,0000	0,0000	0,00000
8	zamana_bagli	LinModHist	Max		1,7609	0,0000	0,0000	0,00000
8	zamana_bagli	LinModHist	Min		-0,5642	0,0000	0,0000	0,00000
9	DEAD	LinStatic			0,5216	0,0000	0,0000	0,00000
9	MODAL	LinModal	Mode	1,000000	-3,9443	0,0000	0,0000	0,00000
9	MODAL	LinModal	Mode	2,000000	-259,6611	0,0000	0,0000	0,00000
9	MODAL	LinModal	Mode	3,000000	9,389E-07	0,0000	0,0000	0,00000
9	MODAL	LinModal	Mode	4,000000	-5333,5214	0,0000	0,0000	0,00000
9	MODAL	LinModal	Mode	5,000000	14802,5029	0,0000	0,0000	0,00000
9	MODAL	LinModal	Mode	6,000000	-5,028E-04	0,0000	0,0000	0,00000
9	MODAL	LinModal	Mode	7,000000	-14614,6941	0,0000	0,0000	0,00000
9	MODAL	LinModal	Mode	8,000000	8895,1640	0,0000	0,0000	0,00000
9	MODAL	LinModal	Mode	9,000000	121,1164	0,0000	0,0000	0,00000
9	MODAL	LinModal	Mode	10,000000	0,1127	0,0000	0,0000	0,00000
9	MODAL	LinModal	Mode	11,000000	-8537,5512	0,0000	0,0000	0,00000
9	MODAL	LinModal	Mode	12,000000	13883,6041	0,0000	0,0000	0,00000
9	zamana_bagli	LinModHist	Max		3,4620	0,0000	0,0000	0,00000
9	zamana_bagli	LinModHist	Min		-1,1333	0,0000	0,0000	0,00000
10	DEAD	LinStatic			0,7454	0,0000	0,0000	0,00000
10	MODAL	LinModal	Mode	1,000000	-5,6935	0,0000	0,0000	0,00000
10	MODAL	LinModal	Mode	2,000000	-256,1844	0,0000	0,0000	0,00000
10	MODAL	LinModal	Mode	3,000000	1,915E-06	0,0000	0,0000	0,00000
10	MODAL	LinModal	Mode	4,000000	-7474,4688	0,0000	0,0000	0,00000
10	MODAL	LinModal	Mode	5,000000	14053,6051	0,0000	0,0000	0,00000
10	MODAL	LinModal	Mode	6,000000	-0,0011	0,0000	0,0000	0,00000
10	MODAL	LinModal	Mode	7,000000	-4770,4206	0,0000	0,0000	0,00000
10	MODAL	LinModal	Mode	8,000000	-7391,4423	0,0000	0,0000	0,00000
10	MODAL	LinModal	Mode	9,000000	-12842,0701	0,0000	0,0000	0,00000
10	MODAL	LinModal	Mode	10,000000	-0,2553	0,0000	0,0000	0,00000
10	MODAL	LinModal	Mode	11,000000	-7611,5283	0,0000	0,0000	0,00000
10	MODAL	LinModal	Mode	12,000000	-3827,4317	0,0000	0,0000	0,00000
10	zamana_bagli	LinModHist	Max		4,9902	0,0000	0,0000	0,00000
10	zamana_bagli	LinModHist	Min		-1,6406	0,0000	0,0000	0,00000
11	DEAD	LinStatic			0,8352	0,0000	0,0000	0,00000
11	MODAL	LinModal	Mode	1,000000	-6,4725	0,0000	0,0000	0,00000
11	MODAL	LinModal	Mode	2,000000	-99,6897	0,0000	0,0000	0,00000
11	MODAL	LinModal	Mode	3,000000	2,277E-06	0,0000	0,0000	0,00000
11	MODAL	LinModal	Mode	4,000000	-8873,6424	0,0000	0,0000	0,00000
11	MODAL	LinModal	Mode	5,000000	8941,8156	0,0000	0,0000	0,00000
11	MODAL	LinModal	Mode	6,000000	2,588E-04	0,0000	0,0000	0,00000

Joint	OutputCase	CaseType	StepType	StepNum	U1	U2	U3	R1
Text	Text	Text	Text	Unitless	Ton	Ton	Ton	Ton-m
11	MODAL	LinModal	Mode	7,000000	5963,4148	0,0000	0,0000	0,00000
11	MODAL	LinModal	Mode	8,000000	-10501,1906	0,0000	0,0000	0,00000
11	MODAL	LinModal	Mode	9,000000	-39,0060	0,0000	0,0000	0,00000
11	MODAL	LinModal	Mode	10,000000	-0,0605	0,0000	0,0000	0,00000
11	MODAL	LinModal	Mode	11,000000	10436,3593	0,0000	0,0000	0,00000
11	MODAL	LinModal	Mode	12,000000	-6546,5371	0,0000	0,0000	0,00000
11	zamana_bagli	LinModHist	Max		5,6359	0,0000	0,0000	0,00000
11	zamana_bagli	LinModHist	Min		-1,8913	0,0000	0,0000	0,00000
12	DEAD	LinStatic			0,6497	0,0000	0,0000	0,00000
12	MODAL	LinModal	Mode	1,000000	-5,1930	0,0000	0,0000	0,00000
12	MODAL	LinModal	Mode	2,000000	237,0830	0,0000	0,0000	0,00000
12	MODAL	LinModal	Mode	3,000000	1,181E-06	0,0000	0,0000	0,00000
12	MODAL	LinModal	Mode	4,000000	-9070,9412	0,0000	0,0000	0,00000
12	MODAL	LinModal	Mode	5,000000	2350,5298	0,0000	0,0000	0,00000
12	MODAL	LinModal	Mode	6,000000	2,821E-04	0,0000	0,0000	0,00000
12	MODAL	LinModal	Mode	7,000000	9067,8865	0,0000	0,0000	0,00000
12	MODAL	LinModal	Mode	8,000000	-33,5310	0,0000	0,0000	0,00000
12	MODAL	LinModal	Mode	9,000000	9144,2107	0,0000	0,0000	0,00000
12	MODAL	LinModal	Mode	10,000000	0,1936	0,0000	0,0000	0,00000
12	MODAL	LinModal	Mode	11,000000	-4,3643	0,0000	0,0000	0,00000
12	MODAL	LinModal	Mode	12,000000	9157,1695	0,0000	0,0000	0,00000
12	zamana_bagli	LinModHist	Max		4,4676	0,0000	0,0000	0,00000
12	zamana_bagli	LinModHist	Min		-1,5557	0,0000	0,0000	0,00000
13	DEAD	LinStatic			0,0954	0,0000	0,0000	0,00000
13	MODAL	LinModal	Mode	1,000000	-1,1033	0,0000	0,0000	0,00000
13	MODAL	LinModal	Mode	2,000000	711,0949	0,0000	0,0000	0,00000
13	MODAL	LinModal	Mode	3,000000	3,605E-07	0,0000	0,0000	0,00000
13	MODAL	LinModal	Mode	4,000000	-7837,5300	0,0000	0,0000	0,00000
13	MODAL	LinModal	Mode	5,000000	-2636,7198	0,0000	0,0000	0,00000
13	MODAL	LinModal	Mode	6,000000	-1,716E-04	0,0000	0,0000	0,00000
13	MODAL	LinModal	Mode	7,000000	4350,0299	0,0000	0,0000	0,00000
13	MODAL	LinModal	Mode	8,000000	6937,9475	0,0000	0,0000	0,00000
13	MODAL	LinModal	Mode	9,000000	-94,5550	0,0000	0,0000	0,00000
13	MODAL	LinModal	Mode	10,000000	0,0502	0,0000	0,0000	0,00000
13	MODAL	LinModal	Mode	11,000000	-6942,5428	0,0000	0,0000	0,00000
13	MODAL	LinModal	Mode	12,000000	-4297,7603	0,0000	0,0000	0,00000
13	zamana_bagli	LinModHist	Max		0,8437	0,0000	0,0000	0,00000
13	zamana_bagli	LinModHist	Min		-0,4285	0,0000	0,0000	0,00000
14	DEAD	LinStatic			-0,7517	0,0000	0,0000	0,00000
14	MODAL	LinModal	Mode	1,000000	5,2787	0,0000	0,0000	0,00000
14	MODAL	LinModal	Mode	2,000000	1172,6025	0,0000	0,0000	0,00000
14	MODAL	LinModal	Mode	3,000000	1,437E-07	0,0000	0,0000	0,00000
14	MODAL	LinModal	Mode	4,000000	-5437,5544	0,0000	0,0000	0,00000
14	MODAL	LinModal	Mode	5,000000	-4267,7401	0,0000	0,0000	0,00000
14	MODAL	LinModal	Mode	6,000000	-8,546E-05	0,0000	0,0000	0,00000
14	MODAL	LinModal	Mode	7,000000	-1684,2412	0,0000	0,0000	0,00000
14	MODAL	LinModal	Mode	8,000000	3065,2376	0,0000	0,0000	0,00000
14	MODAL	LinModal	Mode	9,000000	-5466,1627	0,0000	0,0000	0,00000
14	MODAL	LinModal	Mode	10,000000	-0,1445	0,0000	0,0000	0,00000
14	MODAL	LinModal	Mode	11,000000	3299,7340	0,0000	0,0000	0,00000
14	MODAL	LinModal	Mode	12,000000	-1667,2366	0,0000	0,0000	0,00000
14	zamana_bagli	LinModHist	Max		1,4107	0,0000	0,0000	0,00000
14	zamana_bagli	LinModHist	Min		-4,7833	0,0000	0,0000	0,00000
15	DEAD	LinStatic			-1,5341	0,0000	0,0000	0,00000
15	MODAL	LinModal	Mode	1,000000	11,2893	0,0000	0,0000	0,00000

Joint Text	OutputCase Text	CaseType Text	StepType Text	StepNum Unitless	U1 Ton	U2 Ton	U3 Ton	R1 Ton-m
15	MODAL	LinModal	Mode	2,000000	1372,0726	0,0000	0,0000	0,00000
15	MODAL	LinModal	Mode	3,000000	-1,079E-07	0,0000	0,0000	0,00000
15	MODAL	LinModal	Mode	4,000000	-2669,9304	0,0000	0,0000	0,00000
15	MODAL	LinModal	Mode	5,000000	-2956,2035	0,0000	0,0000	0,00000
15	MODAL	LinModal	Mode	6,000000	2,381E-04	0,0000	0,0000	0,00000
15	MODAL	LinModal	Mode	7,000000	-3393,7997	0,0000	0,0000	0,00000
15	MODAL	LinModal	Mode	8,000000	-2273,2002	0,0000	0,0000	0,00000
15	MODAL	LinModal	Mode	9,000000	154,1559	0,0000	0,0000	0,00000
15	MODAL	LinModal	Mode	10,000000	-0,0121	0,0000	0,0000	0,00000
15	MODAL	LinModal	Mode	11,000000	2059,6235	0,0000	0,0000	0,00000
15	MODAL	LinModal	Mode	12,000000	3466,2400	0,0000	0,0000	0,00000
15	zamana_bagli	LinModHist	Max		3,1587	0,0000	0,0000	0,00000
15	zamana_bagli	LinModHist	Min		-10,0291	0,0000	0,0000	0,00000
16	DEAD	LinStatic			-1,5799	0,0000	0,0000	0,00000
16	MODAL	LinModal	Mode	1,000000	11,8198	0,0000	0,0000	0,00000
16	MODAL	LinModal	Mode	2,000000	1035,3495	0,0000	0,0000	0,00000
16	MODAL	LinModal	Mode	3,000000	-3,032E-07	0,0000	0,0000	0,00000
16	MODAL	LinModal	Mode	4,000000	-593,0510	0,0000	0,0000	0,00000
16	MODAL	LinModal	Mode	5,000000	-805,4723	0,0000	0,0000	0,00000
16	MODAL	LinModal	Mode	6,000000	3,705E-06	0,0000	0,0000	0,00000
16	MODAL	LinModal	Mode	7,000000	-1318,6827	0,0000	0,0000	0,00000
16	MODAL	LinModal	Mode	8,000000	-1670,7491	0,0000	0,0000	0,00000
16	MODAL	LinModal	Mode	9,000000	1820,7560	0,0000	0,0000	0,00000
16	MODAL	LinModal	Mode	10,000000	0,0534	0,0000	0,0000	0,00000
16	MODAL	LinModal	Mode	11,000000	-1764,2204	0,0000	0,0000	0,00000
16	MODAL	LinModal	Mode	12,000000	-1514,8793	0,0000	0,0000	0,00000
16	zamana_bagli	LinModHist	Max		3,3524	0,0000	0,0000	0,00000
16	zamana_bagli	LinModHist	Min		-10,4359	0,0000	0,0000	0,00000

Table: Load Case Definitions

LoadCase Text	DesignType Text	SelfWtMult Unitless	AutoLoad Text
DEAD	DEAD	1,000000	

Table: Masses 1 - Mass Source

MassFrom Text
Elements

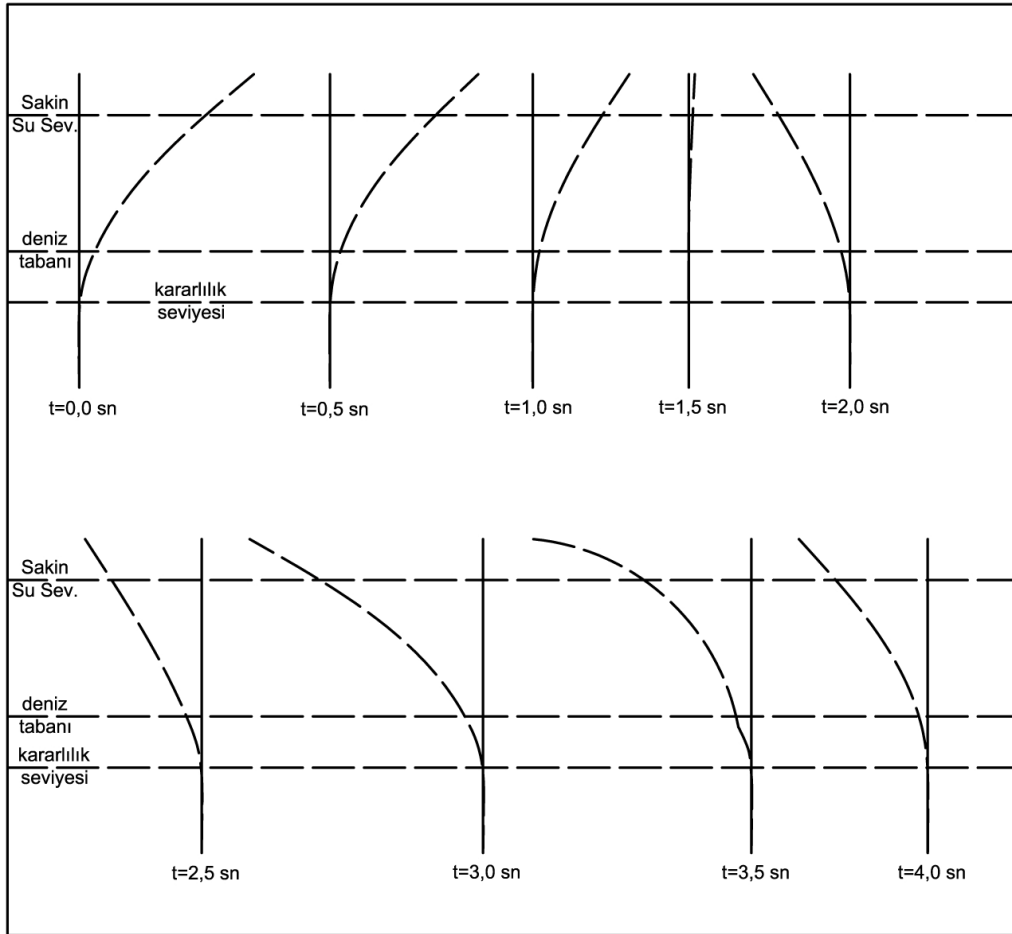
Table: Material Properties 03 - Design Steel

Material Text	Fy Ton/m2	Fu Ton/m2
STEEL	25309,36	40778,45

T=4 saniye periyotlu dalga hareketi sırasında kazığın deformasyonu Tablo 5.8'de özet olarak verilmiştir.

Tablo 5.8. Dalga Hareketine Maruz Tekil Kazığın Yatay Eğilmesi

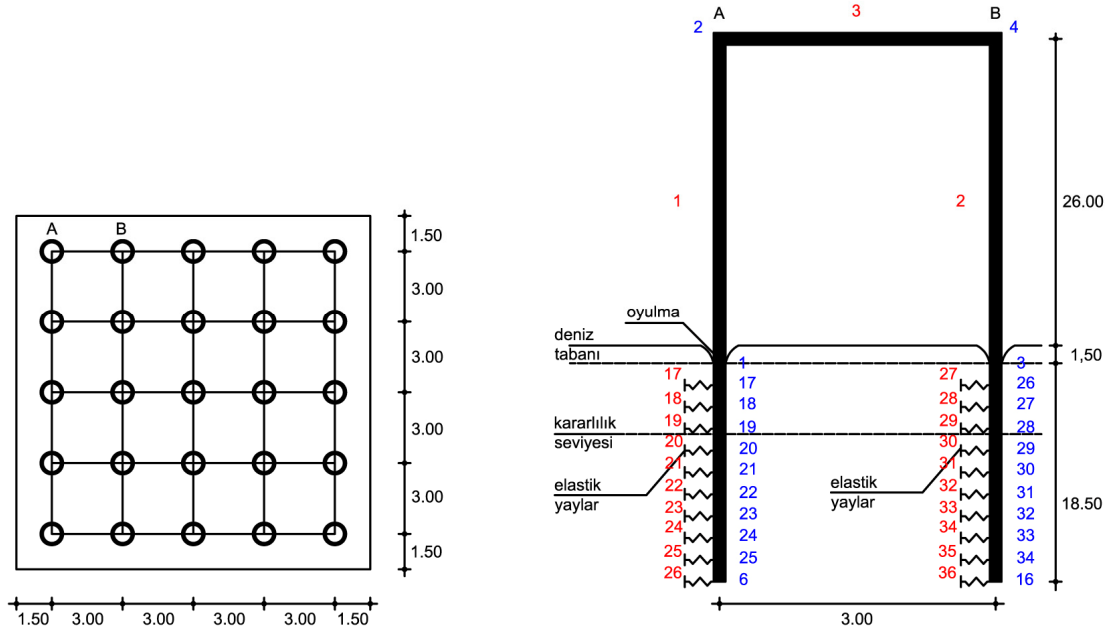
Düğüm Noktası	Yatay Eğilme (mm)								
	t=0,00 sn	t=0,50 sn	t=1,00 sn	t=1,50 sn	t=2,00 sn	t=2,50 sn	t=3,00 sn	t=3,50 sn	t=4,00 sn
7	25,59	21,74	14,14	0,87	-14,15	-17,09	-34,22	-31,95	-18,89
2	1,63	1,07	0,67	-0,05	-0,90	-1,61	-1,90	-1,92	-0,89
16	0,96	0,60	0,38	-0,04	-0,52	-0,93	-1,09	-1,62	-0,50
15	0,47	0,28	0,17	-0,02	-0,25	-0,44	-0,51	-0,43	-0,23
14	0,16	0,08	0,04	-0,01	-0,08	-0,14	-0,15	-0,12	-0,06
13	-0,01	-0,02	-0,02	-0,01	0,01	0,02	0,03	0,03	0,02
12	-0,07	-0,06	-0,04	0,00	0,04	0,08	0,10	0,09	0,05
11	-0,08	-0,06	-0,04	0,01	0,05	0,08	0,10	0,09	0,05
10	-0,06	-0,04	-0,03	0,02	0,04	0,06	0,08	0,07	0,04
9	-0,04	-0,03	-0,02	0,01	0,02	0,04	0,05	0,04	0,02
8	-0,01	-0,01	-0,01	0,00	0,01	0,02	0,02	0,02	0,01
1	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00



5.7. Kazık-Kiriş (Çerçeve) Sisteminin Statik Analizi

Bu bölümdeki analizde, Şekil 5.1’de görülen sayısal uygulamada kullanılan kazık grubunun, iki kazık ve bir kirişten oluşan çerçeve sisteminin statik analizi yapılacaktır. Statik analizde yalnızca sisteme etkiyen düşey yükler ve çerçeveyi oluşturan elemanların zati ağırlıkları göz önüne alınacaktır. Kazıkların deniz tabanı içine gömülü olan kısmında zemin-kazık etkileşimi, Bölüm 5.6’daki gibi zeminin p-y eğrileri yardımıyla elastik yaylara dönüştürülmesiyle göz önüne alınacaktır.

Şekil 5.1’deki kazık grubunun ağırlığı, platform tabliyesinin, kazık üst başlığının, ızgara kirişlerin ve döşeme üzerinde hareket ettiği kabul edilen yük katarının da ağırlığı dahil olmak üzere 2.000 ton olarak hesaplanmıştı. Bu bölümdeki analizde kirişler de sisteme dahil olduğundan dolayı, ızgara kirişlerin zati ağırlıkları kazık grubunun toplam ağırlığına dahil edilmeyecektir. Analizde kullanılacak olan SAP2000 programı kirişlerin zati ağırlıklarını kendisi hesaba katacaktır. Sonuç olarak ızgara kirişlerin ağırlıkları çıktıktan sonra kazık grubunun toplam ağırlığı 1.885 ton olarak hesaplanmıştır. Bu durumda çerçeve sistemindeki kiriş üzerinde düzgün yayılı olarak kabul edilen yük 25,13 ton/m olarak hesaplanmıştır.



Şekil 5.8. Statik Analizi Yapılacak Olan Çerçeve Sistemi

Bu bölümde analizi yapılan çerçeve sistemi Şekil 5.8’de görülmektedir. Sistemin statik analizinde SAP2000 bilgisayar programı kullanılacaktır. Programın düğüm noktaları ve kazık elemanları için kullandığı numaralar da Şekil 5.8’de gösterilmiştir. Düğüm noktaları için rakamlar mavi renkte, çubuk elemanları için ise kırmızı renkte yazılmıştır.

Sonuç olarak programa girilen datalar, elde edilen kesit tesirleri ve deplasmanlar aşağıda sıralanmıştır.

Table: Analysis Case Definitions

Case Text	Type Text	InitialCond Text	ModalCase Text
DEAD	LinStatic	Zero	
MODAL	LinModal	Zero	

Table: Base Reactions, Part 1 of 4

OutputCase Text	CaseType Text	StepType Text	StepNum Unitless	GlobalFX Ton	GlobalFY Ton	GlobalFZ Ton	GlobalMX Ton-m	GlobalMY Ton-m
DEAD	LinStatic			-1,887E-15	0,0000	351,4093	0,00000	-4,408E-14
MODAL	LinModal	Mode	1,000000	106,3513	0,0000	-4,149E-10	0,00000	2642,89763
MODAL	LinModal	Mode	2,000000	2,220E-05	0,0000	1,479E-04	0,00000	0,00013
MODAL	LinModal	Mode	3,000000	-5374,0395	0,0000	-1,389E-04	0,00000	17143,13251
MODAL	LinModal	Mode	4,000000	0,0011	0,0000	-135726,124	0,00000	-0,00029
MODAL	LinModal	Mode	5,000000	-62983,3132	0,0000	-0,0015	0,00000	529900,695
MODAL	LinModal	Mode	6,000000	-0,0039	0,0000	-0,0152	0,00000	-0,00408
MODAL	LinModal	Mode	7,000000	-21166,9311	0,0000	0,0138	0,00000	417561,631
MODAL	LinModal	Mode	8,000000	0,1354	0,0000	0,7342	0,00000	0,69428
MODAL	LinModal	Mode	9,000000	91720,3575	0,0000	-0,2162	0,00000	-1398860,92
MODAL	LinModal	Mode	10,000000	0,1174	0,0000	265639,4249	0,00000	3,42494
MODAL	LinModal	Mode	11,000000	-3478,2246	0,0000	-0,2382	0,00000	451743,116
MODAL	LinModal	Mode	12,000000	0,0317	0,0000	0,5415	0,00000	1,56311

Table: Base Reactions, Part 2 of 4

OutputCase Text	StepType Text	StepNum Unitless	GlobalMZ Ton-m	GlobalIX m	GlobalIY m	GlobalIZ m	XCcentroidFX m	YCcentroidFY m
DEAD			0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	7,121E+14	0,00000
MODAL	Mode	1,000000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	-2,634E-12	0,00000
MODAL	Mode	2,000000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	358001574,	0,00000
MODAL	Mode	3,000000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	6,871E-09	0,00000
MODAL	Mode	4,000000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,22489	0,00000
MODAL	Mode	5,000000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	-1,425E-10	0,00000
MODAL	Mode	6,000000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	25405776,87	0,00000
MODAL	Mode	7,000000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	-7,469E-08	0,00000
MODAL	Mode	8,000000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	1017057,811	0,00000
MODAL	Mode	9,000000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	6,654E-07	0,00000
MODAL	Mode	10,000000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	3,60979	0,00000
MODAL	Mode	11,000000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	-7,633E-06	0,00000
MODAL	Mode	12,000000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	-243112,373	0,00000

Table: Base Reactions, Part 3 of 4

OutputCase Text	StepType Text	StepNum Unitless	ZCentroidFX m	XCentroidFY m	YCentroidFZ m	ZCentroidFY m	XCentroidFZ m	YCentroidFZ m
DEAD			-7,41176	0,00000	0,00000	0,00000	1,618E-16	0,00000

OutputCase	StepType	StepNum	ZCentroidFX	XCentroidFY	YCentroidFY	ZCentroidFY	XCentroidFZ	YCentroidFZ
Text	Text	Unitless	m	m	m	m	m	m
MODAL	Mode	1,000000	12,79512	0,00000	0,00000	0,00000	3,397E+12	0,00000
MODAL	Mode	2,000000	1,23928	0,00000	0,00000	0,00000	-0,89523	0,00000
MODAL	Mode	3,000000	-2,11031	0,00000	0,00000	0,00000	30672245,30	0,00000
MODAL	Mode	4,000000	1,87029	0,00000	0,00000	0,00000	-4,886E-09	0,00000
MODAL	Mode	5,000000	-9,68451	0,00000	0,00000	0,00000	-37912358,	0,00000
MODAL	Mode	6,000000	1,49955	0,00000	0,00000	0,00000	-0,19910	0,00000
MODAL	Mode	7,000000	-10,46050	0,00000	0,00000	0,00000	-14819047,5	0,00000
MODAL	Mode	8,000000	2,63465	0,00000	0,00000	0,00000	-0,73679	0,00000
MODAL	Mode	9,000000	-16,58762	0,00000	0,00000	0,00000	66815,84086	0,00000
MODAL	Mode	10,000000	9,46789	0,00000	0,00000	0,00000	-1,036E-05	0,00000
MODAL	Mode	11,000000	-18,30913	0,00000	0,00000	0,00000	1650228,046	0,00000
MODAL	Mode	12,000000	2,53402	0,00000	0,00000	0,00000	-2,78133	0,00000

Table: Base Reactions, Part 4 of 4

OutputCase	StepType	StepNum	ZCentroidFZ
Text	Text	Unitless	m
DEAD			-18,50000
MODAL	Mode	1,000000	-1,40697
MODAL	Mode	2,000000	-0,60541
MODAL	Mode	3,000000	-0,99126
MODAL	Mode	4,000000	-18,50000
MODAL	Mode	5,000000	-1,00826
MODAL	Mode	6,000000	-0,34656
MODAL	Mode	7,000000	-0,25180
MODAL	Mode	8,000000	-0,34367
MODAL	Mode	9,000000	0,07428
MODAL	Mode	10,000000	-18,49982
MODAL	Mode	11,000000	-0,72896
MODAL	Mode	12,000000	-0,04333

Table: Case - Static 1 - Load Assignments

Case	LoadType	LoadName	LoadSF
Text	Text	Text	Unitless
DEAD	Load case	DEAD	1,000000

Table: Connectivity - Frame

Frame	JointI	JointJ	IsCurved	Length	CentroidX	CentroidY	CentroidZ
Text	Text	Text	Yes/No	m	m	m	m
1	1	2	No	27,50000	-1,50000	0,00000	13,75000
2	3	4	No	27,50000	1,50000	0,00000	13,75000
3	2	4	No	3,00000	0,00000	0,00000	27,50000
17	1	17	No	1,85000	-1,50000	0,00000	-0,92500
18	17	18	No	1,85000	-1,50000	0,00000	-2,77500
19	18	19	No	1,85000	-1,50000	0,00000	-4,62500
20	19	20	No	1,85000	-1,50000	0,00000	-6,47500
21	20	21	No	1,85000	-1,50000	0,00000	-8,32500
22	21	22	No	1,85000	-1,50000	0,00000	-10,17500
23	22	23	No	1,85000	-1,50000	0,00000	-12,02500
24	23	24	No	1,85000	-1,50000	0,00000	-13,87500

Frame	JointI	JointJ	IsCurved	Length	CentroidX	CentroidY	CentroidZ
Text	Text	Text	Yes/No	m	m	m	m
25	24	25	No	1,85000	-1,50000	0,00000	-15,72500
26	25	5	No	1,85000	-1,50000	0,00000	-17,57500
27	3	26	No	1,85000	1,50000	0,00000	-0,92500
28	26	27	No	1,85000	1,50000	0,00000	-2,77500
29	27	28	No	1,85000	1,50000	0,00000	-4,62500
30	28	29	No	1,85000	1,50000	0,00000	-6,47500
31	29	30	No	1,85000	1,50000	0,00000	-8,32500
32	30	31	No	1,85000	1,50000	0,00000	-10,17500
33	31	32	No	1,85000	1,50000	0,00000	-12,02500
34	32	33	No	1,85000	1,50000	0,00000	-13,87500
35	33	34	No	1,85000	1,50000	0,00000	-15,72500
36	34	16	No	1,85000	1,50000	0,00000	-17,57500

Table: Element Forces - Frames, Part 1 of 2

Frame	Station	OutputCase	CaseType	P	V2	V3
Text	m	Text	Text	Ton	Ton	Ton
1	0,00000	DEAD	LinStatic	-120,7806	-0,4480	0,0000
1	13,75000	DEAD	LinStatic	-79,9587	-0,4480	0,0000
1	27,50000	DEAD	LinStatic	-39,1368	-0,4480	0,0000
2	0,00000	DEAD	LinStatic	-120,7806	0,4480	0,0000
2	13,75000	DEAD	LinStatic	-79,9587	0,4480	0,0000
2	27,50000	DEAD	LinStatic	-39,1368	0,4480	0,0000
3	0,00000	DEAD	LinStatic	-0,4480	-39,1368	0,0000
3	0,50000	DEAD	LinStatic	-0,4480	-26,0912	0,0000
3	1,00000	DEAD	LinStatic	-0,4480	-13,0456	0,0000
3	1,50000	DEAD	LinStatic	-0,4480	-8,882E-15	0,0000
3	2,00000	DEAD	LinStatic	-0,4480	13,0456	0,0000
3	2,50000	DEAD	LinStatic	-0,4480	26,0912	0,0000
3	3,00000	DEAD	LinStatic	-0,4480	39,1368	0,0000
17	0,00000	DEAD	LinStatic	-120,7806	0,4480	0,0000
17	0,92500	DEAD	LinStatic	-123,5268	0,4480	0,0000
17	1,85000	DEAD	LinStatic	-126,2730	0,4480	0,0000
18	0,00000	DEAD	LinStatic	-126,2730	0,1465	0,0000
18	0,92500	DEAD	LinStatic	-129,0192	0,1465	0,0000
18	1,85000	DEAD	LinStatic	-131,7654	0,1465	0,0000
19	0,00000	DEAD	LinStatic	-131,7654	-0,1762	0,0000
19	0,92500	DEAD	LinStatic	-134,5116	-0,1762	0,0000
19	1,85000	DEAD	LinStatic	-137,2578	-0,1762	0,0000
20	0,00000	DEAD	LinStatic	-137,2578	-0,3747	0,0000
20	0,92500	DEAD	LinStatic	-140,0040	-0,3747	0,0000
20	1,85000	DEAD	LinStatic	-142,7502	-0,3747	0,0000
21	0,00000	DEAD	LinStatic	-142,7502	-0,4204	0,0000
21	0,92500	DEAD	LinStatic	-145,4964	-0,4204	0,0000
21	1,85000	DEAD	LinStatic	-148,2426	-0,4204	0,0000
22	0,00000	DEAD	LinStatic	-148,2426	-0,3552	0,0000
22	0,92500	DEAD	LinStatic	-150,9889	-0,3552	0,0000
22	1,85000	DEAD	LinStatic	-153,7351	-0,3552	0,0000
23	0,00000	DEAD	LinStatic	-153,7351	-0,2440	0,0000
23	0,92500	DEAD	LinStatic	-156,4813	-0,2440	0,0000
23	1,85000	DEAD	LinStatic	-159,2275	-0,2440	0,0000
24	0,00000	DEAD	LinStatic	-159,2275	-0,1416	0,0000
24	0,92500	DEAD	LinStatic	-161,9737	-0,1416	0,0000
24	1,85000	DEAD	LinStatic	-164,7199	-0,1416	0,0000

Frame	Station	OutputCase	CaseType	P	V2	V3
Text	m	Text	Text	Ton	Ton	Ton
25	0,00000	DEAD	LinStatic	-164,7199	-0,0780	0,0000
25	0,92500	DEAD	LinStatic	-167,4661	-0,0780	0,0000
25	1,85000	DEAD	LinStatic	-170,2123	-0,0780	0,0000
26	0,00000	DEAD	LinStatic	-170,2123	-0,0568	0,0000
26	0,92500	DEAD	LinStatic	-172,9585	-0,0568	0,0000
26	1,85000	DEAD	LinStatic	-175,7047	-0,0568	0,0000
27	0,00000	DEAD	LinStatic	-120,7806	-0,4480	0,0000
27	0,92500	DEAD	LinStatic	-123,5268	-0,4480	0,0000
27	1,85000	DEAD	LinStatic	-126,2730	-0,4480	0,0000
28	0,00000	DEAD	LinStatic	-126,2730	-0,1465	0,0000
28	0,92500	DEAD	LinStatic	-129,0192	-0,1465	0,0000
28	1,85000	DEAD	LinStatic	-131,7654	-0,1465	0,0000
29	0,00000	DEAD	LinStatic	-131,7654	0,1762	0,0000
29	0,92500	DEAD	LinStatic	-134,5116	0,1762	0,0000
29	1,85000	DEAD	LinStatic	-137,2578	0,1762	0,0000
30	0,00000	DEAD	LinStatic	-137,2578	0,3747	0,0000
30	0,92500	DEAD	LinStatic	-140,0040	0,3747	0,0000
30	1,85000	DEAD	LinStatic	-142,7502	0,3747	0,0000
31	0,00000	DEAD	LinStatic	-142,7502	0,4204	0,0000
31	0,92500	DEAD	LinStatic	-145,4964	0,4204	0,0000
31	1,85000	DEAD	LinStatic	-148,2426	0,4204	0,0000
32	0,00000	DEAD	LinStatic	-148,2426	0,3552	0,0000
32	0,92500	DEAD	LinStatic	-150,9889	0,3552	0,0000
32	1,85000	DEAD	LinStatic	-153,7351	0,3552	0,0000
33	0,00000	DEAD	LinStatic	-153,7351	0,2440	0,0000
33	0,92500	DEAD	LinStatic	-156,4813	0,2440	0,0000
33	1,85000	DEAD	LinStatic	-159,2275	0,2440	0,0000
34	0,00000	DEAD	LinStatic	-159,2275	0,1416	0,0000
34	0,92500	DEAD	LinStatic	-161,9737	0,1416	0,0000
34	1,85000	DEAD	LinStatic	-164,7199	0,1416	0,0000
35	0,00000	DEAD	LinStatic	-164,7199	0,0780	0,0000
35	0,92500	DEAD	LinStatic	-167,4661	0,0780	0,0000
35	1,85000	DEAD	LinStatic	-170,2123	0,0780	0,0000
36	0,00000	DEAD	LinStatic	-170,2123	0,0568	0,0000
36	0,92500	DEAD	LinStatic	-172,9585	0,0568	0,0000
36	1,85000	DEAD	LinStatic	-175,7047	0,0568	0,0000

Table: Element Forces - Frames, Part 2 of 2

Frame	Station	OutputCase	T	M2	M3
Text	m	Text	Ton-m	Ton-m	Ton-m
1	0,00000	DEAD	0,00000	0,00000	-1,99009
1	13,75000	DEAD	0,00000	0,00000	4,16981
1	27,50000	DEAD	0,00000	0,00000	10,32971
2	0,00000	DEAD	0,00000	0,00000	1,99009
2	13,75000	DEAD	0,00000	0,00000	-4,16981
2	27,50000	DEAD	0,00000	0,00000	-10,32971
3	0,00000	DEAD	0,00000	0,00000	-10,32971
3	0,50000	DEAD	0,00000	0,00000	5,97729
3	1,00000	DEAD	0,00000	0,00000	15,76149
3	1,50000	DEAD	0,00000	0,00000	19,02289
3	2,00000	DEAD	0,00000	0,00000	15,76149
3	2,50000	DEAD	0,00000	0,00000	5,97729
3	3,00000	DEAD	0,00000	0,00000	-10,32971

Frame	Station	OutputCase	T	M2	M3
Text	m	Text	Ton-m	Ton-m	Ton-m
17	0,00000	DEAD	0,00000	0,00000	-1,99009
17	0,92500	DEAD	0,00000	0,00000	-2,40448
17	1,85000	DEAD	0,00000	0,00000	-2,81887
18	0,00000	DEAD	0,00000	0,00000	-2,81887
18	0,92500	DEAD	0,00000	0,00000	-2,95437
18	1,85000	DEAD	0,00000	0,00000	-3,08988
19	0,00000	DEAD	0,00000	0,00000	-3,08988
19	0,92500	DEAD	0,00000	0,00000	-2,92693
19	1,85000	DEAD	0,00000	0,00000	-2,76398
20	0,00000	DEAD	0,00000	0,00000	-2,76398
20	0,92500	DEAD	0,00000	0,00000	-2,41735
20	1,85000	DEAD	0,00000	0,00000	-2,07071
21	0,00000	DEAD	0,00000	0,00000	-2,07071
21	0,92500	DEAD	0,00000	0,00000	-1,68183
21	1,85000	DEAD	0,00000	0,00000	-1,29295
22	0,00000	DEAD	0,00000	0,00000	-1,29295
22	0,92500	DEAD	0,00000	0,00000	-0,96442
22	1,85000	DEAD	0,00000	0,00000	-0,63589
23	0,00000	DEAD	0,00000	0,00000	-0,63589
23	0,92500	DEAD	0,00000	0,00000	-0,41022
23	1,85000	DEAD	0,00000	0,00000	-0,18455
24	0,00000	DEAD	0,00000	0,00000	-0,18455
24	0,92500	DEAD	0,00000	0,00000	-0,05358
24	1,85000	DEAD	0,00000	0,00000	0,07739
25	0,00000	DEAD	0,00000	0,00000	0,07739
25	0,92500	DEAD	0,00000	0,00000	0,14956
25	1,85000	DEAD	0,00000	0,00000	0,22173
26	0,00000	DEAD	0,00000	0,00000	0,22173
26	0,92500	DEAD	0,00000	0,00000	0,27429
26	1,85000	DEAD	0,00000	0,00000	0,32685
27	0,00000	DEAD	0,00000	0,00000	1,99009
27	0,92500	DEAD	0,00000	0,00000	2,40448
27	1,85000	DEAD	0,00000	0,00000	2,81887
28	0,00000	DEAD	0,00000	0,00000	2,81887
28	0,92500	DEAD	0,00000	0,00000	2,95437
28	1,85000	DEAD	0,00000	0,00000	3,08988
29	0,00000	DEAD	0,00000	0,00000	3,08988
29	0,92500	DEAD	0,00000	0,00000	2,92693
29	1,85000	DEAD	0,00000	0,00000	2,76398
30	0,00000	DEAD	0,00000	0,00000	2,76398
30	0,92500	DEAD	0,00000	0,00000	2,41735
30	1,85000	DEAD	0,00000	0,00000	2,07071
31	0,00000	DEAD	0,00000	0,00000	2,07071
31	0,92500	DEAD	0,00000	0,00000	1,68183
31	1,85000	DEAD	0,00000	0,00000	1,29295
32	0,00000	DEAD	0,00000	0,00000	1,29295
32	0,92500	DEAD	0,00000	0,00000	0,96442
32	1,85000	DEAD	0,00000	0,00000	0,63589
33	0,00000	DEAD	0,00000	0,00000	0,63589
33	0,92500	DEAD	0,00000	0,00000	0,41022
33	1,85000	DEAD	0,00000	0,00000	0,18455
34	0,00000	DEAD	0,00000	0,00000	0,18455
34	0,92500	DEAD	0,00000	0,00000	0,05358
34	1,85000	DEAD	0,00000	0,00000	-0,07739
35	0,00000	DEAD	0,00000	0,00000	-0,07739

Frame	Station	OutputCase	T	M2	M3
Text	m	Text	Ton-m	Ton-m	Ton-m
35	0,92500	DEAD	0,00000	0,00000	-0,14956
35	1,85000	DEAD	0,00000	0,00000	-0,22173
36	0,00000	DEAD	0,00000	0,00000	-0,22173
36	0,92500	DEAD	0,00000	0,00000	-0,27429
36	1,85000	DEAD	0,00000	0,00000	-0,32685

Table: Element Joint Forces - Frames, Part 1 of 3

Frame	FrameElem	Joint	OutputCase	CaseType	F1	F2
Text	Text	Text	Text	Text	Ton	Ton
1	1	1	DEAD	LinStatic	0,4480	0,0000
1	1	2	DEAD	LinStatic	-0,4480	0,0000
2	2	3	DEAD	LinStatic	-0,4480	0,0000
2	2	4	DEAD	LinStatic	0,4480	0,0000
3	3	2	DEAD	LinStatic	0,4480	0,0000
3	3	4	DEAD	LinStatic	-0,4480	0,0000
17	4	1	DEAD	LinStatic	-0,4480	0,0000
17	4	17	DEAD	LinStatic	0,4480	0,0000
18	5	17	DEAD	LinStatic	-0,1465	0,0000
18	5	18	DEAD	LinStatic	0,1465	0,0000
19	6	18	DEAD	LinStatic	0,1762	0,0000
19	6	19	DEAD	LinStatic	-0,1762	0,0000
20	7	19	DEAD	LinStatic	0,3747	0,0000
20	7	20	DEAD	LinStatic	-0,3747	0,0000
21	8	20	DEAD	LinStatic	0,4204	0,0000
21	8	21	DEAD	LinStatic	-0,4204	0,0000
22	9	21	DEAD	LinStatic	0,3552	0,0000
22	9	22	DEAD	LinStatic	-0,3552	0,0000
23	10	22	DEAD	LinStatic	0,2440	0,0000
23	10	23	DEAD	LinStatic	-0,2440	0,0000
24	11	23	DEAD	LinStatic	0,1416	0,0000
24	11	24	DEAD	LinStatic	-0,1416	0,0000
25	12	24	DEAD	LinStatic	0,0780	0,0000
25	12	25	DEAD	LinStatic	-0,0780	0,0000
26	13	25	DEAD	LinStatic	0,0568	0,0000
26	13	5	DEAD	LinStatic	-0,0568	0,0000
27	14	3	DEAD	LinStatic	0,4480	0,0000
27	14	26	DEAD	LinStatic	-0,4480	0,0000
28	15	26	DEAD	LinStatic	0,1465	0,0000
28	15	27	DEAD	LinStatic	-0,1465	0,0000
29	16	27	DEAD	LinStatic	-0,1762	0,0000
29	16	28	DEAD	LinStatic	0,1762	0,0000
30	17	28	DEAD	LinStatic	-0,3747	0,0000
30	17	29	DEAD	LinStatic	0,3747	0,0000
31	18	29	DEAD	LinStatic	-0,4204	0,0000
31	18	30	DEAD	LinStatic	0,4204	0,0000
32	19	30	DEAD	LinStatic	-0,3552	0,0000
32	19	31	DEAD	LinStatic	0,3552	0,0000
33	20	31	DEAD	LinStatic	-0,2440	0,0000
33	20	32	DEAD	LinStatic	0,2440	0,0000
34	21	32	DEAD	LinStatic	-0,1416	0,0000
34	21	33	DEAD	LinStatic	0,1416	0,0000
35	22	33	DEAD	LinStatic	-0,0780	0,0000
35	22	34	DEAD	LinStatic	0,0780	0,0000
36	23	34	DEAD	LinStatic	-0,0568	0,0000

Frame	FrameElem	Joint	OutputCase	CaseType	F1	F2
Text	Text	Text	Text	Text	Ton	Ton
36	23	16	DEAD	LinStatic	0,0568	0,0000

Table: Element Joint Forces - Frames, Part 2 of 3

Frame	FrameElem	Joint	OutputCase	F3	M1	M2
Text	Text	Text	Text	Ton	Ton-m	Ton-m
1	1	1	DEAD	120,7806	0,00000	1,99009
1	1	2	DEAD	-39,1368	0,00000	10,32971
2	2	3	DEAD	120,7806	0,00000	-1,99009
2	2	4	DEAD	-39,1368	0,00000	-10,32971
3	3	2	DEAD	39,1368	0,00000	-10,32971
3	3	4	DEAD	39,1368	0,00000	10,32971
17	4	1	DEAD	-120,7806	0,00000	-1,99009
17	4	17	DEAD	126,2730	0,00000	2,81887
18	5	17	DEAD	-126,2730	0,00000	-2,81887
18	5	18	DEAD	131,7654	0,00000	3,08988
19	6	18	DEAD	-131,7654	0,00000	-3,08988
19	6	19	DEAD	137,2578	0,00000	2,76398
20	7	19	DEAD	-137,2578	0,00000	-2,76398
20	7	20	DEAD	142,7502	0,00000	2,07071
21	8	20	DEAD	-142,7502	0,00000	-2,07071
21	8	21	DEAD	148,2426	0,00000	1,29295
22	9	21	DEAD	-148,2426	0,00000	-1,29295
22	9	22	DEAD	153,7351	0,00000	0,63589
23	10	22	DEAD	-153,7351	0,00000	-0,63589
23	10	23	DEAD	159,2275	0,00000	0,18455
24	11	23	DEAD	-159,2275	0,00000	-0,18455
24	11	24	DEAD	164,7199	0,00000	-0,07739
25	12	24	DEAD	-164,7199	0,00000	0,07739
25	12	25	DEAD	170,2123	0,00000	-0,22173
26	13	25	DEAD	-170,2123	0,00000	0,22173
26	13	5	DEAD	175,7047	0,00000	-0,32685
27	14	3	DEAD	-120,7806	0,00000	1,99009
27	14	26	DEAD	126,2730	0,00000	-2,81887
28	15	26	DEAD	-126,2730	0,00000	2,81887
28	15	27	DEAD	131,7654	0,00000	-3,08988
29	16	27	DEAD	-131,7654	0,00000	3,08988
29	16	28	DEAD	137,2578	0,00000	-2,76398
30	17	28	DEAD	-137,2578	0,00000	2,76398
30	17	29	DEAD	142,7502	0,00000	-2,07071
31	18	29	DEAD	-142,7502	0,00000	2,07071
31	18	30	DEAD	148,2426	0,00000	-1,29295
32	19	30	DEAD	-148,2426	0,00000	1,29295
32	19	31	DEAD	153,7351	0,00000	-0,63589
33	20	31	DEAD	-153,7351	0,00000	0,63589
33	20	32	DEAD	159,2275	0,00000	-0,18455
34	21	32	DEAD	-159,2275	0,00000	0,18455
34	21	33	DEAD	164,7199	0,00000	0,07739
35	22	33	DEAD	-164,7199	0,00000	-0,07739
35	22	34	DEAD	170,2123	0,00000	0,22173
36	23	34	DEAD	-170,2123	0,00000	-0,22173
36	23	16	DEAD	175,7047	0,00000	0,32685

Table: Frame Loads - Distributed, Part 1 of 2

Frame	LoadCase	CoordSys	Type	Dir	DistType	RelDistA
Text	Text	Text	Text	Text	Text	Unitless
3	DEAD	GLOBAL	Force	Gravity	RelDist	0,0000

Table: Frame Loads - Distributed, Part 2 of 2

Frame	LoadCase	RelDistB	AbsDistA	AbsDistB	FOverLA	FOverLB
Text	Text	Unitless	m	m	Ton/m	Ton/m
3	DEAD	1,0000	0,00000	3,00000	25,130	25,130

Table: Frame Section Assignments

Frame	SectionType	AutoSelect	AnalSect	DesignSect	MatProp
Text	Text	Text	Text	Text	Text
1	Pipe	N.A.	KAZIK	KAZIK	Default
2	Pipe	N.A.	KAZIK	KAZIK	Default
3	Rectangular	N.A.	KIRIS	KIRIS	Default
17	Pipe	N.A.	KAZIK	KAZIK	Default
18	Pipe	N.A.	KAZIK	KAZIK	Default
19	Pipe	N.A.	KAZIK	KAZIK	Default
20	Pipe	N.A.	KAZIK	KAZIK	Default
21	Pipe	N.A.	KAZIK	KAZIK	Default
22	Pipe	N.A.	KAZIK	KAZIK	Default
23	Pipe	N.A.	KAZIK	KAZIK	Default
24	Pipe	N.A.	KAZIK	KAZIK	Default
25	Pipe	N.A.	KAZIK	KAZIK	Default
26	Pipe	N.A.	KAZIK	KAZIK	Default
27	Pipe	N.A.	KAZIK	KAZIK	Default
28	Pipe	N.A.	KAZIK	KAZIK	Default
29	Pipe	N.A.	KAZIK	KAZIK	Default
30	Pipe	N.A.	KAZIK	KAZIK	Default
31	Pipe	N.A.	KAZIK	KAZIK	Default
32	Pipe	N.A.	KAZIK	KAZIK	Default
33	Pipe	N.A.	KAZIK	KAZIK	Default
34	Pipe	N.A.	KAZIK	KAZIK	Default
35	Pipe	N.A.	KAZIK	KAZIK	Default
36	Pipe	N.A.	KAZIK	KAZIK	Default

Table: Frame Section Properties 01 - General, Part 1 of 6

SectionName	Material	Shape	t3	t2	tf	tw
Text	Text	Text	m	m	m	m
KAZIK	STEEL	Pipe	1,000000			0,140000
KIRIS	CONC	Rectangular	1,000000	0,400000		

Table: Frame Section Properties 01 - General, Part 4 of 6

SectionName	ConcCol	ConcBeam	TotalWt	TotalMass	FromFile	AMod
Text	Yes/No	Yes/No	Ton	Ton-s2/m	Yes/No	Unitless
KAZIK	No	No	273,1357	27,85	No	1,000000
KIRIS	No	Yes	2,8836	0,29	No	1,000000

Table: Frame Section Properties 03 - Concrete Beam

SectionName	TopCover	BotCover	TopLeftArea	TopRghtArea	BotLeftArea	BotRghtArea
Text	m	m	m2	m2	m2	m2
KIRIS	0,100000	0,100000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000

Table: Grid Lines, Part 1 of 2

CoordSys	AxisDir	GridID	XXYZCoord	LineType	LineColor	Visible	BubbleLoc
Text	Text	Text	m	Text	Text	Yes/No	Text
GLOBAL	X	x1	-1,50000	Primary	Gray8Dark	Yes	End
GLOBAL	X	x2	1,50000	Primary	Gray8Dark	Yes	End
GLOBAL	Y	y1	0,00000	Primary	Gray8Dark	Yes	Start
GLOBAL	Z	z3	-18,50000	Primary	Black	Yes	Start
GLOBAL	Z	z1	0,00000	Primary	Gray8Dark	Yes	End
GLOBAL	Z	z2	27,50000	Primary	Gray8Dark	Yes	End

Table: Grid Lines, Part 2 of 2

CoordSys	AllVisible	BubbleSize
Text	Yes/No	m
GLOBAL	Yes	1,250000

Table: Joint Coordinates, Part 1 of 2

Joint	CoordSys	XorR	Y	Z	SpecialJt	GlobalX
Text	Text	m	m	m	Yes/No	m
1	GLOBAL	-1,50000	0,00000	0,00000	No	-1,50000
2	GLOBAL	-1,50000	0,00000	27,50000	No	-1,50000
3	GLOBAL	1,50000	0,00000	0,00000	No	1,50000
4	GLOBAL	1,50000	0,00000	27,50000	No	1,50000
5	GLOBAL	-1,50000	0,00000	-18,50000	No	-1,50000
16	GLOBAL	1,50000	0,00000	-18,50000	No	1,50000
17	GLOBAL	-1,50000	0,00000	-1,85000	No	-1,50000
18	GLOBAL	-1,50000	0,00000	-3,70000	No	-1,50000
19	GLOBAL	-1,50000	0,00000	-5,55000	No	-1,50000
20	GLOBAL	-1,50000	0,00000	-7,40000	No	-1,50000
21	GLOBAL	-1,50000	0,00000	-9,25000	No	-1,50000
22	GLOBAL	-1,50000	0,00000	-11,10000	No	-1,50000
23	GLOBAL	-1,50000	0,00000	-12,95000	No	-1,50000
24	GLOBAL	-1,50000	0,00000	-14,80000	No	-1,50000
25	GLOBAL	-1,50000	0,00000	-16,65000	No	-1,50000
26	GLOBAL	1,50000	0,00000	-1,85000	No	1,50000
27	GLOBAL	1,50000	0,00000	-3,70000	No	1,50000
28	GLOBAL	1,50000	0,00000	-5,55000	No	1,50000
29	GLOBAL	1,50000	0,00000	-7,40000	No	1,50000
30	GLOBAL	1,50000	0,00000	-9,25000	No	1,50000
31	GLOBAL	1,50000	0,00000	-11,10000	No	1,50000
32	GLOBAL	1,50000	0,00000	-12,95000	No	1,50000
33	GLOBAL	1,50000	0,00000	-14,80000	No	1,50000
34	GLOBAL	1,50000	0,00000	-16,65000	No	1,50000

Table: Joint Displacements, Part 1 of 2

Joint Text	OutputCase Text	CaseType Text	U1 m	U2 m	U3 m	R1 Radians
1	DEAD	LinStatic	-0,000157	0,000000	-0,000363	0,000000
2	DEAD	LinStatic	5,060E-07	0,000000	-0,000653	0,000000
3	DEAD	LinStatic	0,000157	0,000000	-0,000363	0,000000
4	DEAD	LinStatic	-5,060E-07	0,000000	-0,000653	0,000000
5	DEAD	LinStatic	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
16	DEAD	LinStatic	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
17	DEAD	LinStatic	-0,000098	0,000000	-0,000332	0,000000
18	DEAD	LinStatic	-0,000052	0,000000	-0,000301	0,000000
19	DEAD	LinStatic	-0,000022	0,000000	-0,000268	0,000000
20	DEAD	LinStatic	-3,716E-06	0,000000	-0,000234	0,000000
21	DEAD	LinStatic	4,247E-06	0,000000	-0,000198	0,000000
22	DEAD	LinStatic	6,031E-06	0,000000	-0,000161	0,000000
23	DEAD	LinStatic	4,759E-06	0,000000	-0,000123	0,000000
24	DEAD	LinStatic	2,586E-06	0,000000	-0,000083	0,000000
25	DEAD	LinStatic	7,666E-07	0,000000	-0,000042	0,000000
26	DEAD	LinStatic	0,000098	0,000000	-0,000332	0,000000
27	DEAD	LinStatic	0,000052	0,000000	-0,000301	0,000000
28	DEAD	LinStatic	0,000022	0,000000	-0,000268	0,000000
29	DEAD	LinStatic	3,716E-06	0,000000	-0,000234	0,000000
30	DEAD	LinStatic	-4,247E-06	0,000000	-0,000198	0,000000
31	DEAD	LinStatic	-6,031E-06	0,000000	-0,000161	0,000000
32	DEAD	LinStatic	-4,759E-06	0,000000	-0,000123	0,000000
33	DEAD	LinStatic	-2,586E-06	0,000000	-0,000083	0,000000
34	DEAD	LinStatic	-7,666E-07	0,000000	-0,000042	0,000000

Table: Joint Displacements, Part 2 of 2

Joint Text	OutputCase Text	R2 Radians	R3 Radians
1	DEAD	-0,000035	0,000000
2	DEAD	0,000125	0,000000
3	DEAD	0,000035	0,000000
4	DEAD	-0,000125	0,000000
5	DEAD	0,000000	0,000000
16	DEAD	0,000000	0,000000
17	DEAD	-0,000028	0,000000
18	DEAD	-0,000021	0,000000
19	DEAD	-0,000013	0,000000
20	DEAD	-6,922E-06	0,000000
21	DEAD	-2,588E-06	0,000000
22	DEAD	-1,030E-07	0,000000
23	DEAD	9,541E-07	0,000000
24	DEAD	1,092E-06	0,000000
25	DEAD	7,068E-07	0,000000
26	DEAD	0,000028	0,000000
27	DEAD	0,000021	0,000000
28	DEAD	0,000013	0,000000
29	DEAD	6,922E-06	0,000000
30	DEAD	2,588E-06	0,000000
31	DEAD	1,030E-07	0,000000
32	DEAD	-9,541E-07	0,000000
33	DEAD	-1,092E-06	0,000000

Joint Text	OutputCase Text	R2 Radians	R3 Radians
34	DEAD	-7,068E-07	0,000000

Table: Joint Reactions, Part 1 of 2

Joint Text	OutputCase Text	CaseType Text	U1 Ton	U2 Ton	U3 Ton	R1 Ton-m
5	DEAD	LinStatic	-0,0568	0,0000	175,7047	0,00000
16	DEAD	LinStatic	0,0568	0,0000	175,7047	0,00000

Table: Joint Reactions, Part 2 of 2

Joint Text	OutputCase Text	R2 Ton-m	R3 Ton-m
5	DEAD	-0,32685	0,00000
16	DEAD	0,32685	0,00000

Table: Joint Reactions - Spring Forces, Part 1 of 2

Joint Text	OutputCase Text	CaseType Text	U1 Ton	U2 Ton	U3 Ton	R1 Ton-m
5	DEAD	LinStatic	0,0000	0,0000	0,0000	0,00000
16	DEAD	LinStatic	0,0000	0,0000	0,0000	0,00000
17	DEAD	LinStatic	0,3015	0,0000	0,0000	0,00000
18	DEAD	LinStatic	0,3226	0,0000	0,0000	0,00000
19	DEAD	LinStatic	0,1986	0,0000	0,0000	0,00000
20	DEAD	LinStatic	0,0457	0,0000	0,0000	0,00000
21	DEAD	LinStatic	-0,0652	0,0000	0,0000	0,00000
22	DEAD	LinStatic	-0,1112	0,0000	0,0000	0,00000
23	DEAD	LinStatic	-0,1024	0,0000	0,0000	0,00000
24	DEAD	LinStatic	-0,0636	0,0000	0,0000	0,00000
25	DEAD	LinStatic	-0,0212	0,0000	0,0000	0,00000
26	DEAD	LinStatic	-0,3015	0,0000	0,0000	0,00000
27	DEAD	LinStatic	-0,3226	0,0000	0,0000	0,00000
28	DEAD	LinStatic	-0,1986	0,0000	0,0000	0,00000
29	DEAD	LinStatic	-0,0457	0,0000	0,0000	0,00000
30	DEAD	LinStatic	0,0652	0,0000	0,0000	0,00000
31	DEAD	LinStatic	0,1112	0,0000	0,0000	0,00000
32	DEAD	LinStatic	0,1024	0,0000	0,0000	0,00000
33	DEAD	LinStatic	0,0636	0,0000	0,0000	0,00000
34	DEAD	LinStatic	0,0212	0,0000	0,0000	0,00000

Table: Joint Spring Assignments 1 - Uncoupled

Joint Text	CoordSys Text	U1 Ton/m	U2 Ton/m	U3 Ton/m	R1 Ton-m/rad	R2 Ton-m/rad	R3 Ton-m/rad
5	GLOBAL	30730,000	0,000	0,000	0,00000	0,00000	0,00000
16	GLOBAL	30730,000	0,000	0,000	0,00000	0,00000	0,00000
17	GLOBAL	3073,000	0,000	0,000	0,00000	0,00000	0,00000
18	GLOBAL	6146,000	0,000	0,000	0,00000	0,00000	0,00000
19	GLOBAL	9219,000	0,000	0,000	0,00000	0,00000	0,00000
20	GLOBAL	12292,000	0,000	0,000	0,00000	0,00000	0,00000
21	GLOBAL	15365,000	0,000	0,000	0,00000	0,00000	0,00000
22	GLOBAL	18438,000	0,000	0,000	0,00000	0,00000	0,00000

Joint	CoordSys	U1	U2	U3	R1	R2	R3
Text	Text	Ton/m	Ton/m	Ton/m	Ton-m/rad	Ton-m/rad	Ton-m/rad
23	GLOBAL	21511,000	0,000	0,000	0,00000	0,00000	0,00000
24	GLOBAL	24584,000	0,000	0,000	0,00000	0,00000	0,00000
25	GLOBAL	27657,000	0,000	0,000	0,00000	0,00000	0,00000
26	GLOBAL	3073,000	0,000	0,000	0,00000	0,00000	0,00000
27	GLOBAL	6146,000	0,000	0,000	0,00000	0,00000	0,00000
28	GLOBAL	9219,000	0,000	0,000	0,00000	0,00000	0,00000
29	GLOBAL	12292,000	0,000	0,000	0,00000	0,00000	0,00000
30	GLOBAL	15365,000	0,000	0,000	0,00000	0,00000	0,00000
31	GLOBAL	18438,000	0,000	0,000	0,00000	0,00000	0,00000
32	GLOBAL	21511,000	0,000	0,000	0,00000	0,00000	0,00000
33	GLOBAL	24584,000	0,000	0,000	0,00000	0,00000	0,00000
34	GLOBAL	27657,000	0,000	0,000	0,00000	0,00000	0,00000

Table: Load Case Definitions

LoadCase	DesignType	SelfWtMult	AutoLoad
Text	Text	Unitless	Text
DEAD	DEAD	1,000000	

Table: Material Properties 03 - Design Steel

Material	Fy	Fu
Text	Ton/m2	Ton/m2
STEEL	25310,51	40778,04

Table: Material Properties 04 - Design Concrete

Material	Fc	RebarFy	RebarFys	LtWtConc	LtWtFact
Text	Ton/m2	Ton/m2	Ton/m2	Yes/No	Unitless
CONC	2812,28	42184,18	28122,79	No	1,000000

Statik analiz sonucu elde edilen tablolar incelendiğinde, maksimum kesme kuvvetinin 3 numaralı elemanda $\pm 39,14$ ton olarak ortaya çıktığı görülmektedir. Maksimum eğilme momentinin de yine 3 numaralı elemanda $+19,02$ ton-m ile $-10,33$ ton-m olarak ortaya çıktığı belirlenmiştir.

Oyulma seviyesindeki mesnetlerde ise maksimum moment $10,33$ ton-m olarak hesaplanmıştır.

Maksimum yanal deplasman 2 ve 4 numaralı düğüm noktalarında ortaya çıkmıştır ve değeri $0,6$ mm'dir. Tahmini kararlılık seviyesinde kazıkların yanal deplasmanı $0,25$ mm civarında hesaplanmıştır. Daha derinlere inildikçe bu değer milimetrenin yüzde dördü mertebesine düştüğü izlenmiştir.

BÖLÜM 6

SONUÇ

6. SONUÇ

Bu çalışmada, rıhtım kazıklarının statik ve dinamik yükler altındaki analizi konu edinilmiştir. Analizin dört unsuru; kazık geometrisi ve malzemesi, dalga özellikleri, zemin özellikleri ve mühendislik hesap esaslarıdır. Kazık geometrisi ve malzemesi dikkate alındığında görülecektir ki, kazıkların düşey ve eğik konumda olması, kazık gruplarının biçimlendirilmesi, kazıkların malzeme cinsleri ve kazıkların çakma veya yerinde yapım tipi olması gibi faktörlerle karşılaşılmaktadır. Dalga özelliklerinde ise sinüsoidal dalga ve random dalgalar yer almaktadır. Sinüsoidal dalgalarda; birçok dalga teorisi ile karşılaşılmaktadır. Zemin özelliklerinde, temelde kohezyonlu ve kohezyonsuz zeminlerle, diğer taraftan elastik, elasto-plastik ve plastik zeminlerle karşılaşılmaktadır. Mühendislik hesap esaslarında ise stabilite analizi, statik ve dinamik analiz esasları yer alır. Dinamik analiz için tek ve çok serbestlik dereceli sistemler dikkate alınmaktadır.

Bu çalışmada; sinüsoidal dalga hareketine maruz, kohezyonsuz zeminlerdeki çakma silindirik rıhtım kazıklarının statik ve dinamik analizi yapılmıştır. Dinamik analiz kısmında tek serbestlik dereceli kazık sistemi hesaba katılmıştır. Zemin elastik yayalarla temsil edilmiştir. Uygulama öncesi kazıklı temeller hakkında temel ilkeler ve hesap esasları, dinamik kuvvetler etkisindeki tek serbestlik dereceli sistemlerin davranışı ve deniz yapıları için hidrodinamik kuvvetlerin hesap ilkelerine değinilmiştir.

Uygulama için tercih edilen kazık gruplarının biçimi ve boyutları; referanslar içinde yer alan bir projeden alınmıştır (29). Dikkate alınan kazıkların statik ve dinamik yükler altındaki davranışı bu tez kapsamında incelenmiş, kesit tesirleri ve yanal deplasmanlar hesaplanmıştır. Kazıkların malzemesi çelik ve kesiti silindirikdir. Kazığın zeminin içine giren ucu kapalıdır. Ayrıca kazıkların zemine çakılarak yerleştirildiği kabul edilmiştir.

Kazıklara etkiyen düşey yük olarak, rıhtım platformu üzerinde hareket eden taşıt yükleri için aşırı yükleme esas alınarak, bir treylerin ve bir vincin hareketi esnasında platform tabliyesinden kazıklara aktarılan yük ile platformun zati ağırlığı, kazık uç yükü olarak alınmıştır. Kazık çapı ve boyu seçilerek düşey yükleri güvenle taşıyıp taşıyamayacağı kontrol edilmiştir. Tekil kazığın ucunun taşıyacağı yük ile kazık yan yüzeylerinin zeminle olan sürtünmesinden dolayı taşıyacağı yük hesaplanmış, bu yüklerin toplamının güvenlik katsayısına bölünmesiyle tekil kazığın

güvenle taşıyabileceği düşey yük bulunmuştur. Buradan da kazık grubunun güvenle taşıyabileceği düşey yük belirlenmiştir ve kazık çapının ve boyunun yeterliliği irdelenmiştir.

Düşey yük sebebiyle tekil kazığın ve kazık gruplarının oturmaları hesaplanmıştır. Bu hesaplamada, Prakash (1990) tarafından önerilen hesap esasları kullanılmıştır. Sonuç olarak kazık grubunun oturmasının güvenli olduğu ve seçilen kazık çapı ile boyunun yeterli olduğu gösterilmiştir.

Kazığa etkiyen yanal yüklerin belirlenmesi için öncelikle, dalga hareketine ait su yüzeyi profili belirlenmiştir. Daha sonra kazığın su içerisinde kalan uzunluğu boyunca kazık birim boyuna etkiyen atalet ve sürüklenme kuvveti ($T=4$ saniye periyotlu bir dalganın 0,5 saniye aralıklarla) Morison eşitliğine göre belirlenmiştir. Her t zamanındaki derinlik boyunca oluşan kuvvet dağılımı için, regresyon analizi yapılarak yeterli yaklaşıklıkta ($R=0,99$), fonksiyonların denklemleri üretilmiş ve integrasyon yapılarak bileşke kuvvetin şiddeti ve yeri belirlenmiştir.

Her t zamanında kazığa etkiyen kuvvetlerin etkiye noktalarının bileşkesi alınarak, yatay kuvvetler için tek bir bileşke noktası belirlenmiştir. t zamanındaki kuvvetlerin bu noktadan kazığa etkidiği kabul edilmiş ve çözümde bu yaklaşıklık göz önüne alınmıştır.

Dinamik analizde iki farklı durum göz önüne alınmıştır. Birinci yaklaşımda (Bölüm 5.5) kazığın tahmini kararlılık seviyesinde (Şekil 5.2) zemine ankastre olması durumu incelenmiştir. İkinci yaklaşımda (Bölüm 5.6) ise zemin p-y eğrileriyle elastik yay olarak tasvir edilmiş ve çözüm kazık-zemin etkileşimi göz önüne alınarak yapılmıştır.

Statik analizde ise birbirine kirişle bağlı iki kazığın meydana getirdiği çerçeve sistemi çözülmüştür. Bu çerçeve sisteminin platform tabliyesini, kazık üst başlığını, döşeme üzerinde hareket ettiği kabul edilen yük katarını ve zati ağırlığını taşıdığı kabul edilmiştir. Çerçevenin kirişi betonarme, kazıklar ise çelik alınmıştır. Kazık ile zemin arasındaki etkileşim, Bölüm 5.6'daki gibi elastik yaylar olarak dikkate alınmıştır.

Statik ve dinamik analiz, SAP 2000 paket programıyla yapılmıştır. Dinamik analizlerde dalga kuvveti zamana bağlı periyodik bir fonksiyon olarak tanımlanmış ve tekil kazığa bileşke noktasından uygulanmıştır.

Dinamik analizde birinci yaklaşımda; kazık kesitinde ve ankastre mesnette meydana gelen kesit tesirleri ile serbest kabul edilen kazığın zamana bağlı olarak yatay dinamik dalga yükü altına yatay deplasmanı ve kesit tesirleri hesaplanmıştır.

Dinamik analizde ikinci yaklaşımda da birinci yaklaşımdaki kuvvet durumu göz önüne alınmıştır. Fakat bu bölümde kazığın zemin içine gömülü olan kısmının, zeminle direkt etkileşimde olması durumu kabul edilmiştir. Deniz tabanı altında 1,85 metrede bir p-y eğrileri hesaplanmış ve bu seviyelerdeki zemin için yay katsayıları belirlenmiştir. Yapısal analiz için bu seviyelerdeki yaylar da hesaplama dahil edilmiştir. Sonuç olarak kazıkta meydana gelen kesit tesirleri ve yatay deplasmanlar belirlenmiştir.

İkinci yaklaşımın sonuçları incelendiğinde, kazığın önceden tahmin edilen kararlılık seviyesindeki yatay deplasmanının milimetrenin onda biri mertebesinde olduğu açıkça görülmektedir. Sonuçta kazığın bu seviyede ankastre kabul edilmesinin doğru bir yaklaşım olduğu da hesaplarla gösterilmiştir.

Statik analizi yapılan çerçeve sisteminin de kesme kuvveti, moment ve deplasman değerleri belirlenmiştir Kiriş ve kazık boylarının üç noktasında, kesit tesirleri elde edilmiştir.

Deniz tabanında kazık bünyesinde oluşan kesit tesirleri (kesme kuvveti, eğilme momenti ve eksenel kuvvet) Tablo 6.1’de gösterilmektedir.

Tablo 6.1. Deniz Tabanı Seviyesinde Kazıkta Oluşan Kesit Tesirleri *

Bulgular	Kesme Kuvvet V (ton)	Moment M (ton – m)	Eksenel Yük P (ton)
I. Dinamik Analiz	5,41	174,63	2,31
II. Dinamik Analiz	5,26	136,55	2,19
Statik Analiz	0,45	10,33	39,14

* Atalet momenti ($I=3589571,2 \text{ cm}^4$), kazık kesit alanı ($F=3782,48 \text{ cm}^2$), atalet yarıçapı ($i=30,81 \text{ cm}$), narinlik ($\lambda=168,8$), burkulma boyu ($L_k=L \times 2$), mukavemet momenti ($W=4,9$).

Eğilme momenti bileşkesinin maksimum değeri iki durumda incelenmiştir. Birinci durumda; 1. dinamik analizin sonuçları ile statik analizin sonuçları, ikinci durumda; 2. dinamik analizin sonuçları ile statik analizin sonuçları birlikte göz önüne alınmıştır. Birinci durumda kazıkta ortaya çıkan yüzey gerilmesi, $\sigma=296 \text{ kg/cm}^2$, ikinci durumda ise $\sigma=237 \text{ kg/cm}^2$ olarak hesaplanmıştır. Bu değerler çeliğin güvenle taşıyabileceği gerilmenin çok altında olduğu için sistem statik ve dinamik olarak güvenlidir. Kazık çapının bu kadar büyük seçilmesinin nedeni, stabilite analizinde kazık grubunda meydana gelecek oturmanın ancak sağlanabilmesidir.

Yatay kazık deplasmanları, birinci durumda 3,9 cm, ikinci durumda ise 4,0 cm olarak hesap edilmiştir. Bu durumun standartlara göre kıyaslanması gerekmektedir.

Bu çalışmada, kohezyonlu zeminler, silindirik dūřey elik kazıklar, tek serbestlik dereceli sistem ve lineer dalga teorisi esaslarına göre hesaplanmış dalga kuvvetlerinin (Morison eşitliği esaslarına göre) dikkate alındığı ifade edilmiştir. Bu kabuller dışında kazık, dalga ve zemin özelliklerinin farklılaştığı sistemler alınarak da farklı modeller üzerinde çalışmalar yapılabileceği önerilebilir.

KAYNAKLAR

01. Abebe, A. ve Smith, I. GN. (16 Mayıs 1999). *Pile Foundation Design: A Student Guide*. 25 Ekim 2005, <http://sbe.napier.ac.uk/projects/piledesign/guide/index.htm>.
02. Barltrop, N.D.P. ve Adams, A.J. (1991). *Dynamics of Fixed Marine Structures* (3rd edition). UK: Butterworth–Heinemann.
03. Birand, A. (2005). Kazık Tasarımında Yatak Modüllerin Düzeltilerek Kullanılması. *İMO Teknik Dergi*, (2005), 3487 – 3496.
04. Celep, Z. ve Kumbasar N. (2001). *Betonarme Yapılar*. İstanbul: İTÜ, İhlas Matbaacılık.
05. Celep, Z ve Kumbasar N. (2001). *Yapı Dinamiği* (üçüncü baskı). İstanbul: İTÜ, Rehber Matbaacılık.
06. Chakrabarti, S.K., Kriebel, D. ve Berek, E.P. (1997). Forces on a Single Pile Caisson in Breaking Waves and Current. *Applied Ocean Research*, 19 (1997), 113 – 140.
07. Chen, B.F. (2000). Dynamic Responses of Coastal Structures During Earthquakes Including Sediment–Sea–Structure Interaction. *Soil Dynamics and Earthquake Engineering*, 20 (2000), 445 – 467.
08. Chen, B.F. ve Huang, C.F. (2002). Hydrodynamic Forces on Concrete Sea Wall and Breakwater During Earthquakes: Effects of Bottom Sediment Layers and Back–Fill Soil. *Ocean Engineering*, 29 (2002), 783 – 814.
09. Clough, R.W. ve Penzien, J. (1993). *Dynamics of Structures* (2nd edition). Singapore: Mc Graw–Hill, Inc.
10. Çelebi, M. ve Erdik, M. (1977). *Yapı Dinamiğine Giriş*. Ankara: ODTÜ.
11. Dean, R.G. ve Dalrymple, R.A. (1991). *Water Wave Mechanics for Engineers and Scientists* (2nd edition). Singapore: World Scientific.
12. Eicher, J.A., Guan, H. ve Jeng, D.S. (2002). Stress and Deformation of Offshore Piles under Structural and Wave Loading. *Ocean Engineering*, 30 (2003), 369 – 385.
13. Ekinci, E.L., Özmen, H.İ. ve Özgüven, O. (1990). *Çakma Kazıklı Yanaşma Yapılarının Projelendirilmesi*. İstanbul.
14. Hallam, M.G., Heaf, N.J. ve Wootton, L.R. (1977). *Dynamics of Marine Structures*. London: Ciria Underwater Engineering Group.
15. Hsiao, S.S. ve Lin, M.C. (1999). Wave Forces on a Large Structure in the Presence of a Current. *Journal of Marine Science and Technology*, Vol.7 (No.1), 17–25.
16. Kriebel, D.L. (1997). Nonlinear Wave Interaction With a Vertical Circular Cylinder: Wave Forces. *Ocean Engineering*, 25 (1998), 597 – 605.
17. Kumbasar, V. ve Kip, F. (1999). *Zemin Mekaniği Problemleri* (altıncı baskı). İstanbul: Çağlayan Kitapevi.

18. Mostofa, Y.E. ve Naggar, H.E. (2002). Dynamic Analysis of Laterally Loaded Pile Groups in Sand and Clay. *Canadian Geotechnical Journal*, 39 (2002), 1358 – 1383.
19. Mostofa, Y.E. ve Naggar, H.E. (2004). Response of Fixed Offshore Platforms to Wave and Current Loading Including Soil–Structure Interaction. *Soil Dynamics and Earthquake Engineering*, 24 (2004), 357 – 368.
20. Neelamani, S., Koether, G., Schüttrumpf, H., Muttray, M. ve Oumeraci, H. (1998). Wave Forces on, and Water–Surface Fluctuations Around a Vertical Cylinder Encircled by a Perforated Square Caisson. *Ocean Engineering*, 27 (2000), 775 – 800.
21. Okan, R. (2004). Fore Kazık – Jet Groutlu Bir İksa Uygulaması. *Türkiye Mühendislik Haberleri (TMH)*, 430 (2004), 55 – 58.
22. Prakash, S. ve Sharma, H.D. (1990). *Pile Foundations in Engineering Practice*. New York: John Wiley & Sons, Inc.
23. Quinn, A.DeF. (1972). *Design and Construction of Ports and Marine Structures* (2nd edition). New York: Mc Graw–Hill, Inc.
24. Rahman, M. (1997). Nonlinear Hydrodynamic Loading on Offshore Structures. *Theoretical and Computational Fluid Dynamics*, 10 (1998), 323 – 347.
25. Ramachandran, J. (2005). *Analysis of Pile Foundation Under Seismic Loading*. Texas: Consequence–Based Engineering Institute.
26. Reddy, D.V. ve Arockiasamy, M. (1991). *Offshore Structures, Volume 2*. Florida: Krieger Publishing Company.
27. Reid, R.O. ve Bretschneider, C.L. (1953). *Surface Waves and Offshore Structures*. Texas: A&M College of Texas, Dept. of Oceanography.
28. Rundgren, L. (1958). *Water Wave Forces*. Stockholm: AB Henrik Lindstahls Bokhandeli Distribution.
29. Tamiş, O. (2002). İzgara Kirişli Rıhtım Platformunun Statik Analizi – Bitirme Tezi (Lisans). Manisa: CBÜ.
30. Toğrol, E. ve Tan O. (2003). *Kazıklı Temeller*. İstanbul: Birsan Yayınevi.
31. Türk Standartları Enstitüsü (1978). *Kazıklı Temellerin Hesap ve Düzenlenmesinde Genel Kurallar (TS 3167)*.
32. Türk Standartları Enstitüsü (1978). *Çakma Kazıklar, Tasarım, Yapım ve Düzenlenmesinde Genel Kurallar (TS 3169)*.
33. Uzsoy, Ş.Z. (2001). *Yapı Dinamiği ve Deprem Mühendisliği*. İzmir: DEÜ.
34. Wu, S.C. ve Tung, C.C. (1975). *Random Response of Offshore Structures to Wave and Current Forces*. North Carolina: Sea Grant Publication.