

T.C.
GEBZE YÜKSEK TEKNOLOJİ ENSTİTÜSÜ
MÜHENDİSLİK VE FEN BİLİMLERİ
ENSTİTÜSÜ

ENDÜSTRİYEL ÇELİK BİNALARDA
KAZIK TEMELLERİN BİNANIN DİNAMİK
DAVRANIŞINA OLAN ETKİSİ

Selami ÜZEL
YÜKSEK LİSANS TEZİ
DEPREM VE YAPI MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

GEBZE

2011

T.C.

GEBZE YÜKSEK TEKNOLOJİ ENSTİTÜSÜ
MÜHENDİSLİK VE FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

ENDÜSTRİYEL ÇELİK BİNALARDA KAZIK
TEMELLERİN BİNANIN DİNAMİK
DAVRANIŞINA OLAN ETKİSİ

Selami ÜZEL

YÜKSEK LİSANS TEZİ

DEPREM VE YAPI MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

DANIŞMAN

Prof. Dr. Bilge SİYAHİ

GEBZE

2011



YÜKSEK LİSANS TEZİ JÜRİ ONAY SAYFASI

G.Y.T.E. Mühendislik ve Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun
 tarih ve sayılı kararıyla oluşturulan jüri tarafından
 tarihinde tez savunma sınavı yapılan
'ın tez çalışması Anabilim
 Dalında YÜKSEK LİSANS tezi olarak kabul edilmiştir.

JÜRİ

ÜYE

(TEZ DANIŞMANI) :

ÜYE :

ÜYE :

ONAY

G.Y.T.E. Mühendislik ve Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun
/...../20... tarih ve/..... sayılı kararı.

İMZA/MÜHÜR

ÖZET

TEZİN BAŞLIĞI: ENDÜSTRİYEL ÇELİK BİNALARDA KAZIK TEMELLERİN BİNANIN DİNAMİK DAVRANIŞINA OLAN ETKİSİ

YAZAR ADI: SELAMİ ÜZEL

Bu tez çalışmasında kazık temellerin endüstriyel çelik binaların dinamik davranışına etkisi incelenmiştir. Kazık temel uygulaması pahalı bir yöntem ancak zeminin uygun olmayan durumlarında kalıcı ve kesin bir yöntem olarak kabul edilmektedir.

Bu çalışmada öncelikle temel kavramı üzerinde durulmuştur. Temel çeşitleri anlatıldıktan sonra asıl çalışma konusu olan kazık temeller incelenmiştir. Derin temel grubuna giren kazık temeller anlatılmış olup kazık temel çeşitleri, uygulama yöntemleri ve taşıma gücü hesaplarından bahsedilmiştir. Kazık temellerin kullanıldığı yerler, yapım aşaması araştırılmış olup sayısal uygulamalar ve arazi deney sonuçları incelenmiştir.

Kazık temellerin endüstriyel bir çelik yapının dinamik davranışına olan etkisini incelemek amacıyla örnek bir çelik endüstri binası üzerinde doğrusal dinamik zaman geçmişi analizleri yapılmıştır. Zaman geçmişi analizlerinde 3 adet deprem hareketi kullanılmıştır. Endüstriyel çelik yapının kazık temelsiz ve kazık temelli dinamik davranışı incelenmiş ve sonuçlar çalışmanın sonunda sunulmuştur. Sonuç olarak, kazık temellerin endüstriyel çelik yapının dinamik davranışı üzerinde azaltıcı etkisi olduğunu görülmüştür.

ANAHTAR KELİMELEER: Temel, Temel çeşitleri, Derin temeller, Kazık temeller, Kazık temel taşıma gücü, Endüstriyel çelik yapı, Sap 2000, Dinamik Analiz

SUMMARY

THESIS TITLE: THE EFFECTS OF PILE FOUNDATIONS TO THE DYNAMIC RESPONSE OF INDUSTRIAL STEEL BUILDINGS

AUTHOR NAME: SELAMI UZEL

In this thesis study, the effects of pile foundations on the dynamic behavior of industrial steel buildings were investigated. Even though application of pile foundation is considered to be expensive, it is permanent and a precise application for non suitable soil conditions.

In this study, foundation concept is first explained. After explaining the types of foundations, pile foundation is examined as the main study of this thesis. The pile foundations that fall into deep foundation group are explained as well as their application methods and bearing capacity calculations. The appropriate places for using pile foundations and the construction phases are investigated and the numerical applications and field test results are examined.

In order to examine the effect of pile foundations to the dynamic behaviour of industrial steel buildings, linear dynamic time history analyses are carried out on a sample industrial steel building. Three earthquake ground motion records are used in the time history analyses. The dynamic behavior of the industrial steel building with/without pile foundation are examined and the results are presented at the end of the study. The results indicate that the pile foundations have a reducing effect on the dynamic behavior of industrial steel buildings.

KEY WORDS: Foundation, Foundation types, Deep Foundations, Pile Foundations, Pile foundations bearing capacity, Industrial steel building, Sap 2000, Dynamic analysis

TEŞEKKÜR

Öncelikle, yüksek lisans tez konusunun belirlenmesinde ve bu çalışmayı hazırlamam sırasında bana yardımcı olan değerli danışman hocam Prof. Dr. Bilge SİYAHÎ'ye, değerli katkılarıyla tezimin gelişmesine yardımcı olan Doç. Dr. Bülent AKBAŞ'a uygulama çalışmalarım sırasında bana verdiği destek ve katkıdan dolayı değerli hocam Doç. Dr. Yasin FAHJAN'a ayrıca, her zaman yanımda olan ve benden desteklerini esirgemeyen aileme ve dostlara teşekkür ederim.

Selami ÜZEL

Gebze, Haziran 2011.

İÇİNDEKİLER DİZİNİ

ÖZET	iv
SUMMARY	v
TEŞEKKÜR	vi
İÇİNDEKİLER DİZİNİ	vii
SİMGELER (KISALTMALAR) DİZİNİ	x
ŞEKİLLER DİZİNİ	xii
TABLolar DİZİNİ	xv
1 GİRİŞ	1
2 TEMELLER	3
2.1 Tanım	3
2.2 Temel Altındaki Zemin Davranışı	3
3 TEMEL ÇEŞİTLERİ	5
3.1 Yüzeysel Temeller	5
3.1.1 Tekil Temeller (Münferit)	5
3.1.2 Sürekli Temeller	7
3.1.3 Radye Temel	10
3.2 Derin Temeller	13
3.2.1 Giriş	13
3.2.2 Derin Temeller İçin Taşıma Gücü	13
4 KAZIK TEMELLER	15
4.1 Kazıkların İşlevleri	15
4.2 Kazıkların Sınıflandırılması	16

4.2.1	Yükleri Taşıma ve Zemine İletme Şekillerine Göre	16
4.2.2	Yapıldıkları Malzemelere Göre	18
4.3	Kullanılacak Kazık Tipinin Seçimi	23
4.3.1	Hazır Çakma Kazıklar	23
4.3.2	Yerinde Dökülen Çakma Kazıklar	24
4.3.3	Yerinde Dökülen Sondaj Kazıklar	25
5	KAZIKLARIN TAŞIMA GÜCÜ HESABI	27
5.1	Statik Kazık Formülleri	27
5.1.1	Uç Direnci	28
5.1.2	Birim Sürtünme Direnci	31
5.2	Dinamik Kazık Formülleri	42
5.2.1	Sanders Formülü	43
5.2.2	Engineering News Formülü	43
5.2.3	Brix Formülü	44
5.2.4	Dutch Formülü	44
5.2.5	Ritter Formülü	44
5.2.6	Hiley Formülü	45
5.3	Kazıklarda Grup Etkisi ve Grup Taşıma Gücü	46
5.3.1	Verimlilik Formülleri	47
5.3.2	Terzaghi Blok Yaklaşımı	48
6	ARAZİ DENEY SONUÇLARINA GÖRE KAZIK TAŞIMA GÜCÜ TAHMİNİ	52
6.1	Standart Penetrasyon Deneyi (SPT)	52
6.1.1	Standart Penetrasyon Deneyinin Yapılması	53
6.1.2	SPT Darbe Sayısının Düzeltilmesi	54
6.1.3	SPT Verileriyle Kazık Taşıma Gücü Hesabı	55

7	SAYISAL UYGULAMALAR	56
7.1	Statik Formüllerle Sayısal Uygulamalar	56
7.2	SPT Verileriyle Sayısal Uygulama	60
8	KAZIK YÜKLEME DENEYLERİ	63
9	BİR ENDÜSTRİYEL ÇELİK BİNA	66
9.1	Yapı ve Temel Modellemesi	66
9.1.1	Genel Sistem	66
9.2	Yapının Dinamik Davranışı	76
9.2.1	Deprem ve Tasarım Spektrumlarının Oluşturulması	82
9.3	Kazık Temel Seçiminin Yapının Dinamik Davranışına Etkisi	86
9.3.1	Kazık Temel Çevresi ve Kazık Temel Ucu Eksenel Yük Aktarımını Temsil Eden Doğrusal Olmayan Zemin Yayı	90
9.4	Analiz Sonuçlarının Değerlendirilmesi	100
10	SONUÇLAR ve ÖNERİLER	102
	KAYNAKLAR DİZİNİ	104
	ÖZGEÇMİŞ	106

SİMGELER (KISALTMALAR) DİZİNİ

Q_f :	Tek kazığın nihai taşıma gücü
Q_p :	Kazığın uç taşıma kapasitesi
Q_s :	Kazığın sürtünme direnci
q_f :	Kazık ucundaki zeminin birim nihai taşıma kapasitesi
f_s :	Birim sürtünme direnci
A_p :	Kazık ucundaki en kesit alanı
A_s :	Kazık sürtünme alanı
c :	Zeminin kohezyonu
σ'_0 :	Kazığın ucundaki düşey efektif geostatik gerilme
γ :	Zeminin efektif birim hacim ağırlığı
B :	Kazık çapı veya kenar uzunluğu
η :	Bir kat sayısı; dairesel kesitlerde 0,3 karesel kesitlerde 0,4
N_c, N_q, N_γ :	Zeminin içsel sürtünme açısına bağlı taşıma gücü katsayıları
p :	Kazık en kesitinin çevre uzunluğu
ΔL_i :	Kazığın değişik zemin tabakaları içindeki uzunluğu
f_i :	Kazığın her bir zemin tabakası içindeki birim çevre sürtünmesi değeridir.
K_i :	(i) Zemin tabakasının efektif yanal toprak basıncı katsayısı
σ'_i :	(i) Zemin tabakasında efektif düşey gerilme
C_u :	Adhezyon katsayısı
δ_i :	(i) Zemin tabakasında kazık zemin arası sürtünme açısıdır
$\dot{I}$:	Kazık derinliği boyunca kazığı çevreleyen değişik özellikteki zemin tabakaları
e_f :	Tokmağın tesir katsayısı (0.65- 1.00)
c_1 :	Kazığın başındaki takozun ve yastığının elastik kısalması
c_2 :	Kazığın elastik kısalması

c₃:	Zeminin elastik kısılması
e:	Çarpma sayısı
m:	Gruptaki kazık sırası sayısı
n:	Bir sıradaki kazık sayısı
θ:	$\arctg (d/s);(\text{derece})$
d:	Kazık çapı
s:	Kazık aralığıdır.
S:	Kazık bloğunu çevreleyen zeminin ortalama kayma mukavemeti
L:	Zeminin içinde kalan kazık boyu
P:	Kazık grubunun plan görünümündeki toplam çevre uzunluğu
A:	Kazık grubunun plan görünümündeki alanı
γ :	Zeminin birim hacim ağırlığı
N':	Düzeltilmiş Standart Penetrasyon Direnci
N:	Deneyde Belirlenmiş SPT Direnci
C_N:	Düzeltilme Faktörü
N_{ort}:	Tabakalardaki ortalama SPT değeri
E :	Elastisite Modülü,
A₀ :	Etkin Yer İvmesi Katsayısı
I :	Bina Önem Katsayısı
T_A , T_B :	Spektrum Karakteristik Periyotları
R_x, R_y :	Taşıyıcı Sistem Davranış Katsayısı
n :	Hareketli Yük Katılım Katsayısı

ŞEKİLLER DİZİNİ

<u>Sekil</u>	<u>Sayfa</u>
3.1 Tekil Temel (http://sozluk.insaatbolumu.com/terimler/tekil-temel-nedir/)	7
3.2 Sürekli Temel Örnekleri (http://sozluk.insaatbolumu.com/terimler/sürekli-temel-nedir/)	9
3.3 Radye Temel Örnekleri (http://sozluk.insaatbolumu.com/terimler/radye-temel-nedir/)	11
3.4 Radye temelin beton dökülmeden önceki görüntüsü. (http://www.gurmenltd.com/radye.htm)	12
3.5 Radye temelin beton atılırken görüntüsü. (http://www.gurmenltd.com/radye.htm)	12
3.6 Radye temelin betonlaşmış görüntüsü. (http://www.gurmenltd.com/radye.htm)	13
3.7 Kazıklı temellerin kullanım yerleri (Yıldırım, Aksöz, 2008)	14
4.1 Sürtünme Ve Uç Kazık Tipleri (http://www.belgeler.com/blg/2a2n/kazik-temellerin-tasima-gucu-hesabi)	17
4.2 Vibrex Kazık Çakma Aşamaları ve Makineleri. (http://www.ustaszemin.com.tr/vibrex-kaz305k.html)	21
4.3 Fore Kazık Yapım Aşamaları (http://www.imoankara.org.tr/Portals/0/Sunum_cg_7.pdf)	21
5.1 Kazıklarda Grup Etkisi (Terzaghi ve Peck 1967)	49
5.2 Verim Formülasyonu. (http://www.scribd.com/doc/54937267/22/Terzaghi-Blok-Yakla%C5%9F%C4%B1m%C4%B1)	51
7.1 Uygulama 1	56
7.2 Uygulama 2	58
8.1 Kazık yükleme deneyi. (Çinicioğlu, İstanbul 2005)	63
8.2 Kazık yükleme deneyi sonucu. (Çinicioğlu, İstanbul 2005)	65
9.1 Genel Sistem Görünüşü (Özer, 2009)	66
9.2 Çatı Sistem Planı (Özer, 2009)	67
9.3 Tipik Çerçeve En kesiti (D aksı çerçevesi) (Özer, 2009)	68

9.4 Cephe Sistem Görünüşü (2 aksı cephesi bölgesel görünüş) (Özer, 2009)	68
9.5 Çelik Binanın Koordinat Sistemi	69
9.6 Çapraz ve Kirişlerin Mafsallı Görünüşü	70
9.7 (D) aksı çerçevesine etkiyen sabit ve hareketli yükler ($n=0.30$)	72
9.8 Yüklerin Katılım Katsayılarıyla Tanımlanması	73
9.9 Sabit Yüklerin D aksındaki Çerçeveye Atanması	73
9.10 Hareketli Yüklerin D aksındaki Çerçeveye Atanması	74
9.11 D çerçevesinde yatay yer değiştirme değerleri	74
9.12 Deprem Yüklerinin Tanımlanması	77
9.13 Kocaeli Depreminin Atanması	77
9.14 Kocaeli Depreminin Atanması	78
9.15 Çerçevesi Çatı Yer Değiştirme Değerleri (Kocaeli Depremi).	79
9.16 D Çerçevesi Çatı Yer Değiştirme Değerleri (Landers Depremi).	80
9.17 D Çerçevesi Çatı Yer Değiştirme Değerleri (Northridge Depremi).	80
9.18 D çerçevesi Kesme Kuvveti Diagramı (Kocaeli depremi)	81
9.19 D çerçevesinde kesme kuvveti diyagramı (Landers depremi)	81
9.20 D çerçevesinde kesme kuvveti diyagramı (Northridge depremi)	82
9.21 Kocaeli Depreminin Oluşturduğu Spektrum	83
9.22 Landers Depreminin Oluşturduğu Spektrum	83
9.23 Northridge Depreminin Oluşturduğu Spektrum	84
9.24 Tasarım Spektrumu	84
9.25 Kocaeli, Landers, Northridge Deprem Spektrumu ve Tasarım Spektrumu	86
9.26 Kazık Temeli oluşturan malzemenin seçilmesi	87
9.27 Kazık Temel Kesitinin Tanımlanması	88
9.28 Kazık Temellerin Çelik Yapının D Aksı Kesitinde Radye Temel Altına Yerleştirilmesi	89
9.29 Kazık Temellerin Endüstriyel Çelik Binanın Radye Temel Altına Yerleştirilmesi	89

9.30 Q-z yayının tanımlanması	90
9.31 t-y yayının tanımlanması	91
9.32 t-y ve Q-z yaylarının noktalara atanması (y ekseninden görünüş)	92
9.33 t-y ve Q-z yaylarının genel sistem görünüşünde noktalara atanması	92
9.34 Kolon uçlarına releases yapılması	93
9.35 Kocaeli depreminin D çerçevesinde oluşturduğu kesme kuvveti	94
9.36 Kocaeli depreminin D çerçevesinde oluşturduğu deplasman değerleri	95
9.37 Landers depreminin D çerçevesinde oluşturduğu kesme kuvveti	96
9.38 Landers depreminin D çerçevesinde oluşturduğu deplasman değerleri	97
9.39 Northridge depreminin D çerçevesinde oluşturduğu kesme kuvveti	98
9.40 Northridge depreminin D çerçevesinde oluşturduğu deplasman değerleri	99
9.41 D Aksı Düğüm Nokta Numaraları	101

TABLOLAR DİZİNİ

<u>Tablo</u>	<u>Sayfa</u>
5.1 Terzaghi Taşıma Gücü Katsayıları	30
5.2 Kazık Tipine Göre K Değerleri. (http://www.belgeler.com/blg/2a2n/kazik-temellerin-tasima-gucu-hesabi)	34
5.3 Geostatik Katsayıya Oranla K Değerleri. (http://www.belgeler.com/blg/2a2n/kazik-temellerin-tasima-gucu-hesabi)	35
5.4 Kazık – Zemin Sürtünmesi Değerleri. (http://www.belgeler.com/blg/2a2n/kazik-temellerin-tasima-gucu-hesabi)	36
5.5 Adhezyon katsayısı. (http://www.belgeler.com/blg/2a2n/kazik-temellerin-tasima-gucu-hesabi)	39
5.6 Kazık Yükleme Deneylerinden Elde Edilmiş Adhezyon Katsayıları. (http://www.belgeler.com/blg/2a2n/kazik-temellerin-tasima-gucu-hesabi)	42
5.7 Çarpma Sayısı (e)'nin Temsili Değerleri (Chellis,1961)	46
9.1 Yapıya Etkiyen Düşey Yükler	71
9.2 Fiktif Yüklerden Oluşan Kat Yer değiştirmeleri	75
9.3 Yerel Zemin Sınıfı Z3 Olan Bölgelerde Kullanılacak Deprem Kayıtları ve Ölçeklendirme Katsayıları	76
9.4 Deprem Spektrumları ve Tasarım Spektrum Verileri	85
9.5 Endüstriyel Çelik Binanın Kazık Temelsiz ve Kazık Temelli Çatı Deplasman Değerleri (cm)	100
9.6 Endüstriyel Çelik Binanın Kazık Temelsiz ve Kazık Temelli Taban Kesme Kuvvetleri (kN)	100

1 GİRİŞ

Bir yapının hangi zeminde ve hangi yükseklikte inşa edileceğine karar verdikten sonra zeminin durumu analizi yapılır. Buna göre eğer yumuşak bir zeminde yapı inşa edilecekse bir takım olumsuzluklarla karşılaşılabilceği göz önüne bulundurulmalıdır. Zeminin mukavemeti düşükse seçilecek temellerle bu mukavemet eksikliği giderilebilir.

Kazıklı temeller esas itibarı ile yapı yüklerinin, zeminin derin tabakalarına aktarılması amacı ile yapılan bir temel çeşididir. Zemin yüzeyine yakın tabakaların yapı yüklerini, göçmeden veya aşırı oturmalarla yol açmadan taşıyabilecek bir yüzeysel temel teşkiline müsait olmadığı durumlarda, derin temel sistemi tercih edilir. Kazıklı temellerin projelendirilmesinde göçmeye karşı güvenliğin bulunduğu; ayrıca servis yüklerinin meydana getireceği oturmaların kabul edilebilir bir sınırı aşmadığı oturmaların kabul edilebilir bir sınırı aşmadığı gösterilmelidir.

Kazık taşıma gücünün belirlenmesi, tasarım aşamasında önemli bir parametre olarak karşımıza çıkmaktadır. Kazık boyutu, zemin cinsi, yüzeye yakın zemin profili, kazığın imalat şekli, kazık başlığının durumu, tekrarlı yükler, kazık aralıkları vb. kazığın taşıma gücünü etkileyen faktörlerdir.

Endüstriyel yapıların tasarımında ve projelendirilmesinde genellikle yapı tabana ankastre olarak kabul edilir ve kazık ve yapının birlikte davranışı göz önüne alınmaz. Bu çalışmanın amacı, kazıklı temel üzerine inşa edilecek endüstriyel çelik yapıların davranışını incelemektir. Bu amaçla, bu tez çalışmasında ilk olarak temellere genel bir bakıştan sonra asıl tez konusu olan kazık temeller, kazık temellerin taşıma gücü ve dinamik davranışı işlenmiştir. Daha sonra kazık taşıma gücü hesabı ve arazi deney sonuçlarına dayanarak kazık taşıma gücünün nasıl hesaplanabileceği açıklanmıştır. Son olarak, kazık temellerin endüstriyel çelik binaların dinamik davranışı üzerine olan etkisi araştırmak amacıyla killi zeminde radye temel üzerine inşa edilmesi planlanan çelik bir endüstriyel yapı seçilmiştir. İlk olarak, yapıda deprem etkisi altında oluşan iç kuvvet ve yanal yer değiştirmeler bulunmuştur. Daha sonra kazık temel yöntemi ile yapılacak iyileştirme sonucunda

zemin ve yapının davranışı sonlu elemanlar yöntemi ile analiz edilmiştir. Sayısal analizler, Sap2000 programı ile üç boyutlu olarak gerçekleştirilmiştir. Sonuç bölümünde yapılan sayısal analizlerle kazık temel yönteminin sağlayacağı iyileşmeler irdelenmiştir.

2 TEMELLER

2.1 Tanım

Temeller, üst yapıdaki yükleri yapının zeminine aktaran elemanlardır. Temeller yüzeysel ve derin temeller olmak üzere iki gruba ayrılır. Zemin şartlarının uygun olduğu hallerde kullanılan yüzeysel temeller; tekil temel, radye temel, sürekli temel şeklinde olabilir. Zemin zayıf ve üst yapıdan gelen yüklerin fazla olduğu durumlarda yüzeysel temeller yeterli olmaz. Bu durumda üst yapıdan gelen yükleri daha derinlerdeki sağlam tabakalara aktarmak ve yapının yapacağı oturmaların istenen sınırlar içinde kalmasını sağlamak için derin temeller inşa edilir. Derin temeller derinliği genişliğinden daha büyük olan temellerdir. Genel olarak derinliği, plan görünümündeki genişliğinin 2,5 mislinden daha fazla olan temellerdir. Kazıklı temeller, kesonlar ve derin ayak temelleri derin temel sınıfına girer. En yaygın olarak kullanılanı kazıklı temellerdir. Yüzeysel temeller genellikle derin temellerden daha ekonomiktirler. Bu nedenlerden ki temel projelendirilmesinde önce yüzeysel temel yapmanın mümkün olup olmadığı araştırılır. Bu araştırma sırasında zeminin zayıf olup taşıma gücünün aşıldığının saptandığı durumlarda yüzeysel temel yeterli olmazlar. Diğer yandan; bir temel taşıma gücü açısından yeterli olabilir ancak istenilenden fazla oturabilir. Bu hallerde, yükleri daha derine aktarmak ve oturmaların istenen sınırlar içinde kalmasını sağlamak için derin temeller inşa edilebilir.

2.2 Temel Altındaki Zemin Davranışı

Yapıya etkiyen bütün yükler kolon ve perde duvar gibi elemanlar vasıtasıyla temellere, temellerden de mesnetlendiği zemine aktarılmaktadır. Zemine aktarılan yükler nedeniyle zeminde gerilmeler meydana gelecektir. Zemindeki gerilme dağılımının şekli yükleme çeşidine (tekil, yayılı vb) zemin cinsine ve üzerindeki temelin rijitliğine bağlı olarak değişmektedir. Ancak temel hesaplarında genellikle yapılan zemindeki basınç dağılımını (taban basınç dağılımını) üniform kabul etmektir. Zemin taşıma gücü, genelde yapıyı oluşturan malzemelerin taşıma

güçlerinden daha düşük olduğu için temelin zeminle temas eden yüzeyi kolon, perde duvar gibi elemanların kesitlerinden büyük olmaktadır.

3 TEMEL ÇEŞİTLERİ

Yüzeysel ve derin temeller olarak ikiye ayrılan temeller bu iki başlığın altında da kategorize edilirler.

3.1 Yüzeysel Temeller

Yüzeysel temeller üç gruba ayrılabilir:

- a- Tekil Temel (Münferit)
- b- Sürekli Temel (Şerit yada Mütemedi)
- c- Radye Temel (Radye Jeneral)

3.1.1 Tekil Temeller (Münferit)

Her bir kolon yükünü zemine daha geniş bir alana yaymak düşüncesiyle tasarlanan betonarme elemanlar tekil temeller olarak adlandırılmaktadır. Temel sistemleri içerisinde uygulanması en kolay olan temel sistemi tekil temel olduğu söylenebilir. Yapım kolaylığı ve daha az malzeme kullanılması, bu temelleri diğerlerine göre üstün kılan özelliklerdendir. Ancak her yapı için uygun olmamaktadırlar. Çünkü zemin zayıf olduğu zeminin sağlam ancak yapı tabanında değişken özelliklere sahip olduğu ve kolonların birbirine yakın olduğu durumlarda bu temeller uygun olmaz.

TS 500'e göre tekil temelin en küçük boyu 0,7 m'den, alanı 1 m²'den, kalınlığı ise 250 mm'den ve konsol açıklığının ¼ ünden daha küçük olamaz. Temellerde çekme donatısı oranı her bir doğrultuda dikkate alınan kesite göre 0,002'den az ve donatı aralığı 250 mm'den fazla olamaz (TS 500, Betonarme Yapıların Tasarımı ve Yapım Kuralları 1. Baskı Şubat 2000, s.49). Temellerde her iki doğrultuda da çekme

donatısı yerleştirilmektedir. Bu donatılar bir ucundan diğer ucuna kesilmeden ve azaltılmadan devam ettirilmesi ve kenetlenmesi açısından uçları yukarı kıvrılarak yeter miktarda uzatılmalıdır. Tekil temeller için temel tabanın çevresine kubbeleşmeden doğan çekme gerilmesini karşılamak için çember donatısı olarak adlandırılan konstrüktif (yapımsal) bir donatı da yerleştirilmektedir.

Eski kuşakların "münferit temeller" olarak adlandırdıkları tekil temellerin esası, her düşey taşıyıcının altına bir sömel yerleştirmektir; yani her kolon bir ayağın üstüne oturacaktır. Perdeler ise uzunlukları boyunca bir temel ayağına otururlar. Perdelerin her iki ucu da bağ kirişleri ile ana taşıyıcı sisteme bağlanmalıdırlar.

Yapılan statik hesaplar sonucunda kolon ve perdelerin düşey donatıları sömel üstünde bitiyorsa bağ kirişi buraya, donatılar sömel tabanına kadar iniyorsa bu noktaya uygulanır.

Şekil 3-1'de bodrumsuz bir yapının temel planı ve detay kesitleri görülmektedir. Burada kolon donatısının sömel üstünde bittiği varsayılarak, bağ kirişleri bu seviyede alınmıştır.

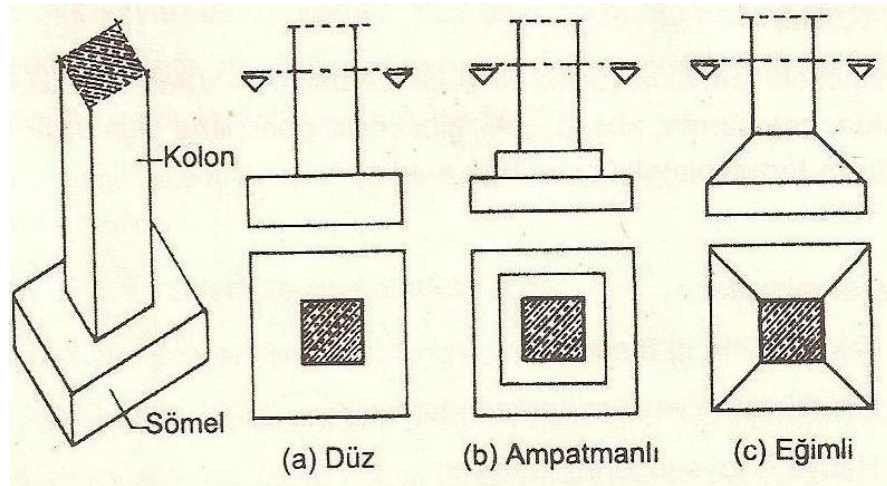
Zemin döşemesiyle iskelet taşıyıcı sistem elemanlarına gelen yükler çok farklı oldukları için, kirişle döşeme plağı çatlayarak birbirinden ayrılır. Bu çatlama baştan kabullenilerek, zemin kirişi ile döşemesi 2~3 cm'lik bir derzle ayrılır. Zemin kat döşemesi de yığma yapılardaki gibi toprağa oturduğu için, burada da blokaj üzerine grobeton uygulanır.

Topaktaki nemin kılcal yükselmesine karşı zemin döşeme kirişlerinin üst seviyesine (yani subasman seviyesine) kadar kılcal boşluklarını dolduran özel katkı maddeleriyle dökülür. Grobeton üzerine (yığma yapılarda olduğu gibi) toplam 3 cm kalınlığında üç kat olarak rijit yalıtım sürülür ve aralarındaki derze elastik veya yarı elastik macun sıkılır.

Taşıyıcı olmayan duvarlar, 13,5 cm kalınlıkta delikli tuğla olup, dışarıda ısı denetim amacıyla ısı tutucu uygulanmıştır. Ayrıca binanın dış duvarları boyunca

gerek bina-zemin ilişkisini daha estetik ve sağlıklı çözmek, gerekse dış duvarın boya vs. gibi bakımı ve onarımında kolaylık sağlayacak bir kaldırım yapılmıştır.

Bodrumlu tekil temellerde ise bodrum duvarı harcına kılcal suya karşı katkı maddeleri eklenmiş bir betonarme perde oluşturur. Bu perde taşıyıcı bir perde olmayıp sadece kılcal suya karşı yapıldığından kalınlığı 15 cm alınır. Sömeller dışında küçük bir ayağa oturur. Perde sonradan temel çukurunu dolduracak toprağın basıncına karşı koyabilecek kadar sağlam olmalıdır. Şekilde görülen subasman üstündeki dış duvarın çıkıntısı, farklı malzemelerin bir araya geldiği bu noktada oluşabilecek basit çatlakları gizlemek amacıyla tamamen estetik nedenlerle yapılmıştır. Eğimli arazilerde yağmur suyunun binaya zarar vermemesi için yığma yapılarda olduğu gibi drenaj sistemleri ile binadan uzaklaştırılır. (<http://www.yapimerkezi.org/Tekil-Temeller.html>)



Şekil 3.1 Tekil Temel (<http://sozluk.insaatbolumu.com/terimler/tekil-temel-nedir/>)

3.1.2 Sürekli Temeller

Mütemadi temeller olarak da adlandırılan bu temeller üç nedenle yapılır. Bunlardan birincisi yapı alanındaki toprağın zemin emniyet gerilmesinin, tekil temellerin mantıklı boyutlar içinde sağlayabilecekleri toplam alanın yeterli olmadığı kadar küçük olmasıdır. Yani tekil temel sömelleri ne kadar büyük yapılsa yapılsın, zemin emniyet gerilmesi küçük olduğundan binanın toplam yükü bu alandan zemine

aktarılamıyordur. Bu durumda yeterli yük aktarım alanını sağlayabilmek amacıyla sürekli temeller uygulanır. Sürekli temeller çoğunlukla paralel akslar boyunca tek yönde yapılır.

Sürekli temel uygulamasının ikinci nedeni ise işlevsel tasarım sırasında taşıyıcı aksların birbirine çok yakın planlanması sonucu tekil sömellerin yüzeylerinin birbirinin içine girmesidir. Bu durumda iki tekil temel yerine bir sürekli temel uygulanır.

Bu cins temeller baş aşağı dönmüş kirişlere benzetildiğinde, kiriş uçlarındaki konsollarda olduğu gibi temeller son açıklığın yaklaşık dörtte biri kadar uzatıldığında daha dengeli ve küçük bir moment dağılımı elde edilir.

Sürekli temeller, zemin emniyet gerilmesinin çok düşük olduğu durumlarda ise iki yönlü uygulanabilir.

Sürekli temel uygulanmasının üçüncü ve son nedeni ise statik bir neden yanında mülkiyet haklarına bağlıdır. Özellikle bitişik nizam yerleşimlerde yeni yapılacak yapının temelleri, komşu yapı arsasının veya o yöreye ait imar planlarının sınırlarını (kaldırımlar vs. gibi) aşmamak zorundadır.

Bu durumda hesap sonucu uygulanabilecek tekil bir temelin yarıya yakın bir bölümü komşu arsa sınırları içinde kalacağından yapılamayacaktır. Bu cins temellere "eksantrik (dış merkezli) temeller" denir.

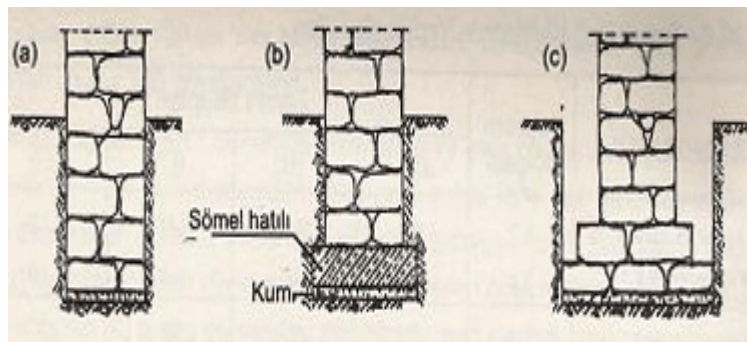
Özellikle yurdumuz gibi deprem kuşağında olan yerlerde yanal yüklere karşı farklı dirençler gösteren bu temellerin uygulanması sakıncalıdır. Bu sorun, basit bir örnekte irdelenebilir. Bodrum katı ve binayı zemindeki kılcal sudan korumak için katkı maddeli betonarme bir perde gerekecektir. Bodrum katında yer alan diğer taşıyıcı elemanların da subasman kotuna kadar aynı katkılı betondan dökülmesi gerekir.

Ancak daha ekonomik bir çözüm olduğundan komşu arsa sınırı boyunca eksantrik sürekli temeller ile ortada tekil temeller de uygulanabilir. Eksantrik sürekli temellerde yük dağılımı tekil temellere göre daha yaygın olduğundan böyle bir uygulamaya gidilebilir.

Zemin koşulları gerektiriyorsa, ortadaki tekil temeller yerine sürekli bir temel de uygulanabilir.

Ancak arsanın, komşu ile sınırlı olmayan diğer iki yanına inşaat yapılabiliniyorsa, statik açıdan en olumlu çözüm, uzun yönde atılacak üç sürekli temel de olabilir. Bu durumda en doğru çözüm; ileride değişik örneklerde de görüleceği gibi hesap yapmaktır. Bir inşaat mühendisi; tasarlanan binanın ağırlığına, boyutlarına ve oturacağı zeminin cinsine göre söz konusu seçenekleri hesaplayarak mimara sunar. Bunlardan en uygununu birlikte seçerler. (<http://www.yapimerkezi.org/Surekli-Temeller.html>)

Bu tür temellere şerit veya mütemadi temel de denilmektedir. Temel zemininin sağlam olduğu basit yığma binalarda, temel duvarları ya doğrudan temel tabanı üzerine (Şekil 3.2 a) veya temel zemini üzerine dökülen betonarme **duvar altı sömeli** (Şekil 3.2 b) ya da taştan yapılan **taş sömel** (Şekil 3.2 c) üzerine oturur.



Şekil 3.2 Sürekli Temel Örnekleri
(<http://sozluk.insaatbolumu.com/terimler/surekli-temel-nedir/>)

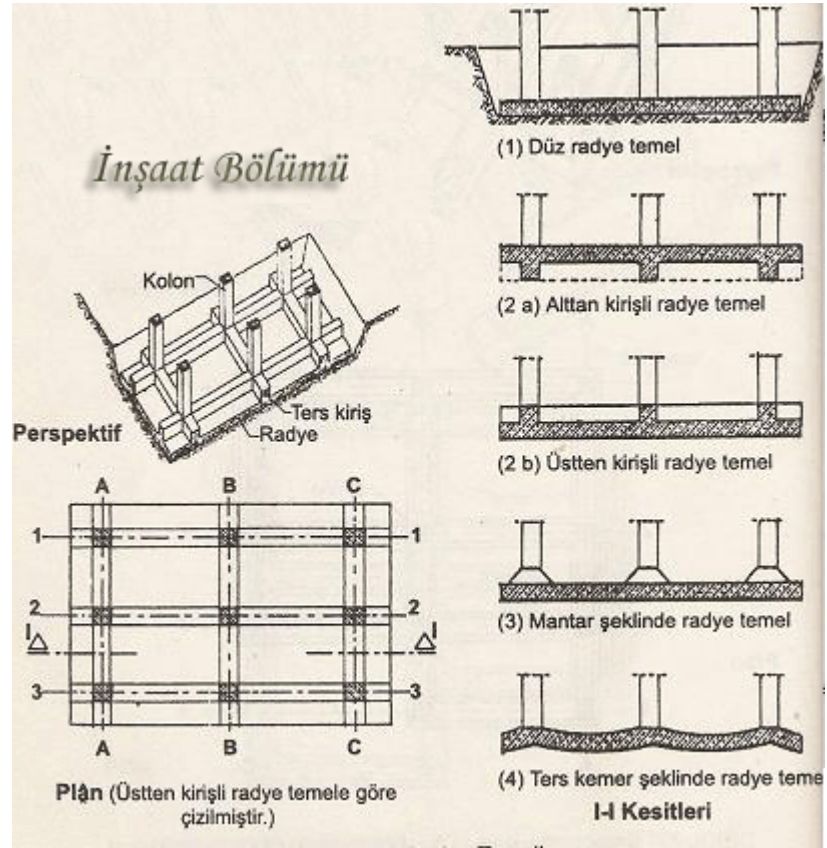
Temel zemininin, daha zayıf ve bina yükünün daha fazla olduğu yığma yapılarda ise; taşıyıcı temel duvarlarının altına, iskelet - karkas yapılarda da

kolonların altına, kolon en kesitleri boyunca devam eden betonarme sürekli s  meller yapılır. Bu s  meller plak, kiriş (düz ampatmanlı veya eğimli) ya da tablalı kiriş şeklinde inşa edilebilir.

3.1.3 Radye Temel

Radye Jeneral olarak da isimlendirilen bu temeller, dolma zeminlerde ya da emniyet gerilmesinin çok düşük olduğu ve temel zeminin fazlaca sıkışabilme özelliği gösterdiği veya temel duvarı ve kolonların birbirine çok yakın olması durumlarında uygulanır. Burada bina, zemini tamamen örten ve tersine çalışan bir döşeme üzerine oturtulur. Radye Temel Sistemi temel kazılır, kayalarla, taşlarla pekiştirilir.   zerine ince bir beton dökülerek düzeltilebilir. Bunun da üzerine 14'l  k tabir edilen kalın demirlerin bağlantıları yapılarak kanaviçe gibi alttan, üstten ve yanlardan örülerek 60 cm, kalınlığında demir-  elik yığını haline getirilir (<http://sozluk.insaatbolumu.com/terimler/radye-temel-nedir/>). Radye temeller genel olarak; (şekil 3.3)

- 1 -Düz radye temel
- 2 Kirişli radye temel
 - a)Altan kirişli radye temel
 - b)   stten kirişli radye temel
- 3 Mantar şeklinde radye temel
- 4 Ters Kemer şeklinde radye temel
- 5 Rijit temel şeklinde sınıflandırılır.



Şekil 3.3 Radye Temel Örnekleri
(<http://sozluk.insaatbolumu.com/terimler/radye-temel-nedir/>)



Şekil 3.4 Radye temelin beton dökülmeden önceki görüntüsü.
(<http://www.gurmenltd.com/radye.htm>)

Bu çelik yığını içine (Şekil 3.4) kuvvetlendirilmiş beton dökülmek suretiyle büyük bir beton kütle meydana getirilir. Şayet bir ucundan çok güçlü manivelalarla kaldırılmak istenirse, ortasından bükülüp kırılmadan üstündekilerle birlikte komple kalktığı görülecektir. (Şekil 3.5)



Şekil 3.5 Radye temelin beton atılırken görüntüsü.
(<http://www.gurmenltd.com/radye.htm>)

Bu çelik kütlenin içine, 5 katlı bir binada kullanılacak bütün demirler kadar demir kullanılır. Bu sebeple deprem dalgaları, radye temeli ve üzerindeki duvarları komple kaldırıp indirir. Temelde bir bükülüp kırılma olmaz. Bu sebeple üzerindeki duvarlarda birbirlerinden ayrılma veya birbirinin içine geçme gibi bir hadise olmaz. (Şekil 3.6)



Şekil 3.6 Radye temelin betonlaşmış görüntüsü.
(<http://www.gurmenltd.com/radye.htm>)

Ayrıca radye temel, dış duvarların oturduğu alandan yaklaşık 1 m. kadar daha geniş atılır. Mesela 100 m²'lik bir dairenin tabanına yaklaşık 140 m²'lik temel atılarak, binanın ağırlığının her tarafa eşit yayılmasını sağlar.

3.2 Derin Temeller

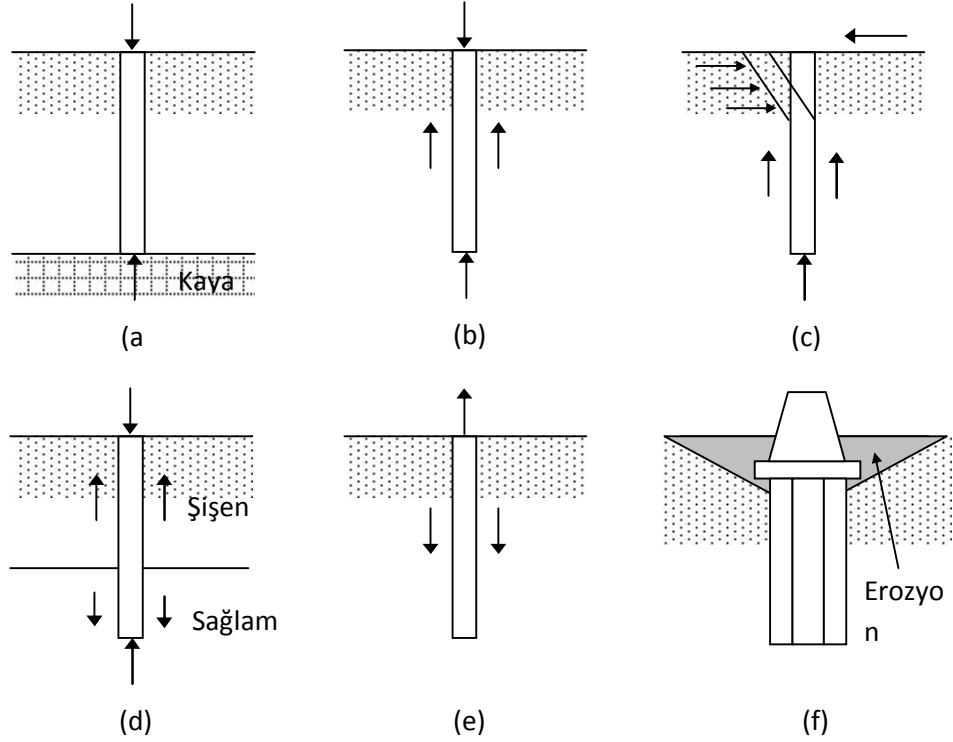
3.2.1 Giriş

Temel tabanındaki zeminin taşıma gücü aktarılan yükleri yüzeysel temelle karşılamaya yetmiyorsa kazık temeller gibi derin temeller tercih edilir. Temelin derin temel kategorisine girmesi için gereken kriter $D/B > 1,0$ olmasıdır, yani derinlik genişlikten fazladır. Derin temeller kazık, ayak ve keson şeklinde olabilir. Bunların en yaygın kullanılanı, davranışı ve hesap yöntemi olarak diğerlerini de kapsayan kazıktır. Kazıkların çalışma mekanizması bulundukları ortamın özelliklerine, imalat şekline ve yüklenme şekillerine göre değerlendirilmelidir.

3.2.2 Derin Temeller İçin Taşıma Gücü

Şekil 3.7 (a)'da görüldüğü gibi zayıf zemin tabakalarının altında ulaşılabilir mesafede kaya gibi sağlam tabaka varsa kazıklar bu tabaka içine soketlenir. Bu

durumda tüm mukavemetlerini uç direncinden alırlar ve uç kazığı olarak adlandırılırlar. (Yıldırım, Aksöz, 2008)



Şekil 3.7 Kazıklı temellerin kullanım yerleri (Yıldırım, Aksöz, 2008)

Şekil 3.7 (b)'de eğer kaya tabakası ulaşılabilir uzaklıkta değilse orta sıklıkta ve sert bir zeminde kazık mukavemetini kısmen çevre sürtünmesinden kısmen uç direncinden alır. Şekil 3.7 (c)'de görüldüğü gibi kazıkların düşey yüklere ilave olarak yatay yükleri de taşıması gerekebilir. İstinat yapıları ve yüksek binaların temellerine deprem ve rüzgâr yüklerinin etkisi ile yatay yük nakledilebilir.

Kazıklar üst seviyelerde şişen veya göçen zemin olması durumunda ve kaldırma yüklerinin etkisi altında kalacak yapılarda temel olarak kullanılabilir (Şekil 3.7 (d),(e)). Köprü kenar ayakları gibi yapıların altındaki kazıklar da yüzey erozyonu sebebiyle temeli kaybetmemek için inşa edilebilir. (Şekil 3.7 (f))

4 KAZIK TEMELLER

Kazık temeller; düşey doğrultudaki yükler ile rüzgar, deprem ve benzeri üst yapıya etkiyen yanal yüklerin temel zeminine aktarılmasında kullanılmaktadır. (Kulaç ve Durgunoğlu, 1992)

4.1 Kazıkların İşlevleri

Kazıklar, temel elemanı olarak görev yaptıklarında üstyapı yüklerini zemine aktarırlar. Bunun dışında, yan yana yapılmış sıralı kazıklar, gerektiğinde ankraj elemanları ile güçlendirilerek dayanım yapısı olarak projelendirilebilirler. Ayrıca çekme kuvvetlerini veya yanal yükleri de taşımaları gerekebilir. Zeminin sıkıştırılmasında da aktif rol oynayabilirler. Kazık yapımı inşaat mühendisliğinin en zor uygulamalarından biridir. Kazık yapımı, kazık yapılmasına karar verildiği andan son kazık yapılana kadar devam eden bir uzlaşma sürecidir. Kazık yapımının üstlenilmesini zorlaştıran çok sayıda etken vardır. (Leonard, 1973) Bu etkenler şöyle sıralanabilir.

- a. Arazi profili ve zemin özellikleri hakkındaki bilgilerin yetersizliği.
- b. İşin kontrolünü üstlenenlerin kazık yapımındaki amaçları yeteri kadar anlamamış olması.
- c. Kazık yapımına uygulanabilecek veya açık yazılmış şartnamelerin bulunmayışı.
- d. Hava koşullarının dikkate alınmaması, inşaat malzemelerinin temininde güçlüklerin olması. (Turan, Ağustos 2006)

Kazıklar ve kazıklı temeller tarih öncesinden beri kullanılmaktadır. İsviçre'nin neolitik canlılarının günümüzden 12000 yıl önce sığ göl tabanlarında ahşap kazık çakarak üzerlerine barınak inşa ettikleri bilinmektedir. Büyük İskender M.Ö.332'de

Tyre şehrinde kazıklar çakmış ve Romalılar kazıkları büyük çapta kullanmışlardır. Çin’de Hun İmparatorluğu (M.Ö.200-M.S.200) zamanında köprü yapımcıları da kazıklar kullanmıştır. Bu eski yapıcılar kazıklarını zemine el ile kaldırılıp düşürülen ağırlıklar kullanarak çakmışlardır (Chellis, 1961). Ortaçağ’da daha büyük ağırlıkları kaldırıp çakmak için makaralar ve kaldıraçlar kullanılmıştır. 1890 öncesi kazık malzemesi ağaç olduğundan uzunluk ve kapasite sorunu vardı. Neyse ki 1890’larda çeliğin ve donatılı betonun geliştirilmesi daha büyük ve daha güçlü kazıkların yapımına olanak sağlamış ve daha iyi çakma cihazları kazıkların daha iyi çakımını mümkün hale getirmiştir. Bu gelişmiş temeller olmadan bugünün büyük yapılarının çoğu mümkün olmazdı. Günümüzde kazık temeller uygunsuz ortamlarda bile çok büyük yükleri taşıyabilirler. En etkileyici örnek ise denizdeki petrol platformlarıdır. Bunlar 3 m kadar büyük çaplarda olup, rüzgâr, dalga ve deprem kuvvetleri nedeni ile büyük yanal yüklere karşı koymaları gerekir (Mollamahmutoğlu ve Kayabalı, 2005).

Kazıklı temellerin, kaç adet kazıktan oluşacağı; üst yapı statik ve dinamik yüklerine, geometrik boyutları, malzeme cinsleri ve yapım türleri ise zemin tabakalarının mukavemet parametrelerine ve buna bağlı olarak belirlenen zemine yük aktarma biçimlerine bağlıdır.

4.2 Kazıkların Sınıflandırılması

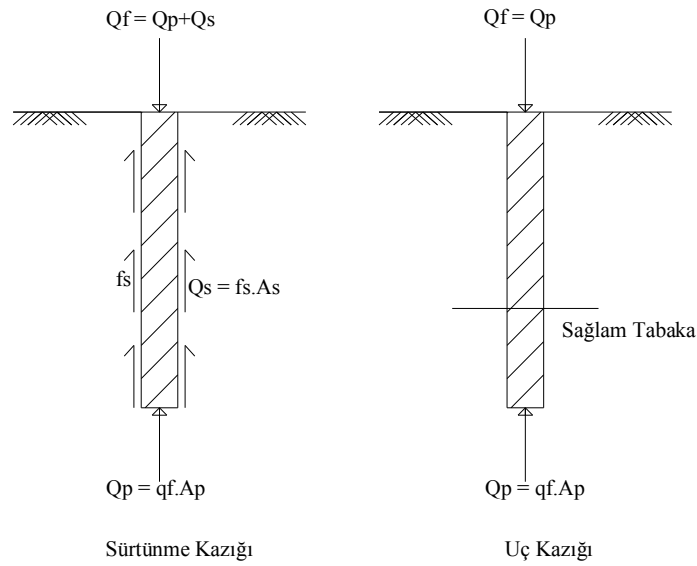
Kazıklı temeller üst yapıdan gelen yükleri daha derinlerdeki sağlam zemin tabakalarına taşıttıran uzun ve genel olarak narin yapısal temel elemanlarıdır. Kazıklı temelleri yükleri taşıma ve iletme şekillerine, yapıldıkları malzemelere, zeminde yerleştirme tarzına, zeminde sebep oldukları deplasmanlar yönünden, yapıldıkları veya inşa edildikleri teknolojiye göre sınıflandırmak mümkündür.

4.2.1 Yükleri Taşıma ve Zemine İletme Şekillerine Göre

Kazıklar yükleri taşıma ve iletme şekillerine göre sürtünme kazıkları (yüzen kazıklar) ve uç kazıkları olarak ikiye ayrılabilir. Yükün önemli bir kısmı kazığın etrafındaki çevre sürtünmesi ile taşınması durumunda bu tür kazıklara **sürtünme**

kazığı denir (Şekil 4.1). Sürtünme kazıkları bazen yüzen kazıklar olarak da bilinir. Bu tür kazıklar kum çakıl gibi granüllü zeminlerde çakılırsa bunlara sıkıştırma (kompaksiyon) kazığı denir.

Yükü derindeki sağlam bir tabakaya (kaya veya sıkı kum çakıl) kazık uç direnci yolu ile aktaran kazıklara ise **uç kazıkları** denir (Şekil 4.1). Uç kazıklarında çevre sürtünmesi ihmal edilebilecek seviyelerdedir. (<http://www.belgeler.com/blg/2a2n/kazik-temellerin-tasima-gucu-hesabi>)



Şekil 4.1 Sürtünme Ve Uç Kazık Tipleri
(<http://www.belgeler.com/blg/2a2n/kazik-temellerin-tasima-gucu-hesabi>)

Q_f : tek kazığın nihai taşıma gücü

Q_p : Kazığın uç taşıma kapasitesi

Q_s : kazığın sürtünme direnci

q_f : kazık ucundaki zeminin birim nihai taşıma kapasitesi

f_s : birim sürtünme direnci

A_p : kazık ucundaki enkesit alanı

A_s : kazık sürtünme alanı

4.2.2 Yapıldıkları Malzemelere Göre

Kazıklar yapıldıkları malzemeye göre 6 kategoride incelenebilir.

4.2.2.1 Ahşap Kazıklar

Ahşap kazıklar hafif oldukları için kolay nakledilebilirler. Özellikle killi zeminlerde, kazık ile zemin arasında iyi bir adhezyon sağlarlar. Ayrıca su seviyesi altında ömürleri uzundur. Ancak su seviyesi üzerinde yosun ve mantar çürümeye neden olurlar. Çürümeyi önlemek için ahşabın liflerine nüfuz edecek şekilde basınçlı kreozot kullanılmaktadır.

Ahşap kazıkların taşıma gücü yüksek değildir. Yaklaşık olarak 20-25 cm çaplı bir kazığın taşıyacağı yük 20-30 ton civarındadır. Ahşap kazık uçları çoğunlukla dört köşeli ve bazen yuvarlak şekilde yapılır. Bu uçların boyu sıkı yerleşmiş zeminlerde, en az kazık çapının 1,2 katına ve gevşek yerleşmiş zeminlerde ise, en az kazık çapının 2 katına eşit olmalıdır. (<http://www.belgeler.com/blg/2a2n/kazik-temellerin-tasima-gucu-hesabi>)

4.2.2.2 Betonarme Kazıklar

Betonarme kazıklar en çok kullanılan kazık tipidir. Yer altı suyundan etkilenmedikleri için ve istenilen boyda yapılabildikleri için diğer kazıklara göre üstünlük kazanırlar. En yaygın olarak önceden dökme ve yerinde dökme kazıklar olarak kullanılmaktadır.

Önceden Dökme Kazıklar; Genellikle sabit kesitli imal edilip uç kısımları sivridir ve genelde çelik çarıklerle korunur. Kazık başlarına da çelik yastıklar

konulabilir. Kazıklarda boyuna ve enine donatı yerleştirilir. Bu donatı oranı %1-4 arasındadır. Daire, kare veya sekizgen kesitli olabilir.

Yerinde dökme kazıklar; Zeminde çeşitli delme teknikleri kullanarak veya zemine boş bir boru çakarak oluşturulan deliğin gereğinde donatıda konarak betonla doldurulması yolu ile imal edilen kazıklardır. Yerinde dökme betonarme çakma kazıklar ve yerinde dökülen kazıklar (fore kazıklar) olarak ikiye ayrılırlar. (<http://www.belgeler.com/blg/2a2n/kazik-temellerin-tasima-gucu-hesabi>)

- Yerinde dökme betonarme çakma kazıklar

Bu tip kazıklar kaplama borusuz, kaplama borusu yerinde bırakılan ve kaplama borusu çakılan tipte imal edilebilirler bu şekilde teşkil edilen kazıklar taşıyıcı eleman olabildikleri gibi zemini sıkıştırmak içinde kullanılabilirler.

Kaplama borusu olanlardan kompres kazığı zemin içinde silindirik bir çukur açan çelik bir çarığın zemine çakılması ve meydana gelen çukurun betonla kaplanması yolu ile oluşturulur. Raymond kazıklarında ise konik ve silindirik helisel kaplama borusu, bu borunun içine giren bir çelik mandrel çakılması ile zemine girer. Sonra mandrel çıkarılır ve kaplama borusunun içi betonlanır. Konik olanlarının dış yüzü 1/10 eğimindedir.

Raymond kazıkları 50-90 ton yük taşıyabilirler ve sürtünme veya uç kazığı olarak kullanılabilirler.

Kaplama borusu çıkarılan tipe örnek olarak Franki kazığı verilebilir. Bu kazığı oluşturmak için 30 veya 50 cm çapında bir çelik borunun dibine kuru beton veya kum çakıl konularak tokmaklanır.

Bunlar tampon gibi çalışarak boruyu zeminin içine doğru sürükler. İstenilen derinliğe inilince boru içine beton dökülerek tokmaklanır, bu esnada da boru dışarı çekilebilir. Franki kazıkları killi zeminlerde olduğu gibi gevşek kumlarda da uygulanabilir.

Bazen kazığın içine beton yerine kum-çakıl veya taş konarak tokmaklanır. Franki kazıklarının teçhizatlaşması mümkün değil. Sadece düşey yük varsa kullanılırlar. Hem uç hem de sürtünme kazığı olarak kullanılabilirler.

Bir başka tip olan Simplex kazıklarında ise timsah ağzı denen açılıp kapanabilen özel uçlu bir kaplama borusu zemine çakılır. Sonra beton dökülürken timsah ağzı açılarak boru ile birlikte dışarı çekilir. Dökülen beton tokmaklanarak zemine intibakı sağlanır ve betonda boşluk kalmamasına dikkat edilir. (<http://www.belgeler.com/blg/2a2n/kazik-temellerin-tasima-gucu-hesabi>)

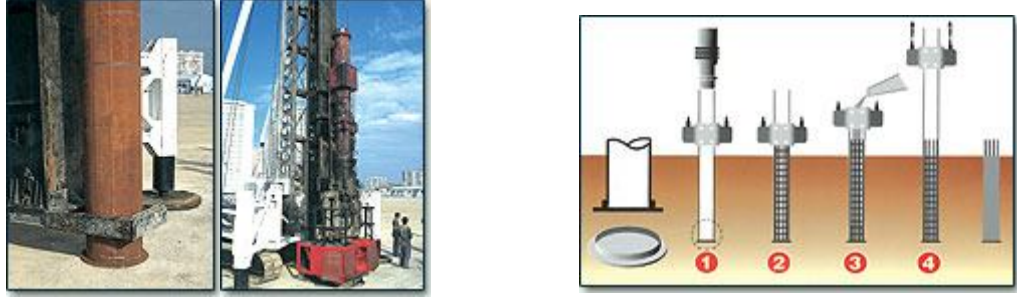
Vibrex tipi temel kazıkları, prefabrik çakma ve yerinde dökme fore kazıkların özelliklerini bünyesinde toplayan yerinde dökme kazıklardır. Vibrex kazıklar, deplasman tipi kazıklardır. Kazık imalatı, alt ucu taban plakası ile kapatılmış muhafaza borusunun dizel veya hidrolik bir çekiç yardımıyla zemine çakılması ile başlar. Muhafaza borusu çakımı esnasında kazık ucu ve çevresindeki zemin sıkışır. Böylece imalat tekniğinden dolayı zemin iyileştirmesi de sağlanır. Vibrex kazıklar, her türlü kumlu, killi, çakıllı zemin şartlarında çakılabilir. Kapalı muhafaza borusu sayesinde yüksek yeraltı su seviyesi altında emniyetle kazık imalatı yapılabilir. Vibrex kazıklar imalatı aşağıda belirtilen sırayla gerçekleştirilir.(Şekil 4 2)

1. Ucu çelik çapa ile kapalı muhafaza borusu dizel veya hidrolik çekiç ile istenilen kazık boyunda çakılır.

2. Donatı kafesi indirilir.

3. Beton dökülür.

4. Muhafaza borusu vibratörle çekilir ve vibrex kazık tamamlanmış olur. (<http://www.belgeler.com/blg/2a2n/kazik-temellerin-tasima-gucu-hesabi>)



Şekil 4.2 Vibrex Kazık Çakma Aşamaları ve Makineleri.
(<http://www.ustaszemin.com.tr/vibrex-kaz305k.html>)

- Yerinde Dökülen Kazıklar

Fore kazıklar (sondaj kazıkları, delme kazıklar) zeminde yanal bir deplasman yaratmayan cinsten kazıklardır. Basit şekliyle, önce zeminde bir delik açılır, bu deliğe demir donatı yerleştirilir ve alttan başlamak suretiyle delik betonlanır ve kazık oluşturulur. Şekil 4.3’de fore kazık yapım aşamaları görülmektedir. (<http://www.belgeler.com/blg/2a2n/kazik-temellerin-tasima-gucu-hesabi>)



Şekil 4.3 Fore Kazık Yapım Aşamaları
(http://www.imoankara.org.tr/Portals/0/Sunum_cg_7.pdf)

4.2.2.3 Çelik Kazıklar

Çelik kazıkların kesiti **H** veya **I** profili şeklinde veya dairesel olabilir. Dairesel kesitli yani boru şeklinde olanlarının ucu kapalı veya açık olabilir ve genellikle içleri betonlanır. Bu kazıklar yüksek yük taşıma kapasitesine sahip uç kazıkları olarak kullanılabilirler. Dış etkilere karşı korumak için dışları bitümlü maddelerle kaplanabilir, katodik koruma yapılabilir veya beton gömlek içine alınabilir. (<http://www.belgeler.com/blg/2a2n/kazik-temellerin-tasima-gucu-hesabi>)

4.2.2.4 Kompozit Kazıklar

Birden fazla farklı malzeme kullanılarak teşkil edilen kazıklardır. Bu tip kazıklar genellikle alt kısmı ahşap üst kısmı da beton veya çelikten oluşan kazıklardır.

4.2.2.5 Özel Kazıklar (Mini kazıklar)

Mini kazıklar 10-25 cm çapında olup foraj yolu ile açılan deliğin basınç altında, gereğinde teçhizatlaşarak, betonlaştırılmasıyla oluşturulurlar. Bu kazıkların taşıma gücü yüksek olabilmektedir. Örneğin 25 cm çaplı bir mini kazık 100 basınç yükü taşıyabilir. Ancak bu kazıkların moment taşıma kapasiteleri sınırlıdır. (<http://www.belgeler.com/blg/2a2n/kazik-temellerin-tasima-gucu-hesabi>)

4.2.2.6 Kum Kazıklar

Kum kazıklar fore kazık veya çakma kazık tekniği ile imal edilen ancak demir ve betonun kullanılmadığı tipte kazıklar olup daha çok zemin ıslahında kullanılmaktadır.

4.3 Kullanılacak Kazık Tipinin Seçimi

Kullanılacak kazık tipinin seçimi arazinin özellikleri, yapımcının olanakları ve aşağıdaki çeşitli türlerin özellikleri göz önüne alındıktan sonra yapılır.

4.3.1 Hazır Çakma Kazıklar

Avantajları ;

a-Kazık malzemesi zemine girmeden önce kontrol edilebilir.

b-Yandaki kazıkların çakımı sırasında zemin genişlemesinden etkilenmez.

c-Yapım yer altı suyundan bağımsızdır.

d-Bir bölümü zemin dışında bırakılabilir (iskele kazıkları).

e-İstenen uzunlukta çakılabilir.

Dezavantajları;

a-Taşıyıcı katmanın değişebilecek kalınlık ve derinliğe göre boyu kolayca değiştirilemez

b-Aşırı çakma sırasında zarar görebilirler ve bu zararın farkına kolayca varılamayabilir.

c-Eğer kesit hesabı alacağı yük yerine taşımadan oluşacak gerilmelere göre yapılıyorsa ekonomik olmaz

d-Çakma sırasında çevrede gürültü ve zarar oluşturur.

e-Çakma sırasında kazık sayısı arttıkça yandaki yapılar zeminin kabarmasıyla hasar görebilir.

f-Büyük çaplı kazıklar çakılamaz ($D_{\max} \approx 60\text{cm}$).

g-Kazık ucunda taşıma gücünün arttırılması için ampulü genişletmek olanaksızdır.

h-Tavan yüksekliği kısıtlı ise çakma mümkün değildir.
(<http://www.belgeler.com/blg/2a2n/kazik-temellerin-tasima-gucu-hesabi>)

4.3.2 Yerinde Dökülen Çakma Kazıklar

Avantajları;

a-Uzunluğu sağlam tabakanın derinliğine uygun olarak değiştirilebilir.

b-Kaplama ucu kapalı olarak çakıldığından yer altı suyu şafta girmez.

c-Birçok tipte kazık ampulü oluşturulabilir.

d-Kazığın beton ve demiri taşıma ve çakma gerilmelerine bağlı değildir.

e-Bazı tiplerde gürültü ve titreşim azaltılabilir.

Dezavantajları;

a-Betonlama sırasında dikkatli olunmazsa zeminin itkisiyle “boğulma” olabilir.

b-Artezyen durumu varsa beton şaft sağlam olmaz.

c-Dökümden sonra betonun durumu incelenemez.

d-Birçok tipte kazık boyu kısıtlıdır.

e-Çakma sırasında olan zemin deformasyonu priz yapmakta olan komşu kazıkları etkiler.

f-Gürültü, titreşim ve zemin kabarması çevrede sakıncalı durumlar yaratır.

g-Su yapılarında kullanımı çok zordur.

h-Kazık çaplarının büyüklüğü kısıtlıdır. Büyük uç ampulleri yapılamaz

i-Tavan yüksekliği kısıtlı olduğunda çakılamaz
(<http://www.belgeler.com/blg/2a2n/kazik-temellerin-tasima-gucu-hesabi>)

4.3.3 Yerinde Dökülen Sondaj Kazıklar

Avantajları;

a-Değişen zemin koşullarına göre boyları ayarlanabilir.

b-Kazı sırasında çıkan zemin incelenebilir, gerekirse yerinde zemin deneyleri yapılabilir.

c-Kazık çapı istendiği kadar büyük olabilir (3m'ye kadar).

d-Kazık malzemesi taşıma ve çakma gerilmelerinden etkilenmez.

e-İstenilen uzunlukta yapılabilir.

f-Yapım sırasında gürültü ve titreşim minimumdadır.

g-Tavan yüksekliği kazık yapımını, boyunu etkilemez.

h-Çevrede zemin kabarması oluşmaz

Dezavantajları;

a-Akıcı ve “itici” zeminde boğulma mümkündür.

b-Yeraltı suyu deliği doldurulduğunda suyu dışarı itmeden başarılı betonlama yapılamaz.

c-Betonlama zor koşullarda yapılır ve sonunda kontrol olanağı yoktur.

d-Artezyen durumunda su gövdeden yukarı sızarken çimentoyu dışarı yıkar.
(<http://www.belgeler.com/blg/2a2n/kazik-temellerin-tasima-gucu-hesabi>)

5 KAZIKLARIN TAŞIMA GÜCÜ HESABI

Bir kazığın taşıma gücünü kazık- zemin etkileşimi yönünden belirleyen başlıca iki etken, kazığı çevreleyen zeminin taşıma gücünü oluşturan mekanik özellikleri ile kazığın yapıldığı malzemenin dayanımını oluşturan mekanik özellikleridir. Bu iki özellik kullanılarak kazık ve zemin ayrı ayrı değerlendirilir ve her ikisinin de uygulanan yük altında sağlam kalacakları kanıtlanır. Tasarım aşamasında öncelikle uygulanan yükün kazığın yapıldığı malzemeye bağlı olan toplam kesit direncini aşmamasına özen gösterilir. Zemin dayanımı yönünden kazıkların taşıma gücü, önce teorik veya ampirik formüllerle bulunur. Formüller, kazık zemin etkileşiminin statik dengesini yansıtan veya çakma kazıklarda kazığı çakmak için harcanan enerji ve/veya yapılan işi esas alan bağlantılardır. (<http://www.belgeler.com/blg/2a2n/kazik-temellerin-tasima-gucu-hesabi>)

5.1 Statik Kazık Formülleri

Bir kazığın çevre zemini açısından toplam taşıma gücü genellikle iki bileşenden oluşur. Bunlar uç direnci ve çevre sürtünmesi bileşenleridir.

Uç direnci kazık ucundaki zeminin birim taşıma kapasitesi (q_f) ve kazık en kesit alanı (A_p) kullanılarak hesaplanabilir. (<http://www.belgeler.com/blg/2a2n/kazik-temellerin-tasima-gucu-hesabi>)

$$Q_p = q_f \cdot A_p \quad (5.1)$$

Sürtünme direnci, kazık boyunca yer alan tabakanın birim sürtünme dirençleri(f_s) ve kazığın bu tabakalardaki çevre alanları (A_s) ile hesaplanabilir.

$$Q_s = f_s \cdot A_s \quad (5.2)$$

Kazığın toplam taşıma kapasitesi ise;

$$Q_f = Q_p + Q_s \quad (5.3)$$

$$Q_f = (q_f \cdot A_p) + (f_s \cdot A_s) \quad (5.4)$$

Q_f : Tek kazığın nihai taşama gücü

Q_p : Kazığın uç taşıma kapasitesi

Q_s : Kazığın sürtünme direnci

q_f : Kazık ucundaki zeminin birim nihai taşıma kapasitesi

f_s : Birim sürtünme direnci

A_p : Kazık ucundaki en kesit alanı

A_s : Kazık sürtünme alanı.

5.1.1 Uç Direnci

Kazık kapasitesini oluşturan iki unsurdan biri olan kazık uç direncinin hesaplanması için var olan belli başlı yöntemler aşağıda incelenecektir.

5.1.1.1 Uç Kazıklarında Uç Direnci

Uç kazıklarının uçları sert bir taşıyıcı zemin içine tespit olunurlar. Genellikle bu taban zeminin taşıma gücü kazığın yapıldığı malzemenin basınç mukavemetinin üstündedir. Bu nedenle bir uç kazığının toplam taşıma gücü kazığın yapısal kesit direncine eşittir.

5.1.1.2 Sürtünme Kazıklarında Uç Direnci

Bu direncin hesaplanması için yapılmış olan çalışmalara kronolojik bir sıra içinde bırakılırsa bunların; kazık ucunu bir yüzeysel temelin zeminle dokunma yüzeyi olarak kabul edilen yaklaşımlardan başlayarak aynı ilkeye dayanan çeşitlemelere devam ettikleri söylenebilir. Bu direnç Terzaghi (1967) taşıma gücü teorisi kullanılarak kazık uçları için aşağıdaki gibi yazılabilir:

$$q_f = 1,3.c.N_c + \sigma_o' . N_q + \eta_\gamma' . B.N_\gamma \quad (5.5)$$

c : Zeminin kohezyonu

σ_o' : Kazığın ucundaki düşey efektif geostatik gerilme

γ' : Zeminin efektif birim hacim ağırlığı

B : Kazık çapı veya kenar uzunluğu

η : Bir kat sayısı; dairesel kesitlerde 0,3 karesel kesitlerde 0,4 alınır.

N_c, N_q, N_γ : Zeminin içsel sürtünme açısına bağlı taşıma gücü katsayıları.

Tablo 5.1'de zeminin içsel sürtünme açısına bağlı Terzaghi taşıma gücü katsayıları verilmiştir.

Tablo 5.1 Terzaghi Taşıma Gücü Katsayıları

Zeminin içsel sürtünme açısı ϕ	N_c	N_q	N_γ
0	5,7	1,0	0,0
5	7,3	1,6	0,5
10	9,6	2,7	1,2
15	12,9	4,4	2,5
20	17,7	7,4	5,0
25	25,1	12,7	9,7
30	37,2	22,5	19,7
34	52,6	36,5	35,0
35	57,8	41,4	42,4
40	95,7	81,3	100,4
45	172,3	173,3	297,5
48	258,3	287,9	780,1
50	347,5	415,1	1153,2

a) Kohezyonsuz Zeminlerde

Kohezyon sıfır alınarak uç direnci;

$$q_f = \sigma_o' . N_q + \eta . \gamma' . B . N_\gamma \quad (5.6)$$

Genellikle ikinci terim ilkinin yanında ihmal edilebilecek mertebededir. Bu durumda;

$$q_f = \sigma_o' . N_q$$

Kazık boyu yaklaşık 15-20 B derinliğini (kritik derinlik) aştığı hallerde σ_0' değeri en çok 15-20 B derinliğe karşılık gelen değer olarak alınmalıdır. Daha kısa kazıklarda ise kazık ucunun oturduğu derinlikteki efektif yük alınmalıdır. (<http://www.belgeler.com/blg/2a2n/kazik-temellerin-tasima-gucu-hesabi>)

b) Kohezyonlu Zeminlerde

Kohezyonlu zeminlerde inşaat sonrası durum taşıma gücü yönünden daha kritik olduğundan drenajsız durumda $\phi = 0$ olup, uç direnci;

$$q_f = c_u \cdot N_c \quad (5.7)$$

Dairesel kesitli ve zemin içindeki kısmı yeterli uzunlukta olan kazıklarda N_c 'nin değeri 9 olarak alınır.

$$Q_f = 9 \cdot c_u \quad (5.8)$$

Birim alana gelen çevre sürtünmesi kilin kayma direncinden küçük olabilir; fakat hiçbir zaman daha büyük olamaz. (<http://www.belgeler.com/blg/2a2n/kazik-temellerin-tasima-gucu-hesabi>)

5.1.2 Birim Sürtünme Direnci

Granüller zeminlerde zemin ile kazık arasında fiziksel sürtünme, killi zeminlerde ise adhezyon hareketlenmesi nedeni ile çevre sürtünmesi direnci oluşur. Çevre zemini ile kazık çeperi arasındaki çevre sürtünmesinden doğan bu taşıma gücü bileşeni; kazığın içinde bulunduğu her tabakanın çevre sürtünmesi ayrı ayrı hesaplanıp toplanmak suretiyle bulunur.

Bu anlatım aşağıdaki ifade ile tanımlanabilir:

$$Q_\phi = \sum p \cdot \Delta L_i \cdot f_i \quad (5.9)$$

Burada

p : Kazık En Kesitinin Çevre Uzunluğu

ΔL_i : Kazığın Değişik Zemin Tabakaları İçindeki Uzunluğu

f_i : Kazığın Her Bir Zemin Tabakası İçindeki Birim Çevre Sürtünmesi Değeridir.

(5.9) denkleminde anlaşılaçağı üzere kazığın çevre sürtüne direncini hesaplamak için zeminin birim çevre sürtünmesi değeri olan (f_i)'nin bilinmesi gerekmektedir.

a) Kohezyonsuz Zeminlerde

Kohezyonsuz zeminlerde bu değerin hesaplanması sırasında göz önünde tutulması gereken bazı özellikler vardır:

Kazık yapım yöntemi: Çakma kazıklarda zemin sıkışacağından içsel sürtünme açısının değeri artar.

(f_i) değeri kritik bir L' derinliğine kadar doğrusal şekilde artar ve bu derinlikten sonra sabit kalır. Bu L' değerleri d kazık çapı olmak üzere aşağıdaki gibi alınabilir:

L' : Gevşek kumlar için $10d$

L' : Orta sıklıktaki kumlar için $15d$

L' : Sıkı kumlar için $20d$

Eşdeğer derinliklerde gevşek kumların bünyesinde aşırı yer değiştirmeye neden olan bir kazığın çevresinde oluşan birim sürtünme değeri az yer değiştirmeye neden olan bir kazığın çevresinde oluşan değerlerden fazladır.

Eşdeğer derinliklerde fore kazıkların çevresinde, çakma kazıklara nazaran daha düşük sürtünme değerleri oluşur.

Bu özellikler dikkate alınmak kaydı ile birim çevre sürtünmesi için derinlik (z) boyunca aşağıdaki hesap kriterleri verilebilir:

$$L' > z \quad \text{ için } \quad f_i = K_i \cdot \sigma_{vi}' \cdot \tan \delta_i \quad (5.10)$$

$$L > z > L' \quad \text{ için } \quad f_i = (f_i)z \quad (5.11)$$

Burada:

K_i : (i) Zemin tabakasının efektif yanal toprak basıncı katsayısı,

σ_{vi}' : (i) Zemin tabakasında efektif düşey gerilme,

δ_i : (i) Zemin tabakasında kazık – zemin arası sürtünme açısıdır.
(<http://www.belgeler.com/blg/2a2n/kazik-temellerin-tasima-gucu-hesabi>)

Zemin tabakasının efektif yanal toprak basınç katsayısı (K) değerleri kazık imal tarzına göre Tablo 5.2’de verilmektedir:

Tablo 5.2 Kazık Tipine Göre K Değerleri.
(<http://www.belgeler.com/blg/2a2n/kazik-temellerin-tasima-gucu-hesabi>)

KAZIK TİPİ	K
Fore kazıklar	$\approx K_o = 1 - \sin \delta$
Az deplasman yapan çakma kazıklar	$\approx K_o$ ila $1.4 K_o$
Yüksek deplasman yapan çakma kazıklar	$\approx K_o$ ila $1.8 K_o$

Yüksek deplasman yapan kazıklar için ayrıca aşağıdaki formüller önerilmektedir:

$$K \cdot \tan \delta = 0,18 + 0,0065 Dr \quad (5.12)$$

$$K = 0,5 + 0,008 Dr \quad (5.13)$$

Burada Dr: Rölatif sıkılık derecesidir (%). Tablo 5.3 ve Tablo 5.4’de K ve δ değerleri yer almıştır (Kulhawy,1984).

Tablo 5.3 Geostatik Katsayıya Oranla K Değerleri.
(<http://www.belgeler.com/blg/2a2n/kazik-temellerin-tasima-gucu-hesabi>)

KAZIK TİPİ	K / K _o
Yüksek Deplasmanlı Çakma Kazıklar	1 _ 2
Alçak Deplasmanlı Çakma Kazıklar	0.75 _ 1,75
Fore Kazık	0.71 _ 1
Su Jeti ile Çakılan Kazık	0.5 _ 0.7

Geostatik toprak basıncı, basınç katsayısı K_{oi} göz önüne alınarak (5.9) bağıntısının (5.10) bağıntısına yerleştirilmesi halinde aşağıdaki bağlantı elde edilir:

$$Q_{\phi} = \sum \pi d \cdot \Delta L_i \cdot K_{oi} \cdot \sigma_{vi}' \cdot \tan \delta_i \quad (5.14)$$

Tablo 5.4 Kazık – Zemin Sürtünmesi Değerleri.
(<http://www.belgeler.com/blg/2a2n/kazik-temellerin-tasima-gucu-hesabi>)

Kazık - Zemin Temas Durumu	Kazık - Zemin Sürtünme Açısı, δ
Pürüzsüz ve Kaplanmış Çelik-Kum	$0.5\phi' - 0.7\phi'$
Kaba (Ondüleli) Çelik-Kum	$0.7\phi' - 0.9\phi'$
Önceden Dökülmüş Beton-Kum	$0.8\phi' - 1.0 \phi'$
Yerinde Dökülmüş Beton- Kum	$1.0\phi'$
Ahşap- Kum	$0.8\phi' - 0.9\phi'$
Zemin İçinde Boru Bırakılan Kazıklar	$0.7\phi' - 0.85\phi'$

(5.14) Bağıntısında aşağıdaki semboller yer almaktadır:

$\dot{I}$: Kazık derinliği boyunca kazığı çevreleyen değişik özellikteki zemin tabakaları,

d : Kazık çapı

ΔL_i : Kazık boyunca kazığın içinden geçtiği her bir zemin tabakasının kalınlığı,

K_{oi} : Kazığın içinden geçtiği zemin tabakasının sükûnetteki yatay toprak basıncı katsayısı (geostatik katsayı),

σ_{vi}' : Kazığın içinde geçtiği zemin tabakasındaki ortalama düşey efektif gerilme,

δ_i : Kazığın içinden geçtiği zemin tabakasının kazık – zemin arasındaki sürtünme açısı.

Geostatik durumda yatay toprak basıncı katsayısı K_{oi} kumlarda içsel sürtünme açısının (ϕ') bir fonksiyonu olup yaklaşık olarak:

$$K_{oi} = (1 - \sin \phi') \quad (5.15)$$

alınabilir (Jaky,1948). Bazı araştırmalara göre bu katsayının daha kesin ifadesi:

$$K_{oi} = (1 - \sin \phi') \cdot (OCR)_i^{0.5} \quad (5.16)$$

şeklindedir. Burada OCR, kil tabakasının aşırı konsolidasyon oranıdır. Toplam çevre sürtünme direnci; yukarıdaki (5.14) bağıntısı kullanılarak, ΔL_i kalınlığındaki her ayrı (i) tabakası için hesaplanır ve kazık boyunca toplamı alınır. (<http://www.belgeler.com/blg/2a2n/kazik-temellerin-tasima-gucu-hesabi>)

b) Kohezyonlu Zeminlerde

Bu direnç genelde kilin drenajsız direnci, efektif düşey gerilme, kazık kesitinin şekli, kazık uzunluğu, kazık malzemesi gibi, etkenlerin bir fonksiyonudur. Killi zeminlerde yüzeysel sürtünme rolü, adhezyon tarafından üstlenilmektedir. Bu tür zeminler için (5.9) ve (5.14) denklemlerinin benzeri aşağıdaki gibidir: (<http://www.belgeler.com/blg/2a2n/kazik-temellerin-tasima-gucu-hesabi>)

$$Q_{\zeta} = \sum \pi d_i \Delta L_i \alpha_i c_i \quad (5.17)$$

Bu ifadede diğer katsayılar (5.14) bağıntısındakilere eşdeğer şekilde tarif edilmekle beraber;

α_i : Kazığın içinden geçtiği zemin tabakasının adhezyon katsayısını,

c_i : Kazığın içinden geçtiği zemin tabakasının drenajsız kayma dirençlerini,

göstermektedir.

Bu halde de toplam çevre sürtünmesi direncinin hesabında yukarıdaki (5.17) bağıntısı kullanılarak ΔL_i kalınlığındaki her ayrı (i) tabakası için hesaplanır ve kazık boyunca toplamı alınır.

Killi zeminlerde yer alan çakma kazıklarda birim çevre sürtünmesi için öneriler üç grup altında toplanabilir. (<http://www.belgeler.com/blg/2a2n/kazik-temellerin-tasima-gucu-hesabi>)

α Yöntemi

Birim çevre sürtünmesini, drenajsız kayma mukavemetini amprik bir adhezyon faktörü ile çarparak tahmin etme yöntemidir.

Adhezyon katsayısı α_i aşağıda görülebileceği gibi çoğu kez drenajsız kayma direncinin bir fonksiyonu olmaktadır.

$$f_{si} = \alpha_i \cdot c_{ui} \quad (5.18)$$

Adhezyon katsayısı kohezyonun (c_{ui}); $25 > c_{ui} > 90$ (kN/m²) sınırları içinde kalan değerleri için aşağıdaki (5.19) ifadesi ile hesaplanabilir:

$$\alpha_i = 1 - 0,00615 \times (c_{ui} - 25) \quad (5.19)$$

kohezyonun sınır değer üstündeki; ($c_{ui} > 90$ kN/m²) değerleri için aşağıdaki Tablo 5.5. den bulunan adhezyon katsayısı kullanılabilir. (<http://www.belgeler.com/blg/2a2n/kazik-temellerin-tasima-gucu-hesabi>)

Tablo 5.5 Adhezyon katsayısı. (<http://www.belgeler.com/blg/2a2n/kazik-temellerin-tasima-gucu-hesabi>)

C_{ui} Değeri	α_i Değeri
90	0,60
100	0,58
150	0,42
200	0,35

λ Yöntemi

Kazık çakılmasının neden olduğu yer değiştirmenin pasif itkinin doğması için yeterli olduğu varsayılarak aşağıdaki bağıntı kullanılır.

$$f_{av} = \lambda(\sigma'_v + 2c_u) \quad (5.20)$$

Burada;

λ : Kazık boyuna bağlı bir katsayı,

σ'_v : Toplam kazık uzunluğu boyunca hesaplanan ortalama düşey efektif gerilme,

c_u : Ortalama drenajsız dayanımdır ($\phi = 0$ hali).

λ yönteminin hem normal hem aşırı konsolide killerde yinelenabilir ve güvenilir sonuçlar verdiği belirtilmektedir. (<http://www.belgeler.com/blg/2a2n/kazik-temellerin-tasima-gucu-hesabi>)

β Yöntemi

Kazıklar suya doymun killerde çakıldıklarında kazık çevresinde boşluk suyu basıncı normal konsolide killerde (4-6)cu değerine çıkabilir. Bu fazla boşluk suyu basıncı zamanla sönmüldüğünden kil- kazık arasında birim çevre sürtünmesi kilin yoğrulmuş efektif gerilme parametreleriyle bulunabilir. Diğer yandan sert, fissürlü killerde drenajlı parametreler ile tahmin edilebilecek çevre taşıma gücü daha kritik olabileceğinden bu tür analiz daha doğru olabilir. (<http://www.belgeler.com/blg/2a2n/kazik-temellerin-tasima-gucu-hesabi>)

Buna göre birim sürtünme;

$$f = \sigma'_v \cdot \beta \quad (5.21)$$

$$\beta = K \tan \phi'_r \quad (5.22)$$

σ'_v : Düşey efektif gerilme,

ϕ'_r : Yoğrulmuş kilin efektif (drenajlı) iç sürtünme açısı,

K : Yanal itki katsayısıdır.

Yanal itki katsayısı olarak kabul edilen K değeri, (5.15) ve (5.16) ifadeleri kullanılarak (5.21) ifadesinde yerine konulursa normal konsolide killer için:

$$f = (1 - \sin \phi'_r) \tan \phi' \cdot \sigma'_v \quad (5.23)$$

Aşırı konsolide killer için:

$$f = (1 - \sin \phi'_r) \tan \phi' \cdot \sqrt{OCR} \cdot \sigma'_v \quad (5.24)$$

bağıntıları elde edilir.

Tablo 5.6 da bu katsayı için verilen bazı değerler yer almaktadır. Bu değerler arazi kazık yükleme deneyleri sonuçlarının geriye dönük analizleri yapılarak elde edilmişlerdir

Tablo 5.6 Kazık Yükleme Deneylerinden Elde Edilmiş Adhezyon Katsayıları.
(<http://www.belgeler.com/blg/2a2n/kazik-temellerin-tasima-gucu-hesabi>)

	Su içeriği	(PI)	Direnç(kpa)	α
Katı Kil	23	35-55	120	0,44
Katı Kil	25	20-60	120	0,62
Masif Şeyl	15	7_16	500	0,64
Katı Kil	-	-	110	0,52
Katı Kil	19	36-46	140	0,30

5.2 Dinamik Kazık Formülleri

Çakma kazıkların taşıma gücü değerlendirmelerinde dinamik kazık formülleri kullanılır. Bu formüller, kazık çakma işlemi sırasında harcanan enerjinin, diğer deyişle mekanik olarak yapılan işin, kazığın zemine giriş miktarı ve zeminde oluşan toplam direnç ile ilgili olacağı savından yola çıkarak elde edilmişlerdir. Dinamik kazık formüllerine geçmeden önce çakma işlemine ait bazı bilgiler verilecektir. Bilindiği gibi kazıklar ya bir şahmerdanın kazık başına serbest düşürülmesi ya da buharlı veya dizel motorlu çekiçler kullanılarak çakılırlar.

Çakma sırasında kullanılan düzeneklere göre kazığın çakılmasını sağlayan enerji kaynağı şekli aşağıda özetlenmiştir.

Serbest düşmeli şahmerdanla, tokmak belli bir yükseklikten serbestçe kazık başına düşürülerek kazık darbelenir. Bundan sonra şahmerdan makaraya sarılı halatla kaldırır ve işlem tekrar edilir.

Tek tesirli şahmerdan kullanılır ise tokmak serbest düşme ile kazığın başlığına düşürülür, buhar veya basınçlı hava gücü ile yukarı kaldırılır ve işlem tekrar edilir.

Çift tesirli şahmerdanla tokmak hem yukarı kalkarken hem aşağı inişte buhar ve basınçlı hava gücünden yararlanır.

Dizel motorlu şahmerdanlar da yaygın olarak kullanılan araçlardandır. Bu şahmerdanlarda tokmağın çakma gücü motordaki mazotun patlaması sonucu oluşan enerji ile sağlanır.

5.2.1 Sanders Formülü

Dinamik kazık formülleri arasında en basit olanı Sanders Formülü olup, (W_r) ağırlığındaki tokmağın (h) mesafesinden düşmesiyle yapılan işin kazığın zemine giriş miktarı (s) ile kazığın çakmaya karşı toplam direncinin (Q) çarpımına eşit olacağı kabulüne dayanır.

$$Q = (W_r \cdot h) / s \Rightarrow \text{Enerji kayıpları göz önüne alınmamıştır} \quad (5.25)$$

5.2.2 Engineering News Formülü

$$Q = (W_r \cdot h) / (s + c) \Rightarrow \text{Serbest düşmeli ve tek tesirli şahmerdanlar} \quad (5.26)$$

$$Q = E_n / (s + c) \Rightarrow \text{Çift tesirli şahmerdanlar} \quad (5.27)$$

“c” değeri enerji kayıplarını ifade eden bir sabit olup, serbest düşmeli şahmerdanlarda 2,5 cm, buharlı şahmerdanlarda 0,25 cm, çift tesirli şahmerdanlarda

ise 0,25 cm'dir. "E_n" ise çift tesirli şahmerdanlarda tokmağın darbe sırasında uyguladığı enerji olup makine kataloglarında verilir. Engineering News Formülü'nde güvenlik katsayısı 4-10 arasında alınarak emniyetli yük bulunur.

5.2.3 Brix Formülü

$$Q = \frac{W_r \cdot W_p \cdot h}{s(W_r + W_p)} \quad (5.28)$$

W_p : Kazık ağırlığı

seklindedir. Bu formül kullanılarak emniyetli taşıma gücü bulunmak istendiğinde, 3 ile 5 arasında bir güvenlik sayısı uygulanır. Brix formülü sadece serbest düşmeli şahmerdanlar için kullanılmakta olup, daha ziyade ahşap kazıklar için uygundur.

5.2.4 Dutch Formülü

$$Q = \frac{W_r^2 \cdot h}{s(W_r + W_p)} \quad (5.29)$$

5.2.5 Ritter Formülü

$$Q = \frac{W_r^2 \cdot h}{s(W_r + W_p)} + (W_r + W_p) \quad (5.30)$$

Dutch ve Ritter Formüllerinde serbest düşmeli şahmerdan kullanıldığında güvenlik katsayısı 10, buharlı şahmerdan kullanılması halinde ise 6 alınabilir.

5.2.6 Hiley Formülü

En çok kullanılan ve enerji kayıplarını diğer formüllere göre en gerçekçi şekilde göz önüne aldığı söylenen formül budur:

$$Q = \frac{e_f \cdot W_r^2 \cdot h}{s + \frac{1}{2} \left(c_1 + c_2 + c_3 \right)} \times \frac{(W_r + e^2 W_p)}{(W_r + W_p)} \quad (5.31)$$

Burada;

e_f : Tokmağın tesir katsayısı (0.65 - 1.00)

c_1 : Kazığın başındaki takozun ve yastığının elastik kısalması

c_2 : Kazığının elastik kısalması

c_3 : Zeminin elastik kısalması

e: Çarpma sayısı

“ e_f ” değeri serbest düşmeli şahmerdanlarda 1.00, buharlılarda 0.90 ve tambura sürtünme ile sarılan tel halata bağlı noktalarda 0.75 alınabilir. Güvenlik sayısı 3 alınabilir. Çarpma sayıları (e) Tablo 5.7 den alınabilir.

Tablo 5.7 Çarpma Sayısı (e)'nin Temsili Değerleri (Chellis,1961)

MALZEME	Çarpma Sayısı
Harap olmuş ahşap	0
Ucu bozulmamış ahşap kazık	0.25
Sağlam ahşap yastıklı çelik kazık	0.32-0.40
Çelik başlıklı çelik veya beton kazık	0.50
Başlıksız beton kazık üstüne dökme demir tokmakla vurulması halinde	0.40

Dinamik kazık formüllerinde, kazık direncinin çakma esnasında değişmeyeceği kabul edilmektedir. Ancak özellikle killi zeminlerde çakma sırasında zemin örselenir ve mukavemeti azalır. Ayrıca ince kum ve siltlerde ani darbenin yarattığı ilave boşluk suyu basınçları sürtünmeden doğan mukavemeti azaltır. Bu nedenlerden dolayı, ince dane oranı fazla zeminlerde, silt ve ince kumda bu formüller güvenilir değildir.

5.3 Kazıklarda Grup Etkisi ve Grup Taşıma Gücü

Kazık grubunun taşıma gücü, kazıkların grup halinde davranışları düşünülerek hesaplanır. Zira, grup içindeki bir kazık ve çevre zemin, diğer kazıklardan iletilen

gerilmelerin etki alanı içinde kalabilir (Yıldırım ve Aksöz, 2008). Bu problemin çözümü için çeşitli yaklaşımlar vardır. Bunlardan biri sürtünme kazıklarında grup etkisini hesaplamak için kullanılan ampirik veya yarı ampirik formüllerdir. Bu formüller kazıklar arası etkileşim nedeni ile grup içindeki kazıkların taşıma güçlerinde meydana gelen azalmayı saptamak amacı ile geliştirilmişlerdir. η sayısı ile gösterilen grup verimi, kazıkların tek tek taşıma güçlerinin toplanması ile bulunan değerle çarpılarak grup taşıma gücü bulunur. Bu formüllerde genelde, yalnızca kazık-kazık etkileşimi düşünülmüş ve zemin özellikleri göz önüne alınmamıştır.

5.3.1 Verimlilik Formülleri

5.3.1.1 Converse-Labarre Formülü

Formüllerden başlıcası ve en çok kullanılan olan Converse-Labarre formülü aşağıda verilmektedir.

$$\eta = 1 - \theta \left[\frac{(n-1)m + (m-1)n}{90mn} \right] \quad (5.32)$$

m : Gruptaki kazık sırası sayısı,

n: Bir sıradaki kazık sayısı,

θ : $\arctg (d/s)$; (derece),

d: Kazık çapı

s: Kazık aralığıdır.

5.3.1.2 1/8 Etkileşim Kuralı

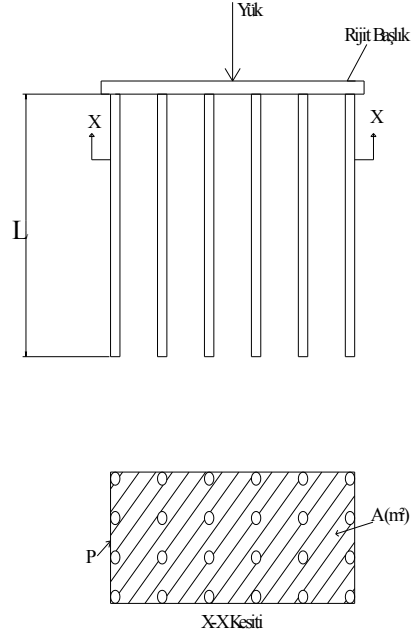
Bu kuralı kimin ortaya attığı bilinmemektedir. Kurala göre grup içindeki belirli bir kazığın taşıma gücünü azaltmak için önce her komşu kazık için bir adet (1/8) sayısı kazık çapı / kazık aralığı (d/s) oranı ile çarpılır. Bu çarpımdan elde edilen rakam ile kazığın taşıma gücü çarpılır ve etkilenmiş taşıma gücü böylece bulunur. Dikdörtgen ızgara üzerindeki m ve n adet kazıktan meydana gelen bir grup için verim (η) aşağıdaki formül ile ifade edilebilir:

$$\eta = 1 - \left[\frac{12 + 10(m-2) + 10(n-2) + 8(m-2)(n-2)}{8mn} \left(\frac{d}{s} \right) \right] \quad (5.33)$$

Bu formül ile hesaplanan verim, kazıkların tek tek taşıma güçlerinin toplanması ile bulunan değerle çarpılarak grup taşıma gücü ile bulunur. Bu formüllerde de, yalnızca kazık-kazık etkileşimi düşünülmüş ve zemin özellikleri göz önüne alınmamıştır.

5.3.2 Terzaghi Blok Yaklaşımı

Kazıklı bir temelin aynen bir “ blok derin temel” olarak davranacağı (Terzaghi ve Peck,1967) varsayımından hareket ederek bir hesap yöntemi geliştirmişlerdir. Yukarıda 5.3.1.1 ve 5.3.1.2 paragraflarında nakledilen hesap yöntemlerinin, zemin özelliklerini hesaba katmamakta olduğu açıklanmıştı. Terzaghi ve Peck yöntemi zemin özelliklerini de hesaba katar. Kazıklı bir temelin blok halinde davranması; her zaman olası bir durum değildir ve bu davranışı önemli ölçüde kazık aralığı etkiler. Temelin hangi kazık aralığındaki aşamada blok temel davranışından tek kazık davranışına geçeceği sorusuna kolayca cevap vermek kolay değildir. Bu soruya her durumda geçerli olabilecek hazır bir cevap bulunamaması nedeniyledir ki; Terzaghi ve Peck tek kazığın göçmesi ile blok temelin göçmesi durumları ayrı ayrı göz önüne alan bir yaklaşım önerişlerdir. Aşağıda görüleceği gibi bu yaklaşımı içinde iki adımlı bir çözüm takip edilir.



Şekil 5.1 Kazıklarda Grup Etkisi (Terzaghi ve Peck 1967)

Yöntem Şekil 5.1'e bakılarak ve aşağıdaki kabuller ile şöylece açıklanabilir:

Kazık başlığı rijittir.

Kazık grubu içindeki zemin kazıklarla beraber bir blok olarak davranır.

Terzaghi ve Peck metodunda kazık grubu Şekil 5.1'de gösterildiği gibi derin bir temel gibi düşünülerek toplam taşıma gücü bulunur. Şekil 5.1'e bakılarak blok çevresi ve tabanındaki kuvvetlerin dengesi göz önüne alınırsa aşağıdaki ifade elde edilir:

$$Q_s = P.L.s + A.q_f - AL\gamma \quad (5.34)$$

Burada:

S : Kazık bloğunu çevreleyen zeminin ortalama kayma mukavemeti,

L : Zeminin içinde kalan kazık boyu,

P : Kazık grubunun plan görünümündeki toplam çevre uzunluğu,

A : Kazık grubunun plan görünümündeki alanı,

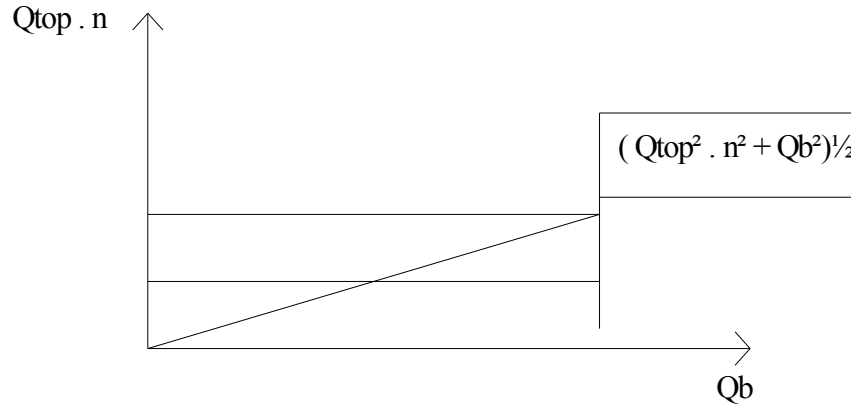
γ : Zeminin birim hacim ağırlığı,

Killi zeminler için (5.34) ifadesinde görülen q_f (Kazığın oturduğu derinlikteki taşıma gücü):

$$q_f = 1.3c.N_c + \gamma L \quad (5.35)$$

olarak alınabilir.

Yukarıdaki (5.34) denklemi ile bulunan taşıma gücü; (n) gruptaki kazıkların sayısını göstermek üzere, kazıkların tek tek taşıma güçlerinin toplamından elde edilen değer olan (nQ_{top}) ile karşılaştırılır ve küçük olan değer, kazık grubunun toplam taşıma gücü olarak kabul edilir.



Şekil 5.2 Verim Formülasyonu.
(<http://www.scribd.com/doc/54937267/22/Terzaghi-Blok-Yakla%C5%9F%C4%B1m%C4%B1>)

Şekil 5.2’de bu iki formülasyondan elde edilen değerler iki dik eksen üzerinde gösterilmişlerdir. Bunların bileşkesi $(n^2 Q_{top}^2 + Q_b^2)^{1/2}$ ile belirlenir. Kapsadıkları alan ise $n Q_{top} Q_b$ dir. İstatistiksel olarak alınan bileşkeye bölünmesi ile bulunan ifadenin yeniden düzenlenmesi ile (η) verimi göstermek üzere aşağıdaki gibi yeni bir verim formülü saptanabilir:

$$\frac{1}{\eta^2} = (1 + n^2 \cdot Q_{top}^2) / Q_b^2 \quad (5.36)$$

Whitaker (1957) tarafından narınlığı $(l/d)=48$ olan model kazıklardan meydana gelen 5x5, 7x7 ve 9x9 kazıklı kazık grupları üzerinde gerçekleştirilmiş olan deneylerden elde edilen verim ile formüllerden elde edilen verim sonuçları karşılaştırılmış ve (5.33) bağıntısının görelisi olarak daha iyi sonuç verildiği görülmüştür. Diğer taraftan bu sonuçlara göre; kazık aralığının $s=4d$ değerinden itibaren kazıkların blok davranışından tek kazık davranışına geçtikleri de görülmüştür

6 ARAZİ DENEY SONUÇLARINA GÖRE KAZIK TAŞIMA GÜCÜ TAHMİNİ

Arazi araştırmaları sırasında yaygın olarak kullanılan Standart Penetrasyon Deneyi (SPT) ve Konik (Statik) Penetrasyon Deneyi (CPT) sonuçları kazık taşıma gücü tahmininde kullanılabilir.

6.1 Standart Penetrasyon Deneyi (SPT)

Standart Penetrasyon deneyi (SPT) zeminin mukavemet yoğunluğunu değerlendirmek ve numune almak amacıyla yerinde yapılan bir dinamik kesme deneyidir.

Bilindiği gibi kesme mukavemeti kum çakıl gibi iri daneli zeminlerde zeminin izafi sıklığına, Kohezyonlu zeminlerde ise zeminin mukavemet parametrelerine bağlıdır. Bundan dolayı standart penetrasyon direnci ile taşıma gücü arasında gerçeğe yakın bir bağlantı kurmak mümkündür. Ancak standart penetrasyon direnci ile oturma miktarı arasında istenilen doğrulukta bir ilişki kurmak zordur. Standart Penetrasyon deneyinin avantajları şöyle sıralanabilir:

- Deneyde yaygın ve çok bilinen bir ekipman kullanılması,
- Kullanılan ekipmanın basit ve dayanıklı olması,
- Deneyin göreceli olarak kolay, ekonomik, hızlı ve çok özel bir deneyim gerektirmeksizin yapılabilmesi,
- Her türlü zemin ve yumuşak kayada uygulanabilmesi,
- Yer altı su tablasının altında ve üstünde yapılabilmesi,

- Test yapılırken bozulmuş numunenin de alınabilmesi.

6.1.1 Standart Penetrasyon Deneyinin Yapılması

SPT yapabilmek için standart sondaj takımı (sondaj kuyusunun açılması ve penetrometrenin kuyuya indirilmesini sağlayabilecek makine ve ekipman), standart bir penetrometre (dış çapı 50,8 mm iç çapı 35,4 mm uzunluğu 81,3 cm toplam ağırlığı 6,81 kg), A-tij (dış çapı 41,3 mm iç çapı 28,6 mm), şahmerdan (çakma tokmağı 63,5 kg) ve çakma başlığı gerekmektedir.

Deney yapılmak istenen seviyeye penetrometre indirildikten sonra 76,2 cm yükseklikten şahmerdan ile çakma başlığı üzerine serbest düşme yaptırılır. Bu hareket ritmik olarak tekrarlanır. Penetrometrenin zemine 3x15cm girmesi için gerekli serbest düşme sayısı değerlendirmeye alınmadan ikinci ve üçüncü 15 cm’lik girmeler için belirlenen serbest düşme sayıları toplanarak Standart Penetrasyon Direnci (N) olarak tanımlanır.

Standart Penetrasyon Direnci (N) deneyinin yapıldığı seviyeye ve deneyin yer altı su seviyesinin altında yapılması hallerinde gerçek değerinden farklı olarak belirlenir. Bu nedenle derinlik ve su düzeltmesi yapılarak gerçek “N” değeri belirlenmelidir.

SPT deneyi aşağıdaki koşullardan herhangi birini sağlayana kadar sürdürülür.

15 cm’lik üç penetrasyondan herhangi birine $N = 50$ vuruş sayılması

Şahmerdanın 10 vuruşundan sonra penetrometrenin fark edilir bir penetrasyon yapmaması

Penetrometrenin zemine öngörülen (3 x 15 =45 cm) girişi tamamlaması.

6.1.2 SPT Darbe Sayısının Düzeltilmesi

6.1.2.1 SPT Darbe Sayısının Derinlik Düzeltilmesi

Deney derinlerde yapılıyorsa tij uzunluğunun artmasından dolayı penetrometre üzerine gelmesi gereken enerjide azalma oluyor. Bu nedenle belirlenen N değeri gerçek değerinden büyük çıkıyor. Bu sebeple arazide bulunan N darbe sayısı, deney seviyesindeki mevcut efektif toprak basıncına göre düzeltilmelidir.

$$N' = N \times C_N \quad (6.1)$$

$$C_N = 0.77 \log(20 / \sigma'_0) \quad (6.2)$$

N' : Düzeltilmiş Standart Penetrasyon Direnci

N : Deneyde Belirlenmiş SPT Direnci

C_N : Düzeltme Faktörü

σ'_0 : Efektif Zemin Gerilmesi

6.1.2.2 SPT Darbe Sayısının Yer altı Su Seviyesine Göre Düzeltilmesi

Birçok araştırma göstermiştir ki yer altı su seviyesi altında bulunana ince kum ve siltlerde düzeltilmiş N' zeminin gerçek standart penetrasyon direncinden daha büyüktür. Bu nedenle ince kum ve siltlerde derinlik düzeltilmesi ile bulunan N' değeri 15 ten büyük ise çarpma sırasında oluşan boşluk suyu basıncının etkisini gidermek için aşağıdaki düzeltme yapılır.

$$N'' = 15 + 0.5(N' - 15) \quad (6.3)$$

6.1.3 SPT Verileriyle Kazık Taşıma Gücü Hesabı

6.1.3.1 Uç Taşıma Gücü

$$q_f = 4N \frac{D_b}{B} \leq 40N \Rightarrow (Kumda) \quad (6.4)$$

N : Kazık ucundaki düzeltilmiş SPT değeri (kazık ucu seviyesinden 3B yukarıda ve 8B derinlikte ortalama SPT değerleridir),

D_b : Taşıyıcı granüler zemindeki kazık ankastre boyu,

B : Kazık çapı veya kenar boyu.

Fore kazıklarda q_f değerinin üçte biri dikkate alınmalıdır.

6.1.3.2 Çevre Sürtünmesi

$$f_s = 0.2 N_{ort} \text{ (t/m}^2 \text{)} \quad (6.5)$$

N_{ort} : Tabakalardaki ortalama SPT değeri

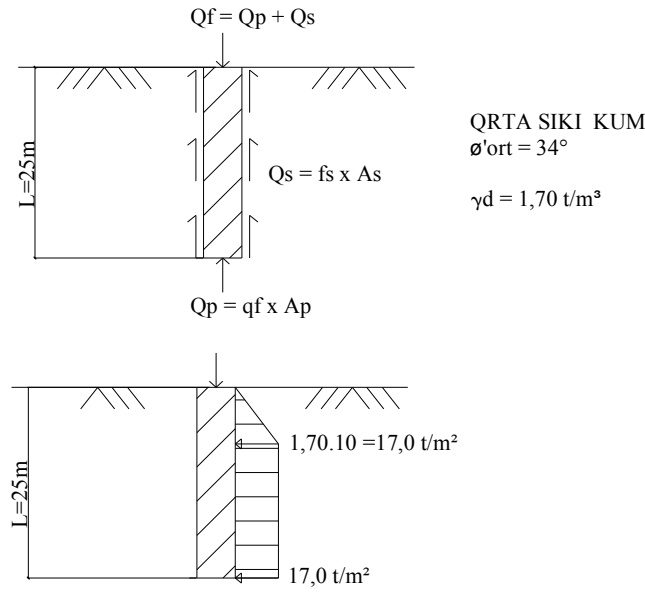
Fore kazıklarda ve çelik kazıklarda f_s değerinin yarısı dikkate alınmalıdır.

7 SAYISAL UYGULAMALAR

7.1 Statik Formüllerle Sayısal Uygulamalar

Uygulama 1:

25m uzunluğunda, 50 cm çapında bir betonarme kazık (Şekil 7.1) orta sıkı kumlu zemine çakılacaktır. Kumlu zeminin doğal birim hacim ağırlığı $1,70 \text{ t/m}^3$, ortalama içsel sürtünme açısı 34° , yanal zemin basıncı katsayısı 1,5'dir. Güvenlik katsayısını 3 alarak kazığın güvenli taşıyabileceği azami yükün bulunması:



Şekil 7.1 Uygulama 1

$$Q_f = Q_p + Q_s$$

$$Q_d = Q_f / G.S$$

15 – 20D derinlikten sonra f_s ile q_f sabit kalır.

$$20 \cdot D = 20 \cdot 0.50 = 10 \text{ m}$$

$$Q_p = q_f \cdot A_p$$

$$A_p = \pi \cdot D^2/4 = \pi \cdot 0.50^2/4 = 0,20 \text{ m}^2$$

$$q_f = \sigma' \cdot N_q = 17 \cdot 37 = 629 \text{ t/m}^2$$

$$Q_p = 629 \cdot 0,20 = 125,8 \text{ ton}$$

$$Q_s = f_s \cdot A_s$$

$$A_s = \pi \cdot D \cdot L = \pi \cdot 0.5 \cdot 25 = 39,3 \text{ m}^2$$

$$f_s = K_s \cdot (\sigma')_{\text{ort}} \cdot \text{tg} \delta$$

$$\delta = 0.75 \cdot \phi$$

$$f_s = 1,5 \cdot (17/2 + 17) \cdot \text{tg}(0,75 \cdot 34)$$

$$f_s = 18,24 \text{ t/m}^2$$

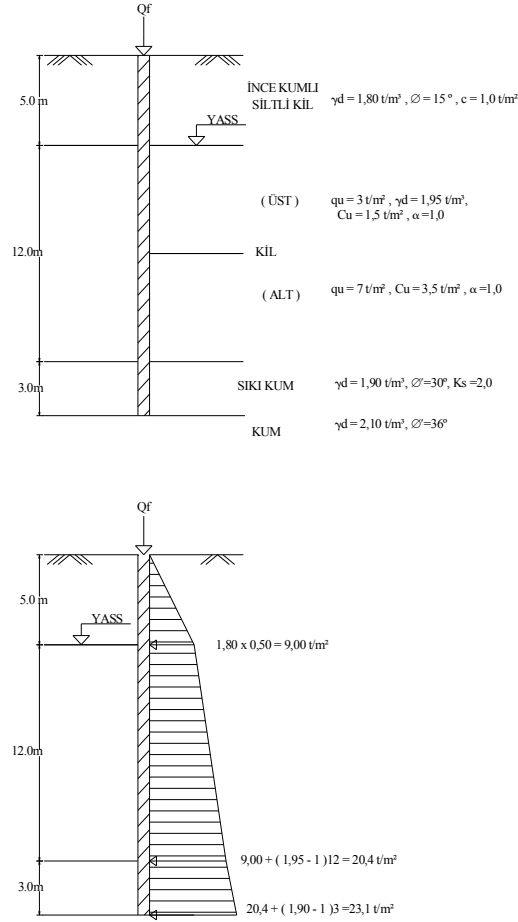
$$Q_s = 18.24 \cdot 39,3 = 716,8 \text{ ton}$$

$$Q_f = 716,8 + 125,8 = 842,6 \text{ ton}$$

$$Q_d = 842,6 / 3 = 281 \text{ ton}$$

Uygulama 2:

Aşağıdaki Şekil 7.2’de özellikleri verilen tabakalı zemine 20 m uzunluğunda 65 cm çapında bir betonarme kazık çakılacaktır. Güvenlik katsayısını 3 alarak kazığın güvenle taşıyabileceği azami yükün bulunması:



Şekil 7.2 Uygulama 2

$$\phi = 36 \text{ için } N_q = 50$$

$$Q_f = Q_p + Q_s$$

$$Q_d = Q_f / G.S$$

$$Q_p = q_f \cdot A_p$$

$$A_p = \pi \cdot D^2/4 = \pi \times 0.65^2/4 = 0,332 \text{ m}^2$$

$$q_f = \sigma' \cdot N_q = 23,1 \times 50 = 1155 \text{ t/m}^2$$

$$Q_p = 1155 \times 0,332 = 383,46 \text{ ton}$$

$$Q_s = \sum f_s \cdot A_s$$

$$f_s = K_s \cdot (\sigma')_{\text{ort}} \cdot \text{tg} \delta \quad (\text{ Kumlu zemin})$$

$$f_s = \alpha \cdot c_u \quad (\text{ Killi zemin})$$

$$f_s = K_s \cdot (\sigma')_{\text{ort}} \cdot \text{tg} \delta + \alpha \cdot c_u \quad (\text{ Karışık zemin})$$

$$f_{s1} = 1,0 \times (9,0/2) \times \text{tg} (0,75 \times 15) + 1,0 \times 1,0 = 1,90 \text{ t/m}^2$$

$$f_{s2} = 1,0 \cdot (1,5 + 3,5)/2 = 2,50 \text{ t/m}^2$$

$$f_{s3} = 2,0 \times (20,4 + 23,1) / 2 \times \text{tg} (0,75 \times 30) = 18,02 \text{ t/m}^2$$

$$Q_s = (1,90 \times 5,0 + 2,50 \times 12,0 + 18,02 \times 3,0) \times \pi \times 0,65 = 191,1 \text{ ton}$$

$$Q_f = 383,46 + 191,1 = 574,56 \text{ ton}$$

$$Q_d = 574,56 / 3 = 191,52 \text{ ton}$$

7.2 SPT Verileriyle Sayısal Uygulama

Aşağıdaki örneklerde, sondaj kuyularında derinlik boyunca elde edilen Standart Penetrasyon Değerleriyle, 40 cm çapındaki tek bir çakma kazığın ve 65 cm çapındaki tek bir fore kazığın deneyin yapıldığı derinliklerdeki nihai taşıma kapasiteleri bulunmuştur. Bu kazıklar hem uç hem de sürtünme kazığı olarak düşünülmüştür. Kazığın taşıyabileceği basınç yükünü nihai taşıma kapasitesi (Q_f) ve çekme yükünü ise sadece sürtünme direnci (Q_s) belirler. Her bir örnekte kazığın taşıyabileceği azami basınç yükü dikkate alınarak kazık uzunluğu belirlenmiştir.

Zeminin doğal ve efektif birim hacim ağırlığı derinlik boyunca ortalama sırasıyla $2,0 \text{ t/m}^3$ ve $1,0 \text{ t/m}^3$ olarak kullanılmıştır.

Düzeltilmiş SPT- N' değerleri bulunurken sadece derinlik düzeltilmesi yapılmıştır. Günümüzde artık YASS düzeltmesi yapılmamaktadır.

$$\text{SPT-}N' = CN \cdot \text{SPT-}N$$

$$CN = 0,77 \cdot \log (20 / \sigma') , \sigma' (\text{kg/cm}^2)$$

Kazık ucundaki $N_{uç}$ değeri, kazık ucu seviyesinden 3B yukarıda ve 8B derinlikte ortalama SPT- N' değerleridir.

40 cm çapındaki çakma kazık için; $3 \times 0,40 = 1,20 \text{ m} \rightarrow 1$ değer
aşağıdan

$8 \times 0,40 = 3,20 \text{ m} \rightarrow 2$ değer
yukarıdan

65 cm çapındaki fore kazık için ; $3 \times 0,65 = 1,95 \text{ m} \rightarrow 1$ değer
aşağıdan

$$8 \times 0,65 = 5,20 \text{ m} \rightarrow 3 \text{ değer}$$

yukarıdan

alınarak ortalama $N_{uç}$ değeri bulunmuştur.

Sürtünme direnci ortalama N_s değeri bulunulan derinlikteki ve üzerindeki SPT- N' değerlerinin ortalamaları alınmıştır.

Uç taşıma gücü hesabı;

$$q_f = 4 N_{uç} D_b/B \leq 40 N_{uç}$$

$$D_b / B = 10 \rightarrow D_b = 0,40 \times 10 = 4,0 \text{ m (Çakma kazık için)}$$

$$\rightarrow D_b = 0,65 \times 10 = 6,5 \text{ m (Fore kazık için)}$$

$$A_p = \pi B^2 / 4$$

$$Q_p = q_f \cdot A_p$$

Fore kazık için uç taşıma gücü 1/3 oranında azaltılmıştır.

Sürtünme direnci hesabı:

$$f_s = 0,2 \cdot N_s \text{ (çakma kazık için)}$$

$$f_s = 0,1 \cdot N_s \text{ (fore kazık için)}$$

$$A_s = \pi \cdot B \cdot D_b$$

$$Q_s = f_s \cdot A_s$$

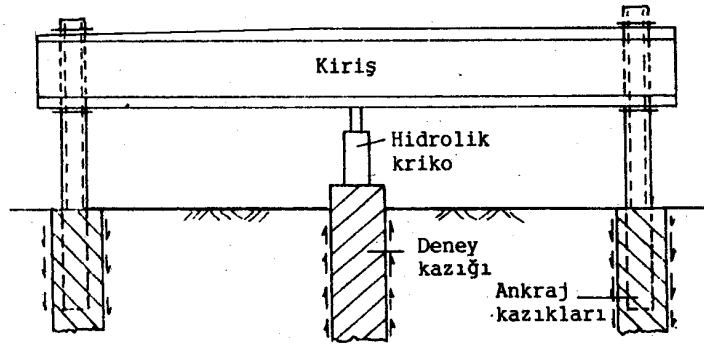
Kazığın nihai taşıma gücü hesabı:

$$Q_f = Q_p + Q_s$$

8 KAZIK YÜKLEME DENEYLERİ

Kazığın taşıma gücünün tayin edilmesi bakımından en güvenilir yöntem yükleme deneyleridir. Deney düzeneği basit özellikleri ile Şekil 8.1’de görülmektedir.

Yükleme deneyi sonunda kazık kapasitesi öngörülenden farklı ise kazık boyutlarını değiştirme imkânı olur ilave bir yararı da kazık uygulanacak arazinin önceden tespit edilememiş özelliklerinin tespit edilmesi olasılığıdır. Kazık yükleme deneyleri analitik yöntemler veya kazık çakma formülleri ile hesaplanan kazık kapasitelerinin doğrulanması veya düzeltilmesi için yararlı olmakla birlikte, her şart altında doğru sonuç verdikleri zannedilmemelidir. (Çinicioğlu, İstanbul 2005)



Şekil 8.1 Kazık yükleme deneyi. (Çinicioğlu, İstanbul 2005)

Kazık yükleme deneyinde aşağıdaki hususlara dikkat edilmelidir:

Kazık inşası ile yükleme deneyi arasında bir süre geçmelidir. Bu süre granüler zeminler için 3-4 gün, killi zeminler için 1 ay civarındadır. Bu süre çevre zemin çakma sırasındaki örselenmeyle kaybettiği mukavemeti yeniden kazanması için gereklidir. Beton kazıklarda kazık malzemesinin mukavemetinin gelişebilmesi için de minimum bir sürenin geçmesi gereklidir.

Kazık yükleme deneyi için seçilen nokta kazık temellerin yapılacağı arazinin genel özelliklerini yansıtacak bir nokta olmalıdır. Çoğu mühendisler bu konuda en düşük mukavemeti elde edebilecekleri noktayı seçerler.

Yükleme deneyi yapılan kazığın boyu, çapı ve inşa yöntemi daha sonra yapılacak kazıkların özelliklerini yansıtmalıdır.

Kazığa yükün aktarılma şekli yerel şartnameler veya ASTM tarafından tarif edilmiştir. Genel kurallar kısaca şöyle özetlenebilir:

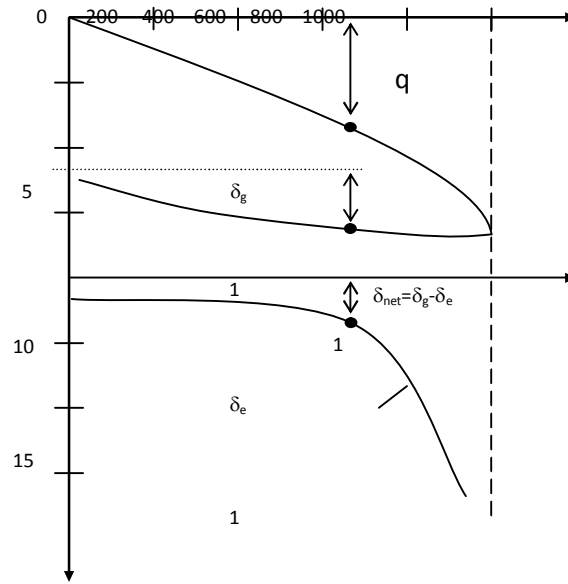
Yük kademeler halinde ve her kademe tasarım yükünün %20-%25'i mertebesinde olacak şekilde uygulanır. Bu kademeler ya belirli zaman aralıkları ile veya belirli bir oturma hızına ulaşınca kadar zemin üzerinde tutulur ve sonra yük artırılır.

Nihai yük miktarı tasarım yükünün 2 katı olarak tanımlanır. İlk yükleme devresinde bu seviyeye (%200 tasarım yükü) ulaşıldıktan sonra ikinci devrede yükleme göçme yüküne ulaşınca kadar devam ettirilir.

Tasarımda kullanılan yük genellikle tanımlanan belli bir oturma seviyesine (miktarına) tekabül eden yükün yarısıdır. Bu oturma değeri de çoğunlukla 25 mm olarak seçilir.

Şekil 8.2'de tipik bir yük oturma ilişkisi görülmektedir. Yükleme %20 artışlarla boşaltma ise 5 adımda gerçekleştirilmiştir, b de kazığa uygulanan yük kademelerine tekabül eden net oturma miktarları görülmektedir. Belli bir noktada örneğin 1 noktasında net oturma = $\delta g - \delta e$

Kazık taşıma gücüne karar verilirken yukarıdaki tanımlanan yöntemlerin en az ikisinin sonuçları kullanılmalıdır. Ayrıca yerel tecrübeye dayalı bilgilerin önemi ihmal edilmemelidir. (Çinicioğlu, İstanbul 2005)



Şekil 8.2 Kazık yükleme deneyi sonucu. (Çinicioğlu, İstanbul 2005)

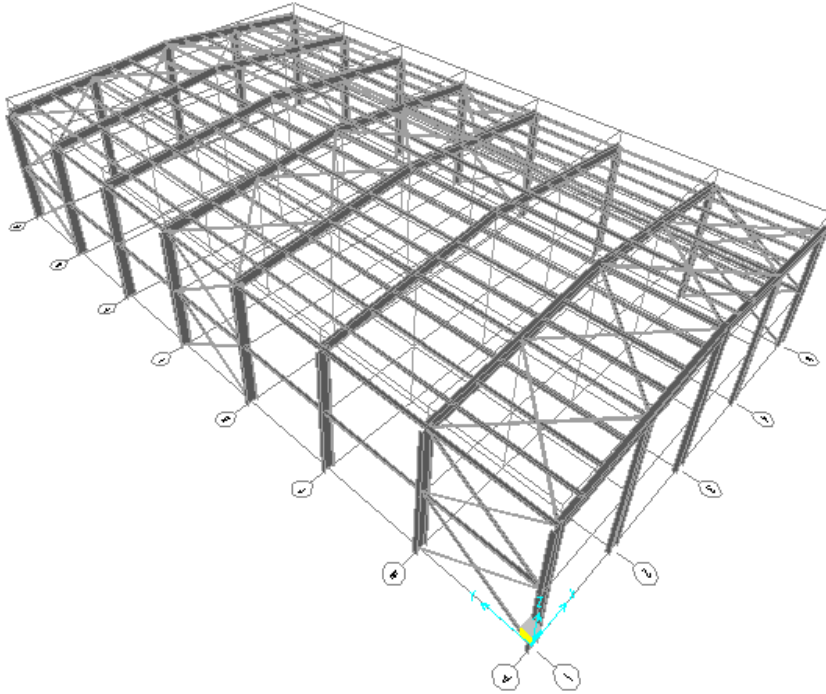
9 BİR ENDÜSTRİYEL ÇELİK BİNA

9.1 Yapı ve Temel Modellemesi

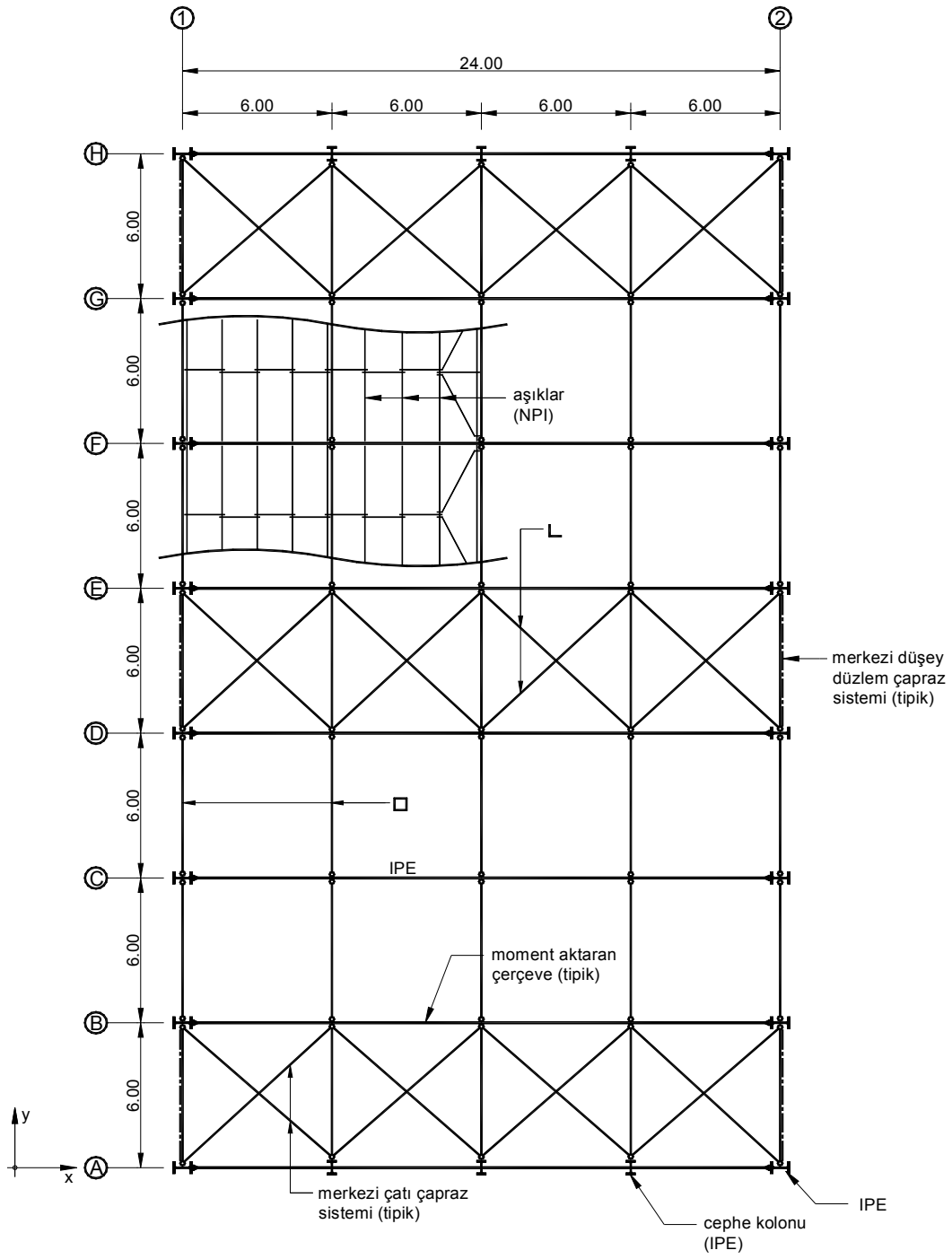
9.1.1 Genel Sistem

Modellenmiş olan tek katlı çelik endüstriyel bina (Özer,2009) öncelikli olarak zemin üzerine oturmuş radye temel ve düşey doğrultuda yaylar (springs) şeklinde yeniden tasarlanacaktır. Zemin durumuna uygun olarak üç farklı deprem verilerek modelin dinamik davranışı analiz edilecektir.

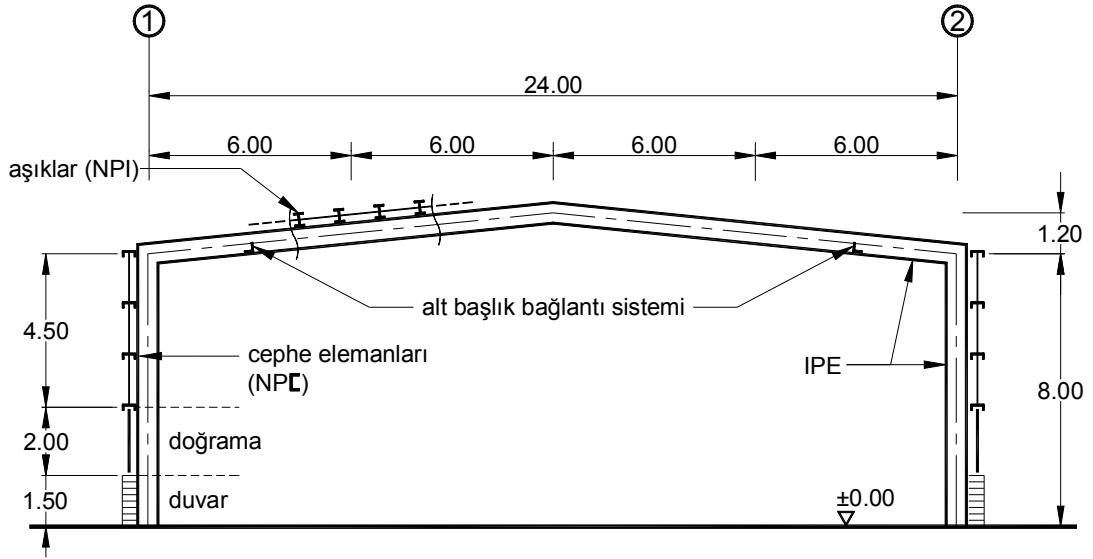
Genel sistem görünüşü Şekil 9.1’de, çatı sistem planı Şekil 9.2’de, tipik çerçeve en kesiti Şekil 9.3’de ve cephe sistem görünüşü Şekil 9.4’de verilen bina için;



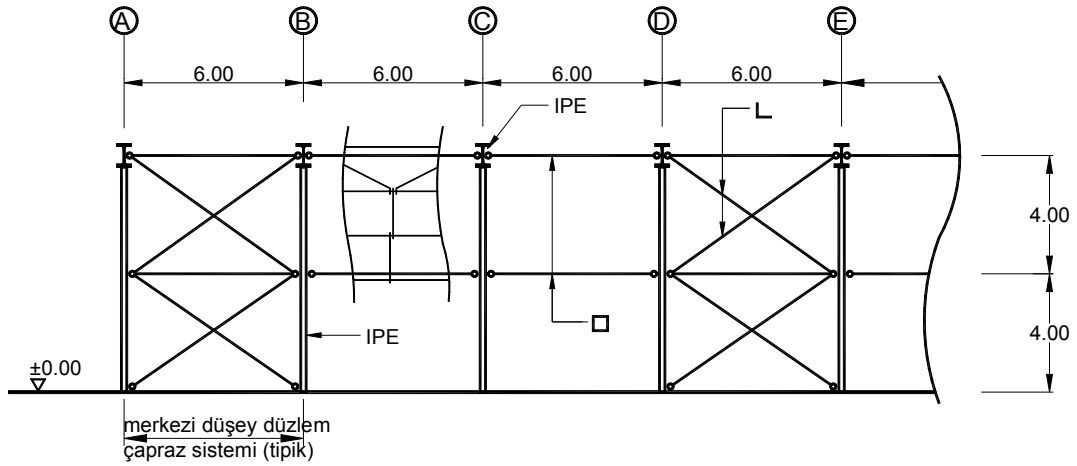
Şekil 9.1 Genel Sistem Görünüşü (Özer, 2009)



Şekil 9.2 Çatı Sistem Planı (Özer, 2009)



Şekil 9.3 Tipik Çerçeve En kesiti (D aksı çerçevesi) (Özer, 2009)



Şekil 9.4 Cephe Sistem Görünüşü (2 aksı cephesi bölgesel görünüş) (Özer, 2009)

Sap2000 programında Define Grid System Data menüsünü açılarak modelin kesit ve cephe görünüşlerinden yararlanarak gerekli mesafe ve uzunluklar koordinat sistemine girilir (Şekil 9.5). Birimin (kN,m,C) kullanılacak ölçü değerlerini alması dikkat edilir. Pencere açıldıktan sonra değerler girilir.

Define Grid System Data

System Name: GLOBAL Units: KN, m, C

Grid Lines: Quick Start...

X Grid Data

	Grid ID	Ordinate	Line Type	Visibility	Bubble Loc.	Bubble Loc.
1	1	0.	Primary	Show	Start	
2	2	6.	Primary	Show	Start	
3	3	12.	Primary	Show	Start	
4	4	18.	Primary	Show	Start	
5	5	24.	Primary	Show	Start	
6						
7						
8						

Y Grid Data

	Grid ID	Ordinate	Line Type	Visibility	Bubble Loc.	Bubble Loc.
1	A	0.	Primary	Show	Start	
2	B	6.	Primary	Show	Start	
3	C	12.	Primary	Show	Start	
4	D	18.	Primary	Show	Start	
5	E	24.	Primary	Show	Start	
6	F	30.	Primary	Show	Start	
7	G	36.	Primary	Show	Start	
8	H	42.	Primary	Show	Start	

Z Grid Data

	Grid ID	Ordinate	Line Type	Visibility	Bubble Loc.	Bubble Loc.
1	Z1	0.	Primary	Show	Start	
2	Z2	4.	Primary	Show	Start	
3	Z3	8.	Primary	Show	Start	
4	Z4	9.2	Primary	Show	Start	
5						
6						
7						
8						

Display Grids as: ☒ Ordinates ☐ Spacing

☐ Hide All Grid Lines

☐ Glue to Grid Lines

Bubble Size: 1.

Reset to Default Color

Reorder Ordinates

OK Cancel

Şekil 9.5 Çelik Binanın Koordinat Sistemi

Ardından Define » Materials menüsünden radye temel için C30 betonu ve sistem çerçeve tasarımında kullanılması için Fe37 yapı çelik verileri girilir. TS648 Çelik Yapılar Standardı'na göre, Fe37 yapı çeliğinin akma gerilmesi $\sigma_a = 235$ N/mm², elastisite modülü, E=206182 N/mm² değerlerini almaktadır.

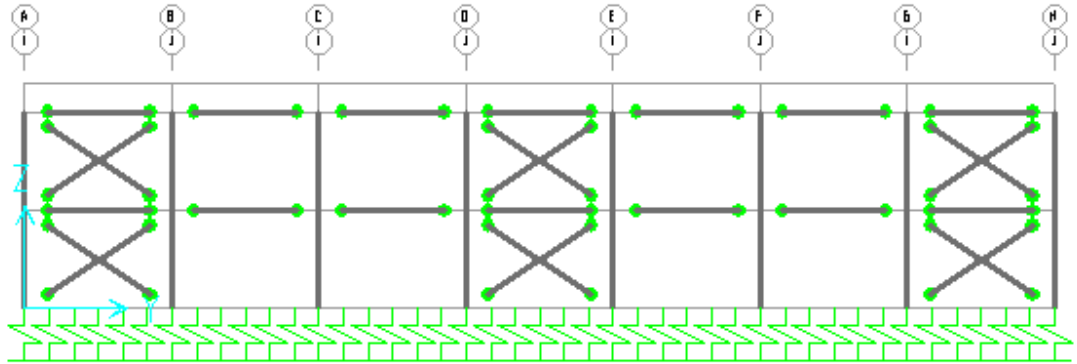
Define » Section menüsünden çerçeve sisteminin kirişleri ve kolonları Avrupa norm profilleri IPE 600 profilleri, çatı ve düşey düzlem çapraz bağlantıları L 80*80*8 profilleri ile (y) doğrultusundaki kirişler kutu 140*140*8 profilleri ile teşkil edilecek şekilde veri girişi sağlanır. Assign menüsünden kesit ataması yapılır.

Tek katlı çelik endüstriyel binanın temeli için 50 cm kesitinde Shell malzeme Area Sections'dan seçilir. Radye temel Divide Areas menüsüyle x ve y doğrultularında uygun ölçülerde bölünür. Radye temel altına her düğüm noktasına yatak kat sayısı 20000 kN olacak şekilde yatay ve düşey yaylar atanır.

(x) doğrultusunda süneklik düzeyi normal moment aktaran çerçevelerden, (y) doğrultusundaki yatay yük taşıyıcı sistemi ise, süneklik düzeyi normal merkezi çelik çaprazlı perdelerden oluşmaktadır. Çatı döşemesinin rijit bir diyafram oluşturmaması nedeniyle, (x) ve (y) doğrultularındaki yatay yük taşıyıcı sistemler birbirinden bağımsız olarak davranmaktadırlar.

Çatı çapraz sisteminin elemanları ile bunları birbirine bağlayan (y) doğrultusundaki kirişler çerçeve kirişlerine ve kolonlara mafsallı olarak bağlanmaktadır. Akslardaki çerçeve kirişlerinin kolonlara bağlantısı ise rijit olacaktır.

Bu nedenle çatı çapraz sisteminin elemanları ile bunları birbirine bağlayan (y) doğrultusundaki kirişler seçilerek Assign »Frame »Release menüsünden mafsallı şartları sağlanır (Şekil 9.6).



Şekil 9.6 Çapraz ve Kirişlerin Mafsallı Görünüşü

Tasarımı yapılacak olan tek katlı çelik endüstri binası birinci derece deprem bölgesinde, Z3 yerel zemin sınıfı üzerinde inşa edilecek ve işyeri (fabrika) olarak kullanılacaktır. Bu parametreler esas alınarak belirlenen deprem karakteristikleri

Etkin yer ivmesi katsayısı (birinci derece deprem bölgesi) $A_o = 0.40$

Bina önem katsayısı (işyerleri) $I = 1.00$

Spektrum karakteristik periyotları $T_A = 0.15 \text{ sn}$ $T_B = 0.60 \text{ sn}$

(Z3 yerel zemin sınıfı) taşıyıcı sistem davranış katsayısı (x doğrultusunda deprem yüklerinin tamamının süneklik düzeyi normal çerçevelerle taşındığı çelik bina) $R_x = 5$

(y doğrultusundaki deprem yüklerinin tamamının süneklik düzeyi normal merkezi çelik çaprazlı perdelerle taşındığı çelik binalar) $R_y = 4$

Hareketli yük katılım katsayısı (kar yükü için) $n = 0.30$

Tek katlı çelik endüstriyel binanın düşey yükleri aşağıda Tablo 9.1 de verilmiştir.

Tablo 9.1 Yapıya Etkiyen Düşey Yükler

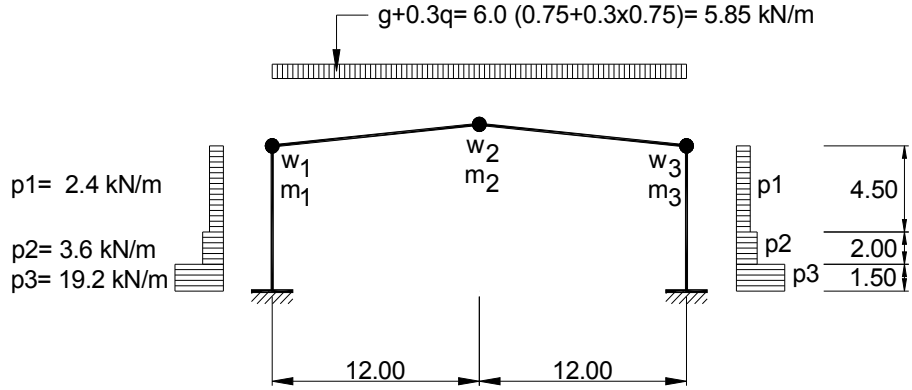
a) Çatı Döşemesi		
çatı kaplaması	0.1	kN/m ²
aşıklar	1	kN/m ²
tesisat yükü	0.25	kN/m ²
çelik konstrüksiyon	0.3	kN/m ²
g	0.75	kN/m ²
kar yükü (q)	0.75	kN/m ²
b) Cepheler:		
cephe kaplaması	0.1	kN/m ²
cephe elemanları	0.1	kN/m ²
doğrama	0.4	kN/m ²
çelik konstrüksiyon (kolonlar, birim boyda)	1.2	kN/m
c) Dış duvar yükü: g(d)	0.3	kN/m ²

Sistemin düğüm noktalarında toplandığı varsayılan w_i toplam ağırlıklarının ve m_i kütlelerinin bu yüklere bağlı olarak hesabı bulunacaktır.

$$p_1 = 6.0 \times 0.2 + 1.2 = 2.4 \text{ kN/m}$$

$$p_2 = 6.0 \times 0.4 + 1.2 = 3.6 \text{ kN/m}$$

$$p_3 = 6.0 \times 3.0 + 1.2 = 19.2 \text{ kN/m}$$



Şekil 9.7 (D) aksı çerçevesine etkiyen sabit ve hareketli yükler ($n=0.30$)

$$w_1 = w_3 = 19.2 \times 1.5 \times \frac{0.75}{8.0} + 3.6 \times 2.0 \times \frac{2.5}{8.0} + 2.4 \times 4.5 \times \frac{5.75}{8.0} + 5.85 \times 6.0 = 47.81 \text{ kN}$$

$$m_1 = m_3 = \frac{47.81}{9.81} = 4.87 \text{ kNs}^2/\text{m}$$

$$w_2 = 5.85 \times 12.0 = 70.20 \text{ kN}$$

$$m_2 = \frac{70.20}{9.81} = 7.16 \text{ kNs}^2/\text{m}$$

Bulunan düşey yükler sabit ve hareketli yükler halinde de bulunup katılım kat sayısı sap 2000 programında Self Weight Multiplier kutucuğuna Şekil 9.8'de girilerek yapılabilir.

Define Load Patterns

Load Patterns

Load Pattern Name	Type	Self Weight Multiplier	Auto Lateral Load Pattern
G	DEAD	1	
G	DEAD	1	
Q	LIVE	0.3	
THX	QUAKE	0	User Loads
THY	QUAKE	0	User Loads

Click To:

Add New Load Pattern

Modify Load Pattern

Modify Lateral Load Pattern...

Delete Load Pattern

Show Load Pattern Notes...

OK

Cancel

Şekil 9.8 Yüklerin Katılım Katsayılarıyla Tanımlanması

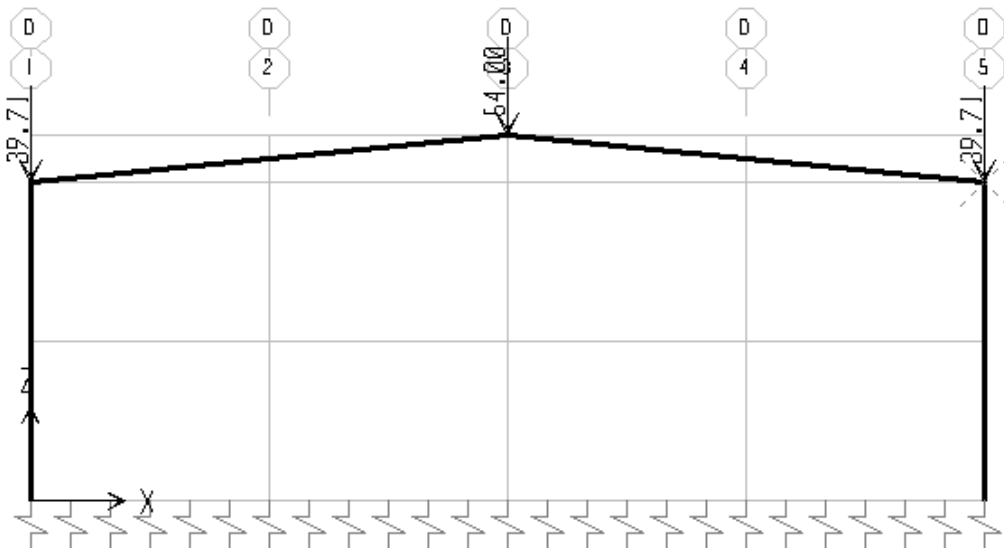
Ayrı ayrı elde edilen sabit yükler Şekil 9.9 ve hareketli yükler Şekil 9.10’da düğüm noktalarına yüklenir.

$$G1 = 39.71 \text{ kN}$$

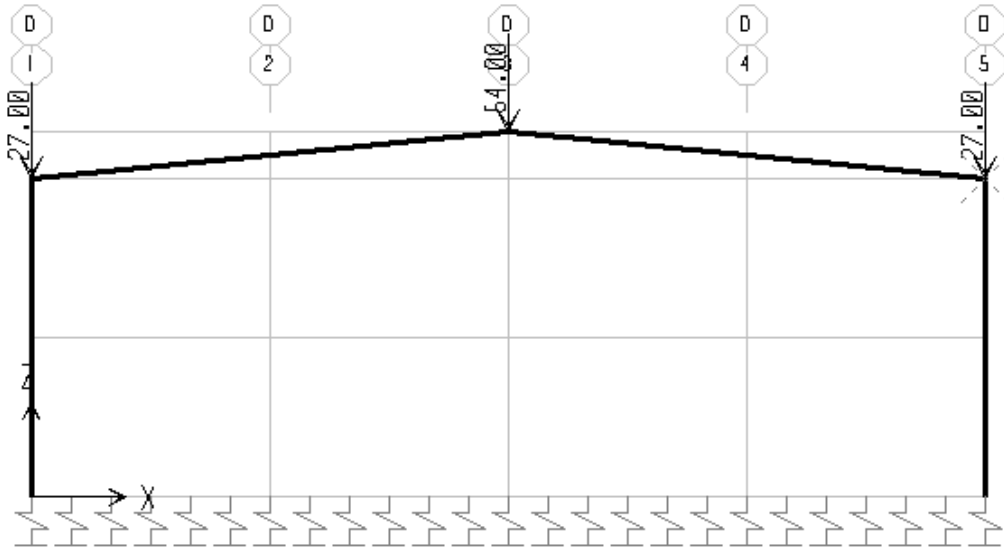
G2=54 kN

$$Q_1 = 27 \text{ kN}$$

$$Q_2 = 54 \text{ kN}$$

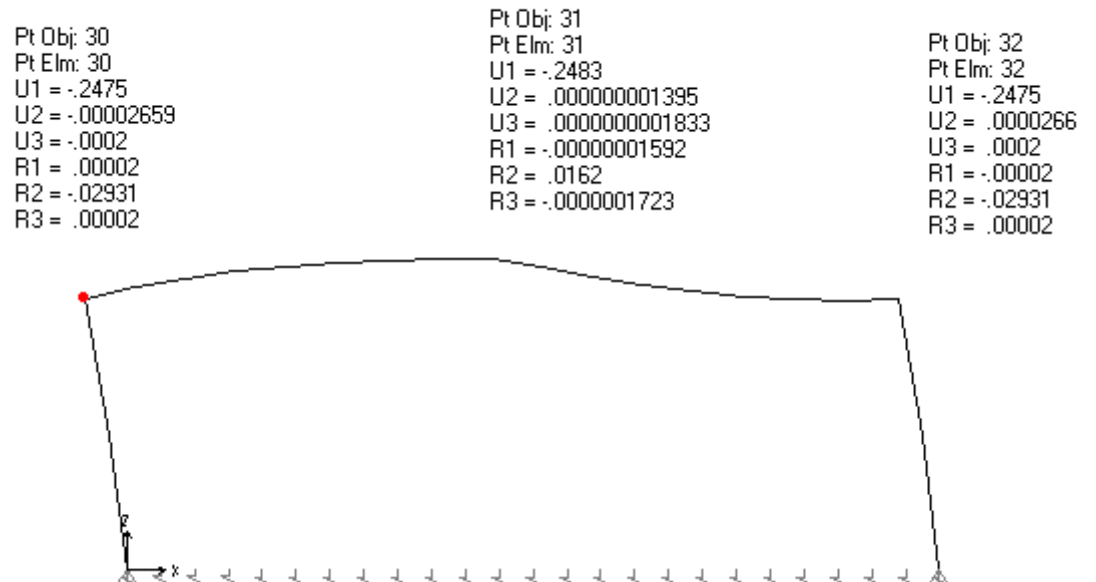


Şekil 9.9 Sabit Yüklerin D aksındaki Çerçeveye Atanması



Şekil 9.10 Hareketli Yüklerin D aksındaki Çerçeveye Atanması

Analysis » Run analysis menüsünden sistem analiz edilerek düşey yükler altında, çerçevede 1. modda oluşan yatay yer değiştirmeler Şekil 9.11’de elde edilir.



Şekil 9.11 D çerçevesinde yatay yer değiştirme değerleri

F_{fi} fiktif kuvvetleri düğüm noktalarının ağırlıkları ve ± 0.00 kotundan yükseklikleri ile orantılı kuvvetlerdir ve aşağıdaki bağıntı ile hesaplanır.

$$F_{fi} = \frac{w_i H_i}{\sum_{j=1}^N w_j H_j} F_0$$

Burada F_0 , seçilen herhangi bir yük katsayısını göstermektedir ve bu örnekte $F_0 = 1000$ kN olarak alınacaktır. Bu şekilde hesaplanan F_{fi} fiktif kuvvetleri Tablo 9.2'nin ikinci kolonunda verilmiştir.

Ön boyutlandırma sonucunda kiriş ve kolon enkesitleri belirlenen çerçeve sistemin F_{fi} fiktif kuvvetleri altında analizi ile elde edilen d_{fix} yatay kat yer değiştirmeleri Tablo 9.2'nin üçüncü kolonunda görülmektedir. Bu büyüklükler denklemde yerlerine konularak (D) aksı çerçevesinin birinci doğal titreşim periyodu hesaplanır. Bu hesaplar, Tablo 9.2 üzerinde gösterilmiştir.

Tablo 9.2 Fiktif Yüklerden Oluşan Kat Yer değiştirmeleri

Düğüm Noktası	F_{fi} (kN)	d_{fix} (m)	m_i	$m_i d_{fix}^2$	$F_{fi} d_{fix}$
1	271.1	0.2475	4.87	0.28	67
2	457.8	0.2483	7.16	0.43	114
3	271.1	0.2475	4.87	0.28	67
Σ	1000.0			0.99	248

Çerçevenin birinci doğal titreşim periyodu

$$T_{1x} = 2\pi \left(\frac{\sum_{i=1}^N m_i d_{fix}^2}{\sum_{i=1}^N F_{fi} d_{fix}} \right)^{1/2} = 2\pi \left(\frac{0.99}{248} \right)^{1/2} = 0.4 \text{ sn olarak bulunur.}$$

Endüstriyel çelik yapının ağırlığını bulmak için sap 2000 programında run analysis yapıp sonra sistem üç boyutlu duruma getirilir. Show deformed shape menüsünden dead konumuna getirilir ve ardından draw menüsünden draw » draw section cut seçilir. Daha sonra ağırlığı bulunmak istenen kısımlar üstte kalacak şekilde sistemde yatay seçim yapılır. Seçimden sonra ekrana gelen tablodan endüstriyel çelik yapının ağırlığı 1677,83 kN olduğu görülecektir.

9.2 Yapının Dinamik Davranışı

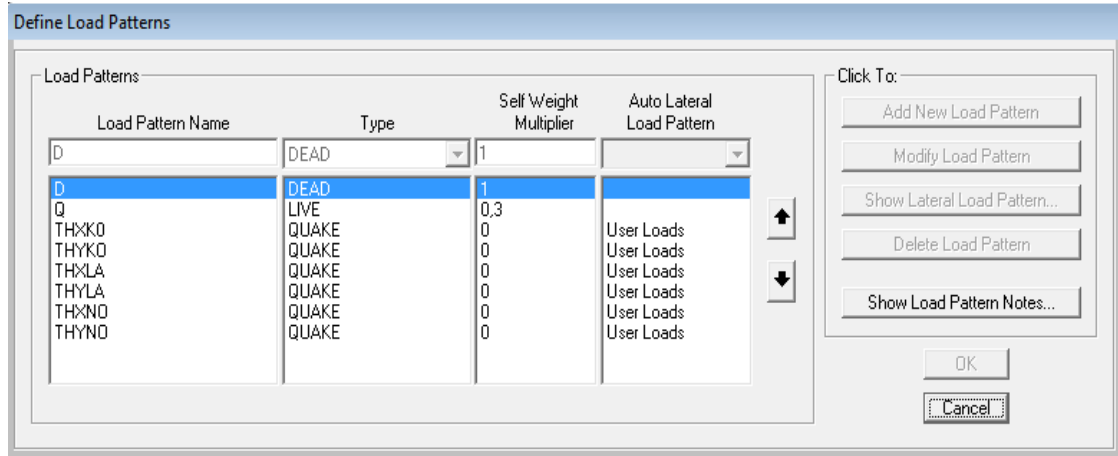
Zemin sınıfımız olan Z3'e uygun üç deprem hareketi; Kocaeli P1096, Landers P0876 ve Northridge P0989 aşağıda Tablo 9.3'ten seçilerek çelik binaya x ve y doğrultularında yüklenir. Bu şekilde deprem yükleriyle süperpoze olmuş yükler altında yapının dinamik davranışını incelenir.

Kullanılacak kayıtlar <http://peer.berkeley.edu/smcat/> internet sayfasından alınmıştır ve ölçeklenmiştir. Deprem kayıtların ölçeklenmesi Z3 sınıfına uygun olarak yapılmıştır. (Fahjan, 2008)

Tablo 9.3 Yerel Zemin Sınıfı Z3 Olan Bölgelerde Kullanılacak Deprem Kayıtları ve Ölçeklendirme Katsayıları

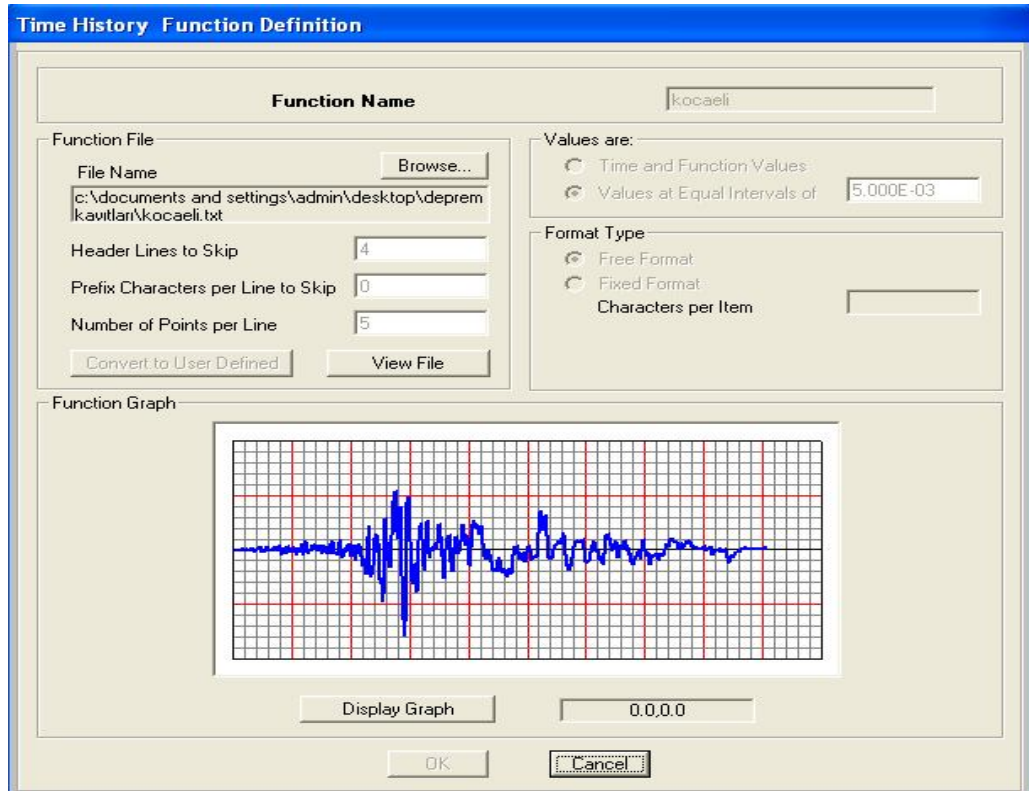
Yerel Zemin Sınıfı : Z3											
Kayıt No	Deprem	Tarih	İstasyon	Kayıt	Fay Kırğına en yakın mesafe	Kayıt Süresi	Anıamlı Süre	Zarf Süre	Faylanma Mekanizması	Ölçekleme Katsayısı (α_d)	Oransal Göreceli Hata (%)
P0164	Taiwan SMART1(45)	14.11.1986	30 SMART1 C01	45C01EW	39.00	44	21.9	31.4	RN	6.60	16.55
P0989	Northridge	17.01.1994	24586 Nennach - Sacatara Ck	NEE090	53.20	48	26.2	35.5	RN	16.92	15.90
P0876	Landers	28.06.1992	23542 San Bernardino-E & Hospitalit	HOS180	80.50	120	38.5	52.2	SS	9.85	12.90
P1096	Kocaeli, Turkey	17.08.1999	Duzce	DZC180	12.70	27.2	11.7	14.7	SS	3.53	21.36
P0012	Imperial Valley	15.10.1979	931 El Centro Array #12	H-E12140	18.20	39.0	19.0	28.7	SS	8.46	16.60
P0778	Loma Prieta	18.10.1989	47179 Salinas - John & Work	SIW160	32.60	39.9	21.4	32.5	RO	13.72	23.33
P0752	Loma Prieta	18.10.1990	1652 Anderson Dam (L Abut)	ADL340	21.40	39	12.7	16.2	RO	14.82	24.02
P0013	Imperial Valley	15.10.1979	6605 Delta	H-DLT262	43.60	99.9	51.0	80.8	SS	4.46	23.14
P0967	Northridge	17.01.1994	24612 LA - Fico & Sextons	FIC090	32.70	40	20.2	28.2	RN	11.16	27.64
P0105	Taiwan SMART1(45)	14.11.1986	62 SMART1 D01	45D01NS	39.00	44	21.6	30.7	RN	5.97	24.45

Define » Load Patterns menüsünden Kocaeli, Landers ve Northridge için THX ve THY olmak üzere deprem yükleri tanımlanır (Şekil 9.12).



Şekil 9.12 Deprem Yüklerinin Tanımlanması

Function »Time History menüsünden Kocaeli, Landers ve Northridge için depremler tanımlanır. Kocaeli depremi Şekil 9.13'teki gibi tanımlanır.



Şekil 9.13 Kocaeli Depreminin Atanması

Depremeler tanımladıktan sonra Define » Load case menüsünde depremleri ve deprem yüklerin THX ve THY için atanır (Şekil 9.14).

Load Case Data - Linear Modal History

Load Case Name: THX [Set Def Name] Notes: [Modify/Show...]

Load Case Type: Time History [Design...]

Initial Conditions:

- ☒ Zero Initial Conditions - Start from Unstressed State
- ☐ Continue from State at End of Modal History []

 Important Note: Loads from this previous case are included in the current case

Modal Load Case: Use Modes from Case [MODAL]

Loads Applied:

Load Type	Load Name	Function	Scale Factor
Accel	U1	kocaeli	13.85
Accel	U1	kocaeli	13.85

[Add] [Modify] [Delete]

☐ Show Advanced Load Parameters

Time Step Data:

- Number of Output Time Steps: 100
- Output Time Step Size: 0.1

Other Parameters:

- Modal Damping: Constant at 0.05 [Modify/Show...]

[OK] [Cancel]

Şekil 9.14 Kocaeli Depreminin Atanması

Scale factor kutusundaki değer $0.4 \cdot g$ ölçeklendirme kat sayısıdır. Ölçeklendirme katsayısı Tablo 9.3 deki 11. sütundan alınır.

Kocaeli, Landers ve Northridge depremleri tanımlanıp aktarıldıktan sonra Define» load combinations menüsünden

Kocaeli depremi için $G+Q+THX$ ve $G+Q+THY$

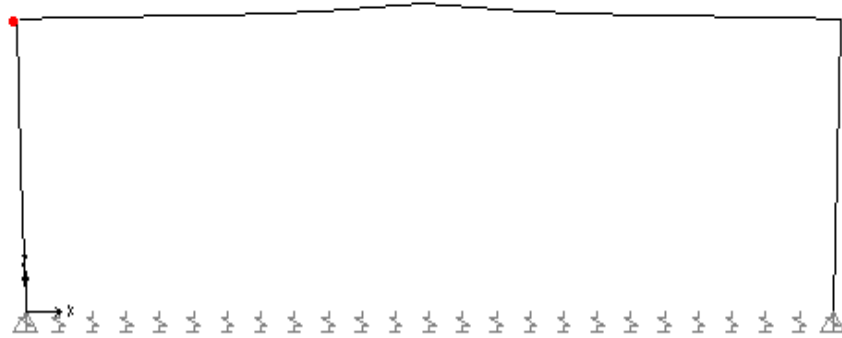
Landers depremi için $G+Q+THXLA$ ve $G+Q+THYLA$

Northridge depremi için $G+Q+THXNO$ ve $G+Q+THYNO$

Şeklinde yükleme süperpozisyonları tanımlanıp bu kombinasyon yükleri durumunda yapıda oluşan çatı yer değiştirme ve kesme kuvvet değerleri bulunur.

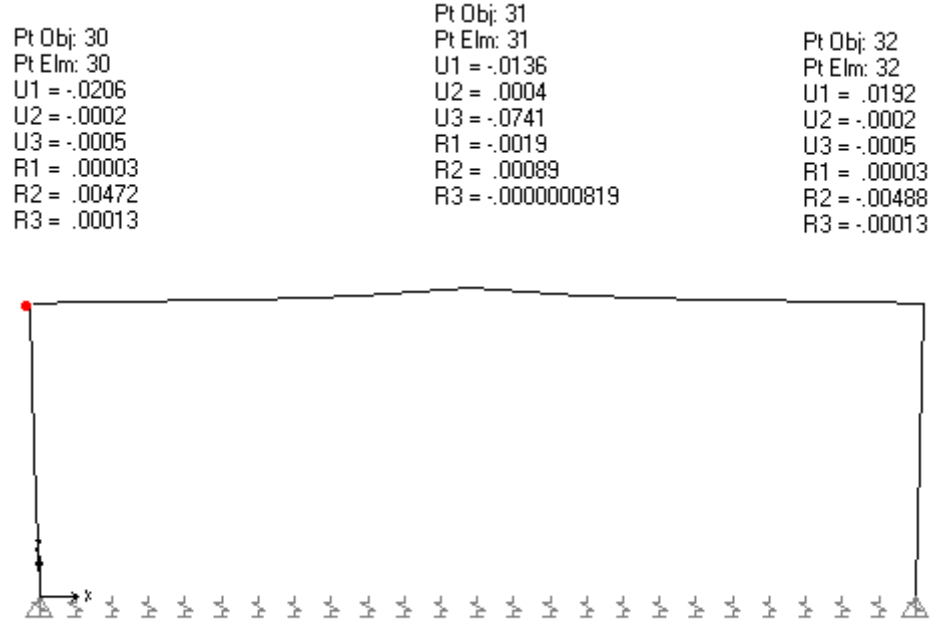
Kocaeli P1096 depremi uygulandığında D çerçevesi çatı yer değıştirme değeri (Şekil 9.15).

Pt Obj: 30	Pt Obj: 31	Pt Obj: 32
Pt Elm: 30	Pt Elm: 31	Pt Elm: 32
U1 = -.0222	U1 = -.0152	U1 = .0217
U2 = -.0002	U2 = .0004	U2 = -.0002
U3 = -.0005	U3 = -.0741	U3 = -.0005
R1 = .00003	R1 = -.0019	R1 = .00003
R2 = .00502	R2 = .001	R2 = -.00507
R3 = .00013	R3 = .00000007239	R3 = -.00013



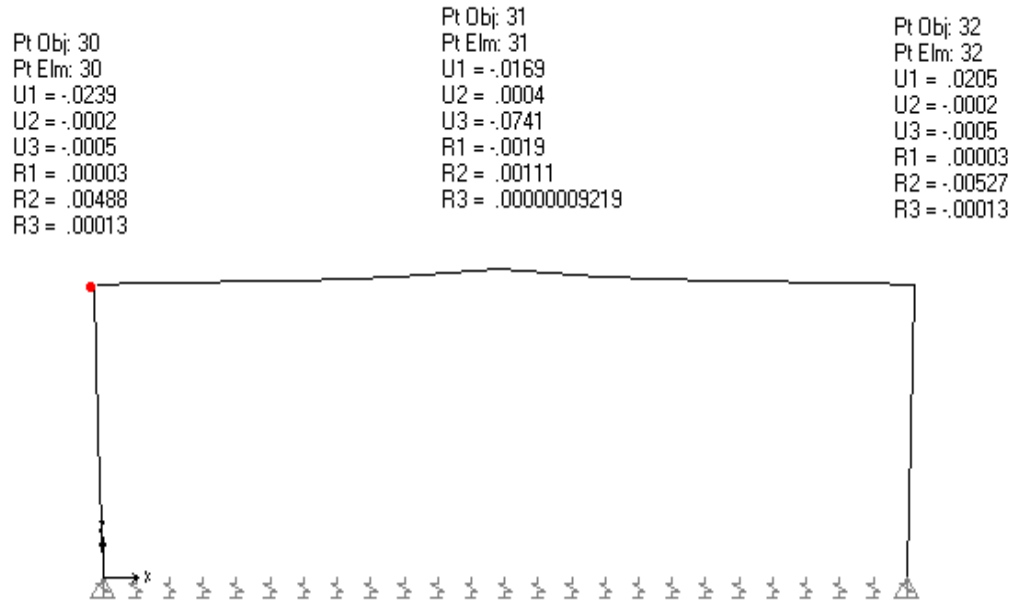
Şekil 9.15 Çerçevesi Çatı Yer Değıştirme Değeri (Kocaeli Depremi).

Landers P0876 depremi uygulandığında D çerçevesi çatı yer değıştirme değeri (Şekil 9.16).



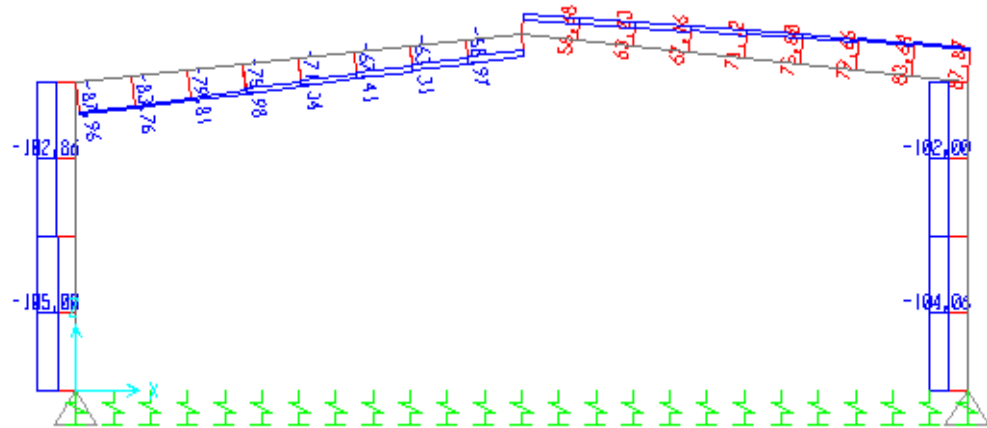
Şekil 9.16 D Çerçevesi Çatı Yer Değiştirme Değerleri (Landers Depremi).

Northridge P0989 depremi uygulandığında D çerçevesi çatı yer değiştirme değerleri(Şekil.9.17).



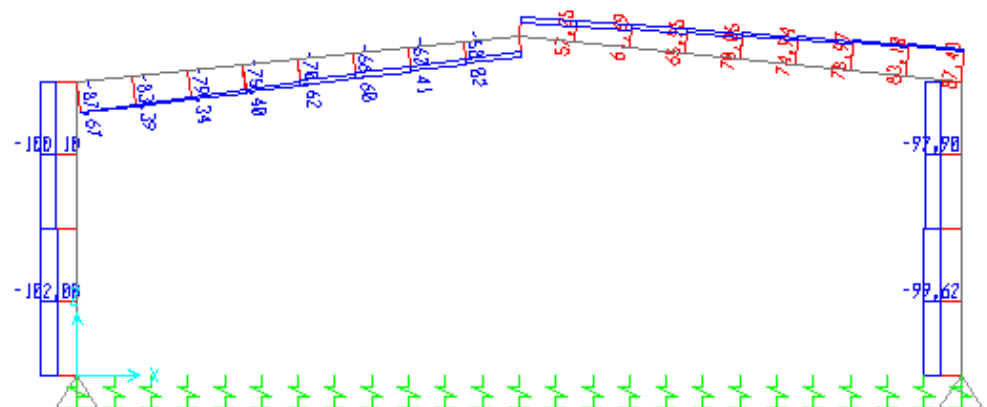
Şekil 9.17 D Çerçevesi Çatı Yer Değiştirme Değerleri (Northridge Depremi).

Kocaeli P1096 depremi uygulandığında D çerçevesinde oluşan kesme kuvveti diagramı (Şekil 9.18).



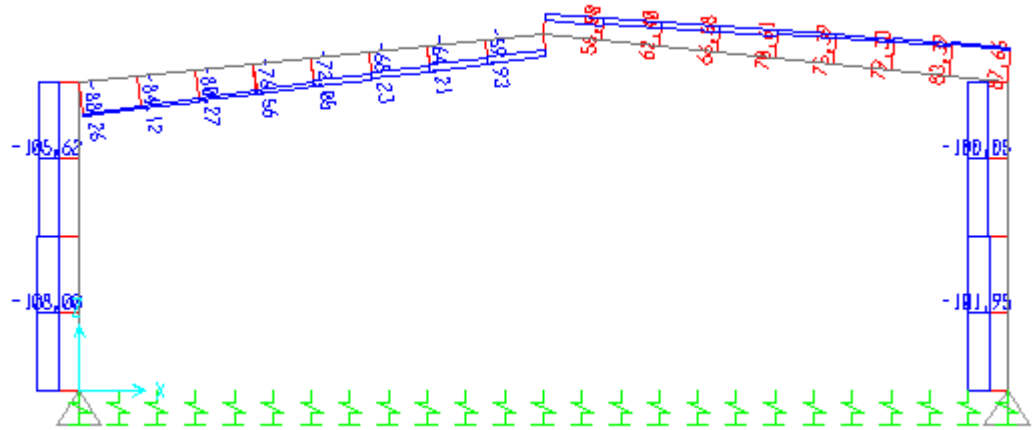
Şekil 9.18 D çerçevesi Kesme Kuvveti Diagramı (Kocaeli depremi)

Landers P0876 depremi uygulandığında D çerçevesinde oluşan kesme kuvveti diyagramı (Şekil 9.19).



Şekil 9.19 D çerçevesinde kesme kuvveti diyagramı (Landers depremi)

Northridge P0989 depremi uygulandığında D çerçevesinde oluşan kesme kuvveti diyagramı (Şekil 9.20).



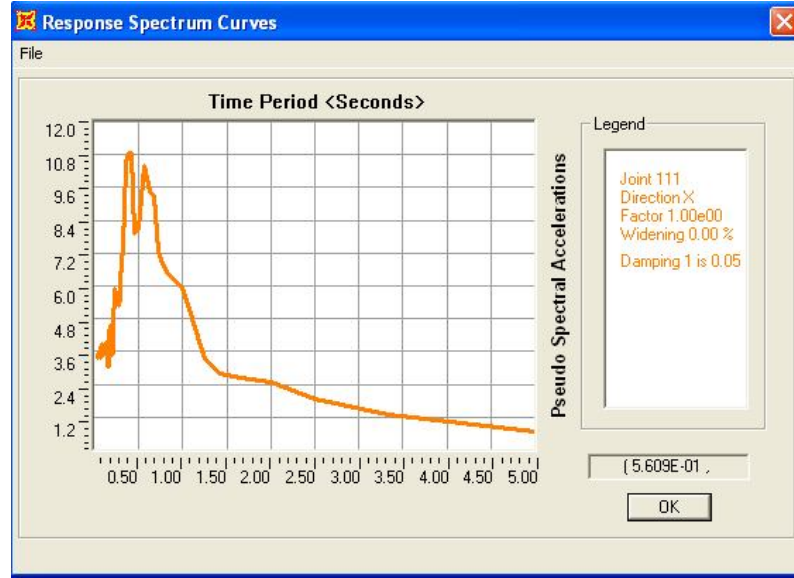
Şekil 9.20 D çerçevesinde kesme kuvveti diyagramı (Northridge depremi)

9.2.1 Deprem ve Tasarım Spektrumlarının Oluşturulması

Zemin sınıfı Z3 olan Kocaeli, Landers ve Northridge depremlerinin oluşturduğu spektrumlarla Z3 sınıfının tasarım spektrumunu aynı grafikte gösterilecektir.

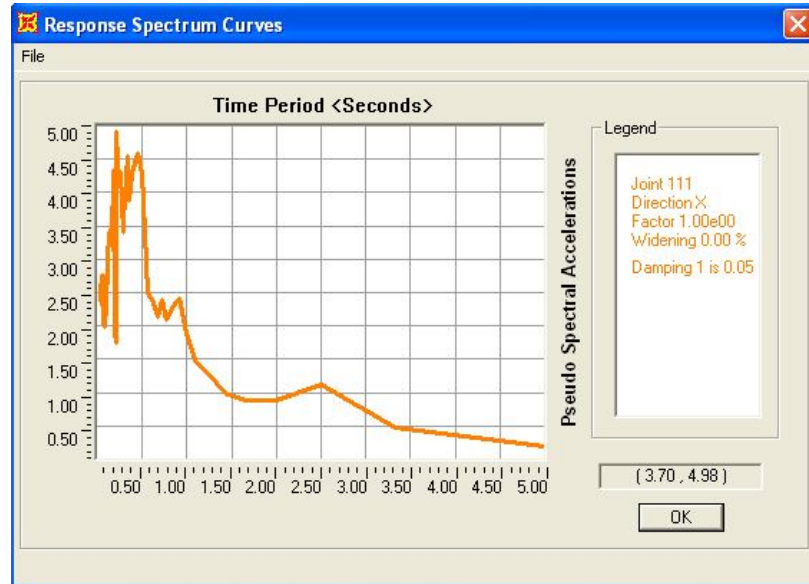
Sap2000 programında Display » Show Response Spectrum Curves menüsünden depremler seçilerek spektrumlar elde edilir.

Kocaeli depreminin spektrumu Şekil 9.21'deki gibi elde edilir.



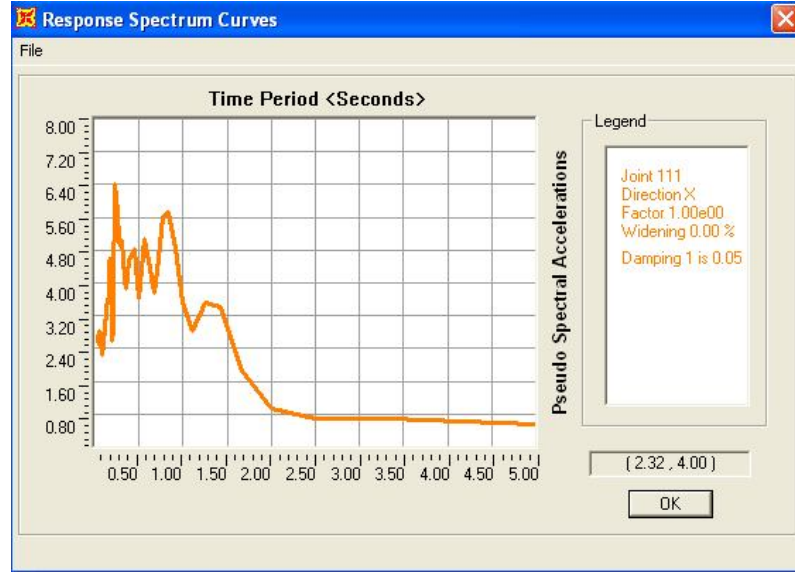
Şekil 9.21 Kocaeli Depreminin Oluşturduğu Spektrum

Landers depreminin spektrumu Şekil 9.22'deki gibi elde edilir.



Şekil 9.22 Landers Depreminin Oluşturduğu Spektrum

Northridge depreminin spektrumu Şekil 9.23'deki gibi elde edilir.

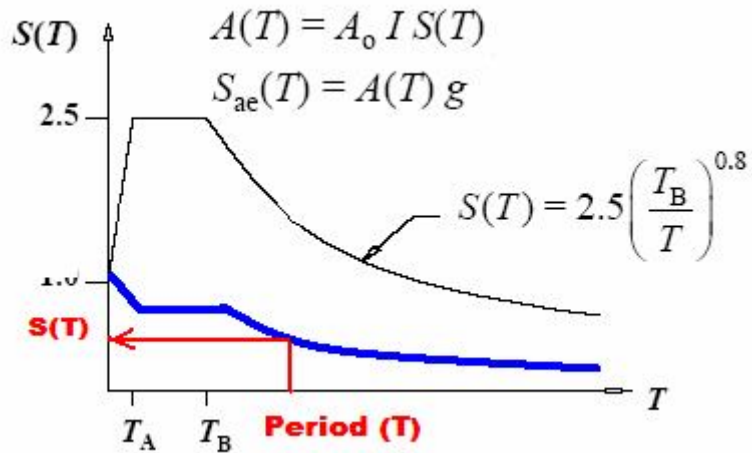


Şekil 9.23 Northridge Depreminin Oluşturduğu Spektrum

Sap2000’de elde edilen veriler Excel programına aktarılarak, Tablo 9.4 elde edilir. Z3 zemin sınıfına ait tasarım spektrumunda yönetmeliklerde belirtilen değerler alınarak çizilir (Şekil 9.24).

Spektrum karakteristik periyotları $T_A = 0.15$ sn $T_B = 0.60$ sn

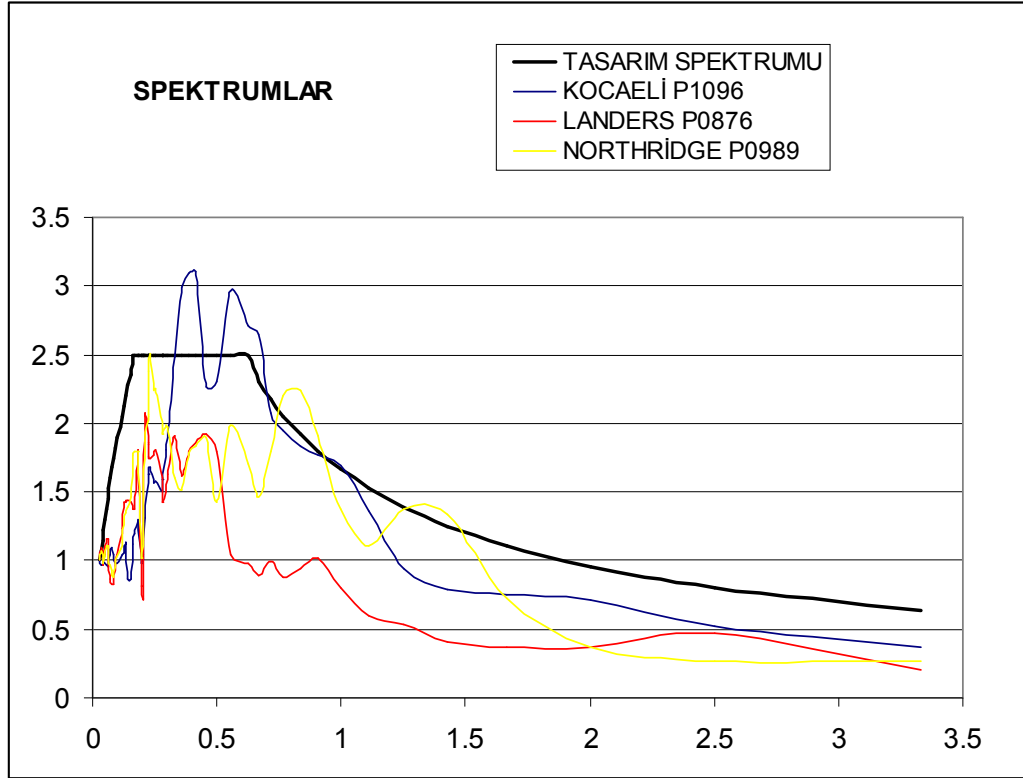
Elde edilen eğriler aynı grafik düzleminde gösterilerek karşılaştırılır (Şekil 9.25)



Şekil 9.24 Tasarım Spektrumu

Tablo 9.4 Deprem Spektrumları ve Tasarım Spektrum Verileri

SPECTRUM DATA				
damping	0.05			
Pseudo Spectral Accelerations vs Time Period <Seconds>				
	Kocaeli	Landers	Northridge	tasarım spek
0.0303	1.00E+00	1	1	1
0.0357	9.66E-01	1.096501507	1.067144592	1.075
0.04	9.86E-01	1.028916974	1.022407647	1.15
0.0455	1.01E+00	0.964345497	0.974458417	1.225
0.05	9.83E-01	1.047623033	1.032475418	1.3
0.0556	9.68E-01	1.154377302	1.108355859	1.375
0.0606	9.56E-01	1.156971878	1.099659184	1.45
0.0667	9.83E-01	1.001799464	1.011752262	1.525
0.0714	1.04E+00	0.866672246	0.963215419	1.6
0.0769	1.10E+00	0.833235688	0.928663768	1.675
0.0833	1.04E+00	0.83361232	0.882829945	1.75
0.0909	9.83E-01	0.960955809	0.978767579	1.825
0.1	9.82E-01	1.047539337	1.032083676	1.9
0.1111	1.02E+00	1.153289253	1.08751518	1.975
0.1176	1.05E+00	1.238910278	1.138755044	2.05
0.125	1.06E+00	1.425510546	1.293767384	2.125
0.1333	1.12E+00	1.427979578	1.34559486	2.2
0.1429	8.69E-01	1.435386676	1.384142281	2.275
0.1538	8.64E-01	1.425385002	1.458220707	2.35
0.1629	1.12E+00	1.369057583	1.775296745	2.5
0.1667	1.19E+00	1.368304319	1.788537627	2.5
0.1816	1.30E+00	1.799757282	1.800094018	2.5
0.1818	1.29E+00	1.810428524	1.790731382	2.5
0.2	9.83E-01	0.81030298	1.014611979	2.5
0.2	9.83E-01	0.809298627	1.015865554	2.5
0.2012	1.00E+00	0.730164044	1.110627963	2.5
0.2038	1.04E+00	1.144166388	1.271242214	2.5
0.2128	1.31E+00	2.05356545	1.869118972	2.5
0.2216	1.62E+00	1.859892869	2.0457163	2.5
0.2219	1.63E+00	1.850937395	2.062051945	2.5
0.2273	1.67E+00	1.755231001	2.378344498	2.5
0.2296	1.69E+00	1.743136927	2.505974067	2.5
0.2485	1.57E+00	1.770128892	2.238884319	2.5
0.25	1.58E+00	1.806662203	2.248403651	2.5
0.2778	1.50E+00	1.602025444	1.989187919	2.5
0.2834	1.59E+00	1.428900234	1.922474243	2.5
0.2835	1.59E+00	1.427979578	1.922082501	2.5
0.2931	1.81E+00	1.502971209	1.990402319	2.5
0.303	1.89E+00	1.630984265	1.975907862	2.5
0.3333	2.48E+00	1.903498493	1.608963059	2.5
0.3571	2.99E+00	1.622321727	1.518548987	2.5
0.3846	3.10E+00	1.795949113	1.785325342	2.5
0.4167	3.10E+00	1.856628724	1.831080816	2.5
0.4545	2.26E+00	1.919442585	1.89740275	2.5
0.5	2.31E+00	1.799171409	1.423434011	2.5
0.5556	2.96E+00	1.044693673	1.98221491	2.5
0.625	2.71E+00	0.978741212	1.704508951	2.5
0.6667	2.65E+00	0.890316371	1.469816273	2.297823385
0.7143	2.07E+00	0.998828256	1.792650919	2.174485364
0.7692	1.94E+00	0.873995648	2.206487249	2.04941348
0.8333	1.83E+00	0.944886173	2.241861558	1.922294412
0.9091	1.77E+00	1.013349515	1.909115838	1.792964467
1	1.70E+00	0.796953465	1.37380029	1.661349515
1.1111	1.37E+00	0.602485772	1.108238336	1.527068402
1.25	9.43E-01	0.533938735	1.373604419	1.389738211
1.4286	7.90E-01	0.411520757	1.341442394	1.24891388
1.6667	7.50E-01	0.368304319	0.730442277	1.10401522
2	7.08E-01	0.3734307	0.36688996	0.954194727
2.5	5.24E-01	0.465517241	0.27097583	0.798194998
3.3333	3.71E-01	0.197631403	0.26886434	0.634105452



Şekil 9.25 Kocaeli, Landers, Northridge Deprem Spektrumu ve Tasarım Spektrumu

9.3 Kazık Temel Seçiminin Yapının Dinamik Davranışına Etkisi

Define » material menüsünden kazık temeli oluşturacak malzeme tanımlanır.(Şekil 9.26)

Material Property Data

General Data

Material Name and Display Color: C30 ■

Material Type: Concrete

Material Notes: [Modify/Show Notes...](#)

Weight and Mass

Weight per Unit Volume: 23,5631

Mass per Unit Volume: 2,4028

Units

KN, m, C

Isotropic Property Data

Modulus of Elasticity, E: 30000000

Poisson's Ratio, U: 0,2

Coefficient of Thermal Expansion, A: 9,900E-06

Shear Modulus, G: 12500000

Other Properties for Concrete Materials

Specified Concrete Compressive Strength, f'c: 30000

☐ Lightweight Concrete

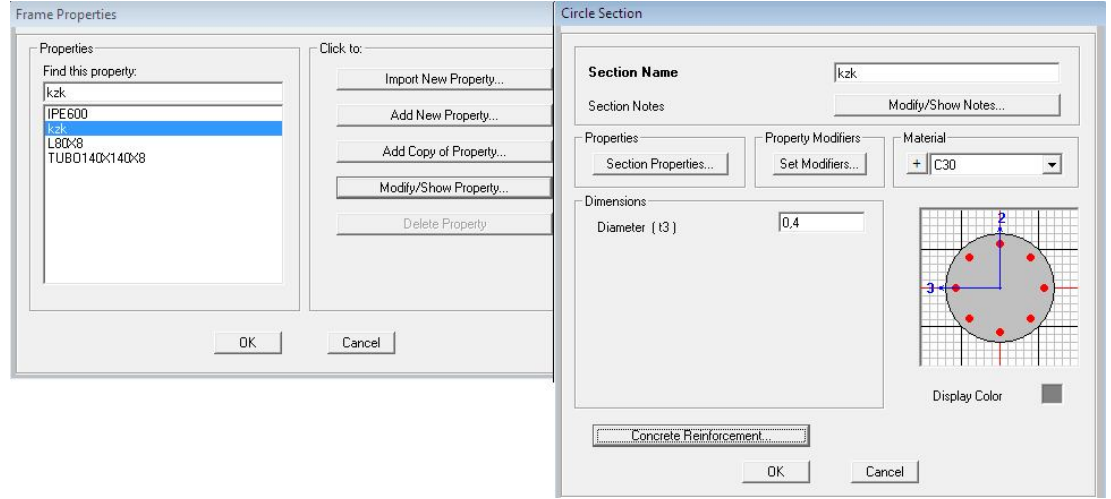
Shear Strength Reduction Factor:

☐ Switch To Advanced Property Display

OK Cancel

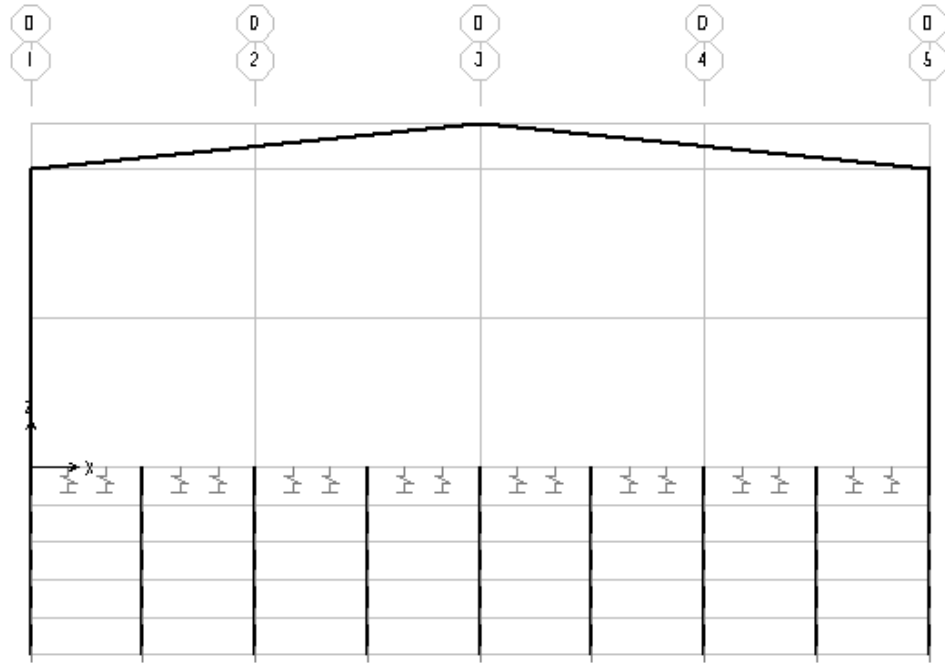
Şekil 9.26 Kazık Temeli oluşturan malzemenin seçilmesi

Define » section properties » frame sectiondan 0,40 metre yarıçapında kazık temel kesiti tanımlanır.(Şekil 9.27)

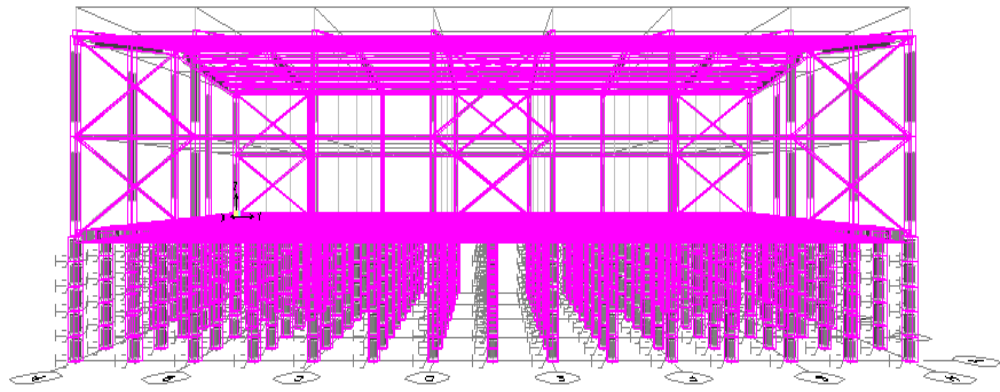


Şekil 9.27 Kazık Temel Kesitinin Tanımlanması

Kazık temel yerleştirilecek kısımdaki yayları silinip, kazık temelleri çelik yapının dinamik davranışını göz önüne alarak radye temelin altına 6 m aralıklarla her iki tarafa doğru ve 20 m uzunluğunda olacak şekilde tasarlanır. (Şekil 9.28)



Şekil 9.28 Kazık Temellerin Çelik Yapının D Aksı Kesitinde Radye Temel Altına Yerleştirilmesi



Şekil 9.29 Kazık Temellerin Endüstriyel Çelik Bina'nın Radye Temel Altına Yerleştirilmesi

9.3.1 Kazık Temel Çevresi ve Kazık Temel Ucu Eksenel Yük Aktarımını Temsil Eden Doğrusal Olmayan Zemin Yayı

Define » section properties » link support properties menüsünden Şekil 9.30'de Q-z ve Şekil 9.31'de t-y yaylar tanımlanır.

The image shows two overlapping dialog boxes from a software application. The top dialog is titled "Link/Support Properties" and contains a list of properties with "QZ" selected. The bottom dialog is titled "Link/Support Property Data" and contains various input fields and checkboxes for defining the property.

Link/Support Properties Dialog:

- Properties:** A list box containing "QZ" and "TY". "QZ" is selected.
- Click to:**
 - Add New Property...
 - Modify/Show Property...
 - Delete Property
- Buttons:** OK, Cancel

Link/Support Property Data Dialog:

- Link/Support Type:** Plastic (Wen)
- Property Name:** QZ
- Property Notes:**
- Total Mass and Weight:**
 - Mass: 0.
 - Weight: 0.
 - Rotational Inertia 1: 0.
 - Rotational Inertia 2: 0.
 - Rotational Inertia 3: 0.
- Factors For Line, Area and Solid Springs:**
 - Property is Defined for This Length In a Line Spring: 1.
 - Property is Defined for This Area In Area and Solid Springs: 1,000E-04
- Directional Properties:**

Direction	Fixed	NonLinear	Properties
☐ U1	☐	☐	Modify/Show for U1...
☐ U2	☐	☐	Modify/Show for U2...
☒ U3	☐	☒	Modify/Show for U3...
☐ R1	☐	☐	Modify/Show for R1...
☐ R2	☐	☐	Modify/Show for R2...
☐ R3	☐	☐	Modify/Show for R3...
- P-Delta Parameters:**
 - Advanced...
- Buttons:** Fix All, Clear All, OK, Cancel

Şekil 9.30 Q-z yayının tanımlanması

Q-z kazık ucundaki yük aktarımını temsil eden zemin yayının rijitliği 8290 kN/m olarak kaydedilir. Ardından aynı işlem t-y içinde yapıp rijitliği 209444 kN/m olarak alınır.

Link/Support Property Data

Link/Support Type: Plastic (Wen)

Property Name: TY

Property Notes:

Set Default Name

Modify/Show...

Total Mass and Weight

Mass: 0.

Weight: 0.

Rotational Inertia 1: 0.

Rotational Inertia 2: 0.

Rotational Inertia 3: 0.

Factors For Line, Area and Solid Springs

Property is Defined for This Length In a Line Spring: 1.

Property is Defined for This Area In Area and Solid Springs: 1.000E-04

Directional Properties

Direction	Fixed	NonLinear	Properties
☒ U1	☐	☒	Modify/Show for U1...
☒ U2	☐	☒	Modify/Show for U2...
☒ U3	☐	☒	Modify/Show for U3...
☐ R1	☐	☐	Modify/Show for R1...
☐ R2	☐	☐	Modify/Show for R2...
☐ R3	☐	☐	Modify/Show for R3...

Fix All

Clear All

P-Delta Parameters

Advanced...

OK

Cancel

Şekil 9.31 t-y yayının tanımlanması

Draw» draw 1 joint link menüsünden Şekil 9.32 ve Şekil 9.33 deki gibi yaylar atanır.

Assign Frame Releases

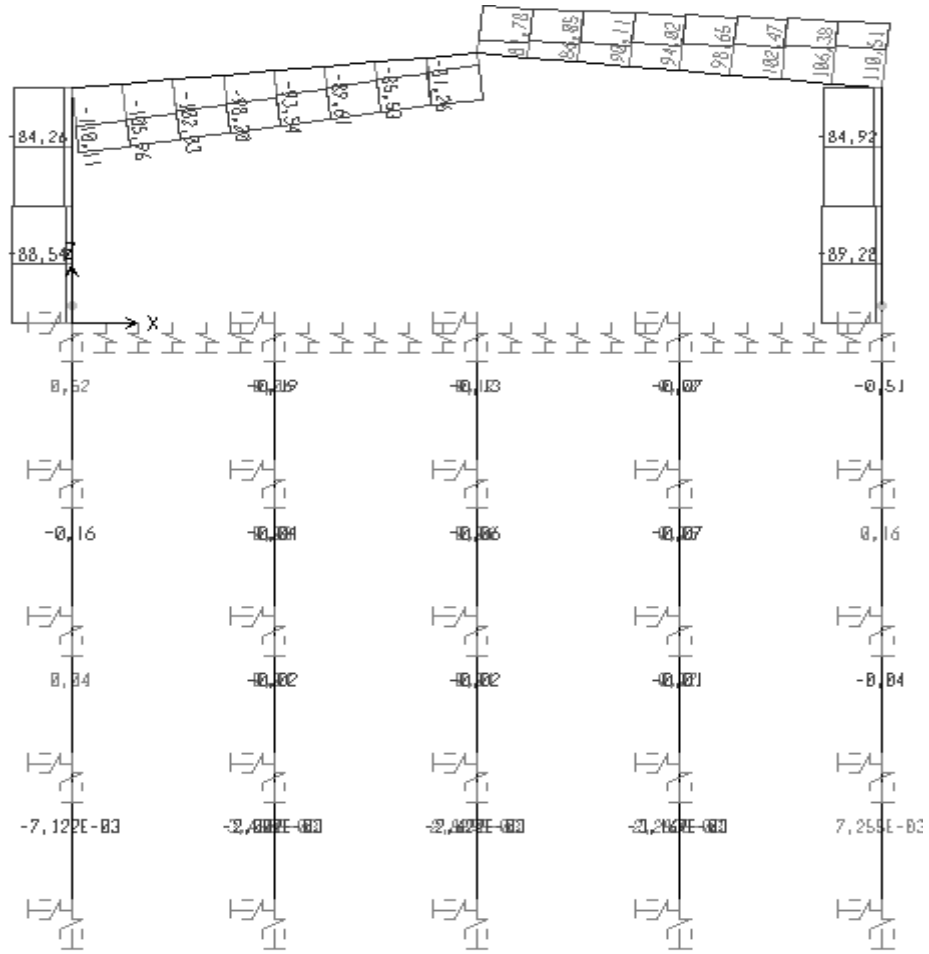
Frame Releases	Release		Frame Partial Fixity Springs	
	Start	End	Start	End
Axial Load	☐	☐		
Shear Force 2 (Major)	☐	☐		
Shear Force 3 (Minor)	☐	☐		
Torsion	☐	☐		
Moment 22 (Minor)	☐	☒		0
Moment 33 (Major)	☐	☒		0

☐ No Releases

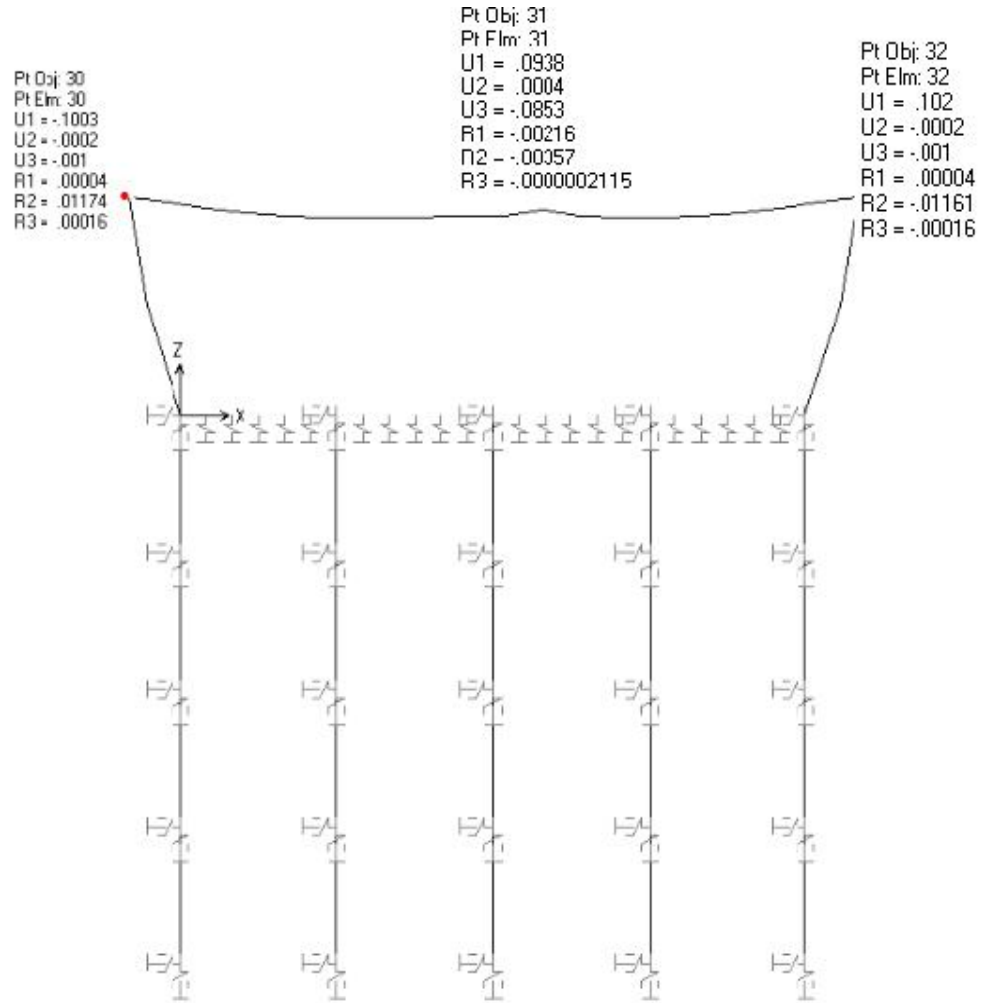
Units:

Şekil 9.34 Kolon uçlarına releases yapılması

Sistemimizi analiz ettikten sonra endüstriyel çelik yapının periyodu $T=0,6$ olduğu görülür. Kazık temel ataması ardından superpoze edilmiş yükler altında yapının deplasman ve taban kesme kuvvetlerini elde edilir. Kocaeli P1096 depremi uygulandığında D çerçevesinde Şekil 9.35 deki oluşan kesme kuvveti ve Şekil 9.36 da deplasmanlar elde edilir.

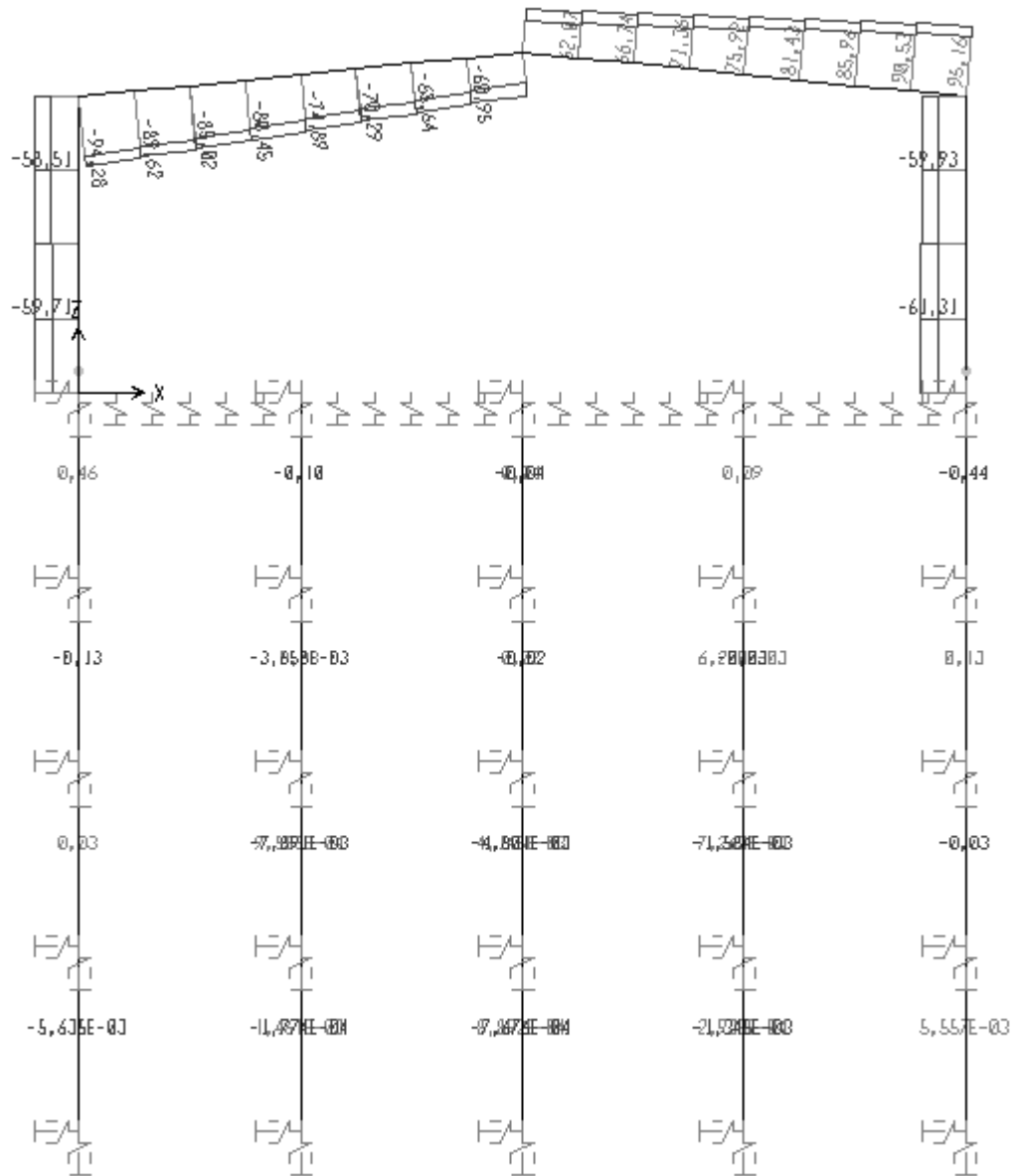


Şekil 9.35 Kocaeli depreminin D çerçevesinde oluşturduğu kesme kuvveti

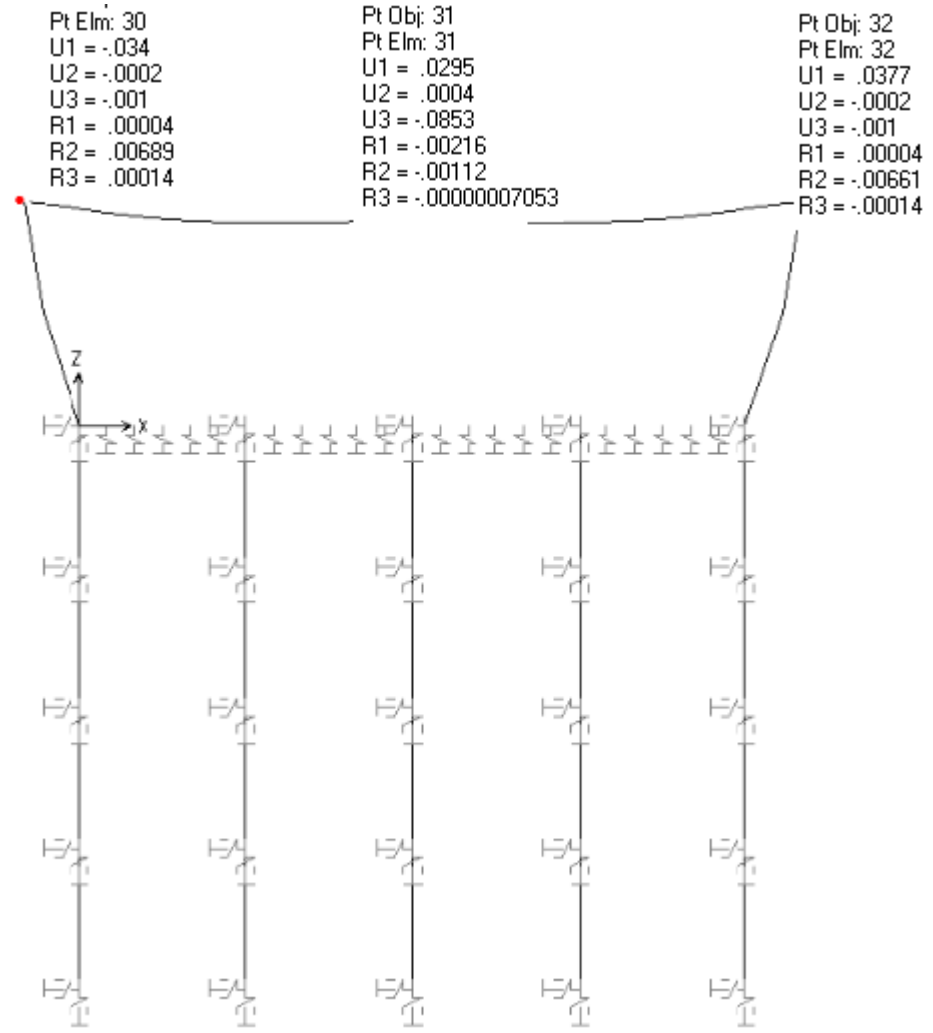


Şekil 9.36 Kocaeli depreminin D çerçevesinde oluşturduğu deplasman değerleri

Landers depremi uygulandığında D çerçevesinde ve Şekil 9.37’de oluşan kesme kuvveti ve Şekil 9.38’da deplasmanlar elde edilir.

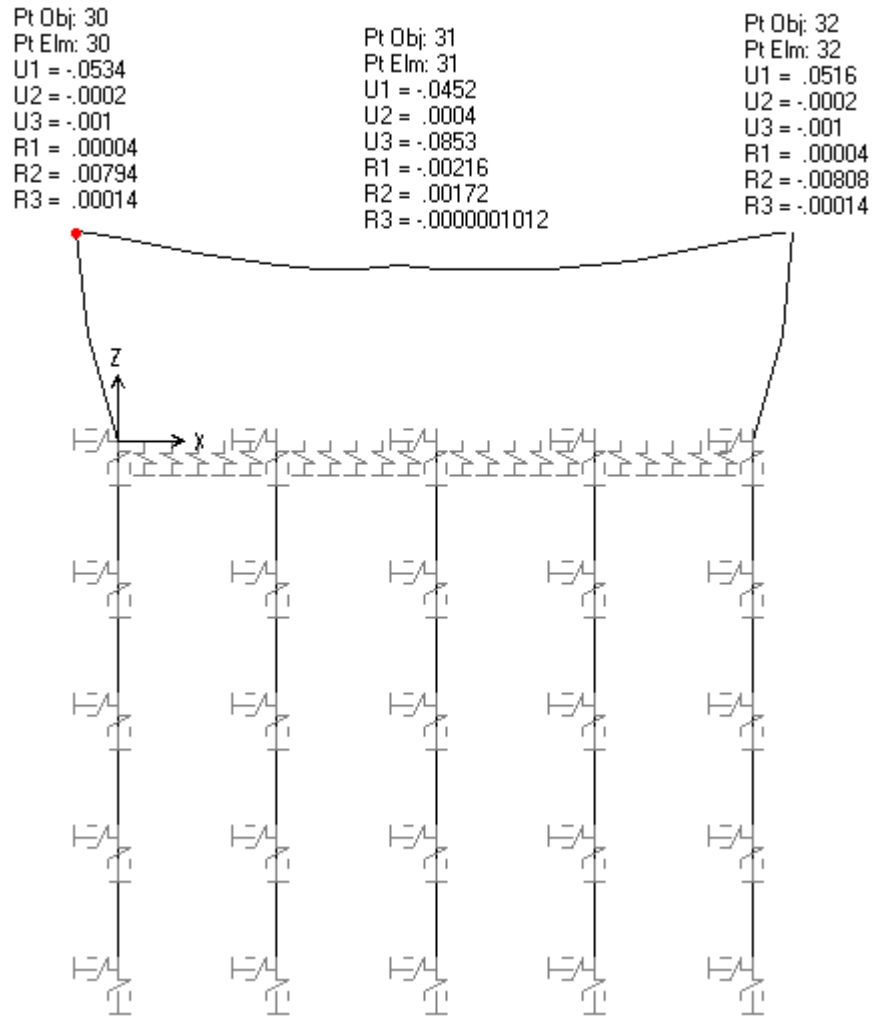


Şekil 9.37 Landers depreminin D çerçevesinde oluşturduğu kesme kuvveti



Şekil 9.38 Landers depreminin D çerçevesinde oluşturduğu deplasman değerleri

Northridge depremi uygulandığında D çerçevesinde Şekil 9.39’de oluşan taban kesme kuvveti ve Şekil 9.40’da deplasmanlar elde edilir.



Şekil 9.40 Northridge depreminin D çerçevesinde oluşturduğu deplasman değerleri

9.4 Analiz Sonuçlarının Değerlendirilmesi

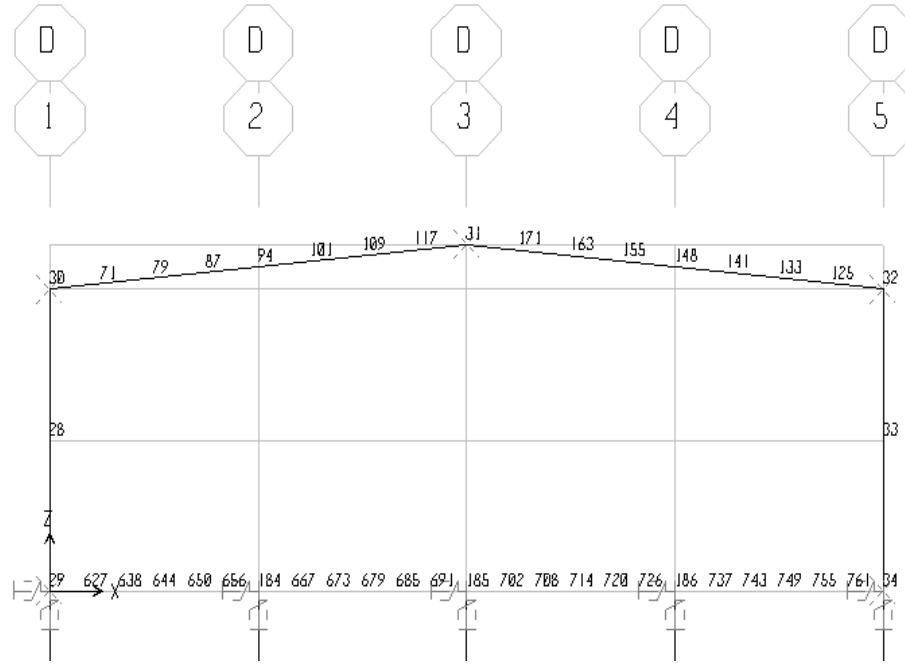
Kazık temelsiz ve kazık temelli modellediğimiz endüstriyel çelik binanın Kocaeli, Landers ve Northridge depremleri altında dinamik davranışı karşılaştırılmış ve sonuçlar Tablo 9.5 ve Tablo 9.6’da verilmiştir. Şekil 9.5’de düğüm noktası numaraları gösterilmiştir.

Tablo 9.5 Endüstriyel Çelik Binanın Kazık Temelsiz ve Kazık Temelli Çatı Deplasman Değerleri (cm)

Düğüm noktaları	Kazık Temelsiz Kocaeli Depremi x yönü (cm)	Kazık Temelsiz Landers Depremi x yönü (cm)	Kazık Temelsiz Northridge Depremi x yönü (cm)	Kazık Temelli Kocaeli Depremi x yönü (cm)	Kazık Temelli Landers Depremi x yönü (cm)	Kazık Temelli Northridge Depremi x yönü (cm)
30	-2,22	-2,06	-2,39	-10,03	-3,40	-5,34
31	-1,52	-1,36	-1,69	9,38	2,95	-4,52
32	2,17	1,92	2,05	10,20	3,77	5,16

Tablo 9.6 Endüstriyel Çelik Binanın Kazık Temelsiz ve Kazık Temelli Taban Kesme Kuvvetleri (kN)

Düğüm noktaları	Kazık Temelsiz Kocaeli Depremi (kN)	Kazık Temelsiz Landers Depremi (kN)	Kazık Temelsiz Northridge Depremi (kN)	Kazık Temelli Kocaeli Depremi (kN)	Kazık Temelli Landers Depremi (kN)	Kazık Temelli Northridge Depremi (kN)
29	-105,00	-102,00	-108,00	-88,54	-59,71	-68,14
30	-102,86	-100,10	-105,62	-84,26	-58,51	-66,06
30	-87,96	-87,67	-88,62	-110,11	-94,28	-98,91
31	-58,97	-58,02	-59,93	-81,26	-68,95	-66,88
31	58,68	57,25	58,00	81,78	62,07	66,35
32	87,87	87,43	87,66	110,51	95,16	98,63
32	-102,00	-97,90	-100,05	-84,92	-59,93	-66,35
34	-104,06	-99,62	-101,95	-89,28	-61,31	-67,37



10 SONUÇLAR ve ÖNERİLER

Endüstriyel yapıların tasarımında ve projelendirilmesinde genellikle yapı tabana ankastre olarak kabul edilir ve kazık ve yapının birlikte davranışı göz önüne alınmaz. Bu çalışmada, kazık temellerin endüstriyel çelik binaların dinamik davranışı üzerine olan etkisi araştırmak amacıyla killi zeminde radye temel üzerine inşa edilmesi planlanan çelik bir endüstriyel yapı seçilerek dinamik zaman geçmişi analizleri yapılmıştır. Dinamik zaman geçmişi analizleri seçilen üç deprem yer hareketi kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Bu çalışmadan elde edilen sonuçlar ve öneriler aşağıdaki sunulmuştur:

1. Kazık temel uygulaması pahalı bir yöntem ancak zeminin uygun olmayan durumlarında kalıcı ve kesin bir yöntem olarak kabul edilmiştir. Kazık temel uygulaması taş kolonlara göre uygulaması daha pahalı bir yöntemdir.
2. Kazık temel uygulamasında yapıda deplasman artmış ama buna karşılık taban kesme kuvvetleri önemli ölçüde azalmıştır.
3. Bu çalışmada Kocaeli, Landers ve Northridge deprem hareketleri kullanılmıştır. Daha fazla, farklı özellikte ve farklı seviyede deprem hareketleri kullanılarak kazık temellerin endüstri yapılarının dinamik davranışlarına etkisi incelenebilir.
4. 1677,83 kN ağırlığında olan endüstriyel çelik yapının kazık temel uygulamasında binanın birinci doğal titreşim periyodunda %50 oranında artmıştır.
5. Kocaeli deprem hareketi uygulanan kazık temelli yapıda deplasman değerlerinde 4,5 – 4,7 kat arasında artma ve kolon kesme kuvvetlerinde %14 - %16'lık bir azalma oluşmuştur. Landers deprem hareketi uygulanan kazık temelli yapıda yer değiştirme değerlerinde 1,65 – 1,96 kat artma ve

kolon kesme kuvvetlerinde %38 - %41'lik bir azalma oluşmuştur. Northridge deprem hareketi uygulanan kazık temelli yapıda yer değiştirme değerlerinde 2,23 – 2,52 kat artma ve kolon kesme kuvvetlerinde %34 - %37lik bir azalma oluşmuştur.

KAYNAKLAR DİZİNİ

1. DBYBHY2007 Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik
2. Yasin M. FAHJAN, İMO Teknik Dergi, 2008, Türkiye Deprem Yönetmeliği (DBYBHY, 2007) Tasarım İvme Spektrumuna Uygun Gerçek Deprem Kayıtlarının Seçilmesi ve Ölçeklenmesi
3. TS 500, Betonarme Yapıların Tasarımı ve Yapım Kuralları 1. Baskı Şubat 2000, s.49
4. <http://www.yapimerkezi.org/Tekil-Temeller.html>
5. <http://sozluk.insaatbolumu.com/terimler/tekil-temel-nedir/>
6. <http://www.yapimerkezi.org/Surekli-Temeller.html>
7. <http://sozluk.insaatbolumu.com/terimler/surekli-temel-nedir/>
8. <http://sozluk.insaatbolumu.com/terimler/radye-temel-nedir/>
9. <http://www.gurmenltd.com/radye.htm>
10. Yıldırım, M.Ş ve Aksöz, H. 2008, Fore Kazıkların Ekonomik Boyutlandırılması Üzerine Bir Araştırma, s.588
11. Kulaç, F.H., Durgunoğlu, H.T., 1992. Yatay yüklü kazık analiz yöntemlerinin karşılaştırılması,” Zemin Mekaniği ve Temel Mühendisliği 3ncü Ulu-sal Kongresi, 1992, İTÜ, İstanbul, s. 235-250.
12. Turan, E. Ağustos 2006, Statik ve Dinamik Düşey Yükler Altındaki Kazıklı Temellerin Davranışı, Yüksek Lisans Tezi, s. 2-4
13. Kayabalı ,K. and Mollamahmutoğlu, M., 2004. Geoteknik Mühendisliği Elkitabı, McGraw- Hill El Kitapları, Robert W. Day. Gazi Kitabevi, Fersa Matbaası, 600s.
14. <http://www.belgeler.com/blg/2a2n/kazik-temellerin-tasima-gucu-hesabi>
15. <http://www.ustazemin.com.tr/vibrex-kaz305k.html>
16. http://www.imoankara.org.tr/Portals/0/Sunum_cg_7.pdf
17. Önalp, A. Kazıklı Temeller Temel Araştırma A.Ş. Yayınları, No:1 İstanbul 1970, 1. Baskı
18. Toğrol, E. Kazıklı Temeller Yol Mühendisliğinde Zemin Mekaniği Karayolları Araştırma Fen Heyeti Müdürlüğü, Ankara, 1975, 14. Konu

19. Kulhawy, F.H, 1984, “Limiting Tip and Side Resistance; Fact or Fallacy” Analysis and Design of Pile Foundations, ASCE, San Fransisco.
20. Terzaghi, K ve Peck, R.B 1984, Soil mechanics in engineering Practice, John Wiley, New York.
21. <http://www.scribd.com/doc/54937267/22/Terzaghi-Blok-Yakla%C5%9F%C4%B1m%C4%B1>
22. Çinicioğlu, S.F, Zeminlerde Statik ve Dinamik Yükler Altında Taşıma Gücü Alayışı ve Hesabı, İstanbul Üniversitesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, İstanbul 2005.
23. SAP 2000 v.14.1 Satatic and Dynamic Finite Element Analysis of Structure,
24. Computer and Structires, Inc, Berkeley, California
25. Deprem Kayıtları : <http://peer.berkeley.edu/smcat/>
26. Özer, E, 2009. Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik, Açıklamalar ve Örnekler Elkitabı, Örnek 8

ÖZGEÇMİŞ

1981 yılında Elazığ'da doğdum. Lise öğrenimimi 1999 yılında Elazığ'da tamamladıktan sonra aynı yıl Yıldız Teknik Üniversitesi İnşaat Fakültesi İnşaat Mühendisliği Bölümünü kazandım. 2004 yılında mezun olduktan sonra özel firmalarda çalıştım. 2008 yılında Gebze Yüksek Teknoloji Enstitüsü Deprem ve Yapı Anabilim dalında Yüksek Lisans öğrenimime başladım. Halen inşaat faaliyetleri yürüten özel bir firmada teknik işler şefi olarak çalışmaktayım.

