

YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

728675

YAPILARDA SİSMİK İYİLEŞTİRME İÇİN SİSMİK  
İZOLASYONUN KULLANILMASI

EC. YÜSEKÖĞRETİM KURULU  
DOKÜMANTASYON MERKEZİ

İnşaat Müh. Niyazi ŞAHİN

F.B.E. İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı Yapı Programında  
Hazırlanan

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Tez danışmanı : Doç Dr. Mustafa ZORBOZAN

*İnşaat Müh. Niyazi ŞAHİN*

*Doç Dr. Mustafa ZORBOZAN*

*128675*

İSTANBUL, 2001

128675

## İÇİNDEKİLER

	Sayfa
SİMGE LİSTESİ.....	iv
KISALTIMA LİSTESİ.....	v
ŞEKİL LİSTESİ.....	vi
ÖNSÖZ.....	x
ÖZET.....	xi
ABSTRACT.....	xii
1. GİRİŞ.....	1
1.1. Sismik Taban İzolasyonunun Tarihsel Gelişimi.....	1
1.2. Sismik Taban İzolasyonlu Yapıların Genel Özellikleri.....	3
1.3. Sismik Taban İzolasyonu İle Üst Yapıya Gelen Toplam Enerji Talebinin Azaltılması.....	10
1.4. Taban İzolasyon Sistemleri.....	13
1.4.1. Elastomerik sismik izolasyon sistemi.....	13
1.4.1.1. Tabakalı kauçuk mesnet sistemi (TKM).....	13
1.4.1.2. Yeni Zelanda mesnet sistemi (YZM).....	15
1.4.1.3. Yüksek sönümlü kauçuk mesnet sistemi (YSKM).....	16
1.4.2. Kayıcı sismik izolasyon sistemi.....	17
1.4.2.1. Sürtünmeli sistem.....	17
1.4.2.2. Elastik – sürtünmeli taban izolasyon sistemi (ESTİ).....	18
1.4.2.3. Fransız elektrik sistemi (FE).....	19
1.4.2.4. Kaygan elastik sürtünmeli sistem (KES).....	20
1.4.2.5. Sürtünmeli sarkaç sistemi (SS).....	21
1.5. Sismik Taban İzolasyonu Sistemlerinin Mesnetlenme Şekilleri.....	21
1.6. Taban İzolasyonlu Yapılar İle İlgili Daha Önce Yapılan Çalışmalar.....	22
2. ÖRNEK ÇALIŞMA: MİMAR SINAN ÜNİVERSİTESİ HEYKEL BÖLÜMÜ EK BİNASI'NIN LİNEER OLMAYAN DİNAMİK ANALİZİ.	36
2.1. Yapı Hakkında Bilgi.....	36
2.1.1. Genel bilgiler.....	36
2.1.2. Kolon ve kirişlerde kullanılan malzeme kesitleri.....	36
2.1.3. Planlar.....	37
2.1.3.1. Kısa kesit görünüşü.....	37
2.1.3.2. Kolon aplikasyon planı.....	37
2.1.3.3. Birinci kat giriş aplikasyon planı.....	37
2.1.3.4. İkinci kat giriş aplikasyon planı.....	37
2.2. Analiz Hakkında Bilgi.....	42
3. SONUÇLAR VE ÖNERİLER.....	72

KAYNAKLAR.....	74
EKLER	
Ek 1 Sismik Taban İzolasyonu Sistemlerinin Mesnetlenme Şekilleri.....	82
ÖZGEÇMİŞ.....	96



## SİMGE LİSTESİ

$\alpha$	Periyot Oranı
$c$	Sönüm
[C]	Sönüm Matrisi
$F_x, F_y$	Enine ve Boyuna Doğrultuda Oluşan Kuvvetler
$k$	Rijitlik
[K]	Rijitlik Matrisi
$m$	Kütle
$m_b$	Taban İzolatörünün Kütlesi
[M]	Kütle matrisi
$\eta$	Kütle Oranı
T	Periyot
u	Yer değiştirme
$\dot{u}$	Hız
$\ddot{u}$	İvme
$u_g$	Zeminin yaptığı deplasman
$U_b$	Taban İzolatörünün Yer Değiştirmesi
$\omega_b$	Taban İzolatörünün Doğal Frekansı
$\omega_I$	Ankastre Tabanlı Yapının i. Modundaki Doğal Frekansı
$\xi_b$	Taban İzolatörünün Sönüm Oranı
$\xi_I$	Ankastre Tabanlı Yapının i. Modundaki Sönüm Oranı
$\varphi$	Mod Vektörü

## KISALTIMA LİSTESİ

TKM	Tabakalı Kauçuk Mesnet
YZM	Yeni Zelanda Mesnet
YSKM	Yüksek Sönümlü Kauçuk Mesnet
SS	Sürtünmeli Sistem
ESTİ	Elastik Sürtünmeli Taban İzolasyon Sistemi
FE	Fransız Elektrik Sistemi
KES	Kaygan Elastik Sürtünmeli Sistem
SSS	Sürtünmeli Sarkaç Sistemi
LRB	Lead Rubber Bearings
HDR	High Damping Rubber
FPS	Friction Pendulum System
N.A.	Şu an bilinmiyor..
KG	Kuzey - Güney Bileşeni



## ŞEKİL LİSTESİ

		Sayfa
Şekil 1.1.	Sismik Taban İzolasyonlu Yapıyı İfade Eden İki Serbestlik Dereceli Sistem.....	4
Şekil 1.2.	Sismik Taban İzolasyonlu Yapıya Ait 1. Mod Şekli.....	7
Şekil 1.3.	İvme Tasarım Spektrumu.....	8
Şekil 1.4.	Yer Değiştirme Tasarım Spektrumu.....	8
Şekil 1.5.	Farklı Zeminlere Ait Tasarım Spektrumları.....	9
Şekil 1.6.	Sönüm Enerjisinin Arttırılmasıyla, Toplam Enerji İçindeki Miktarı Azalan Elasto - Plastik Enerji.....	11
Şekil 1.7.	Toplam Enerji ve Bileşenleri.....	12
Şekil 1.8a.	Tabakalı Kauçuk Mesnet Kesit ve Elemanları.....	14
Şekil 1.8b.	Tabakalı Kauçuk Mesnet Şematik Modeli.....	14
Şekil 1.8c.	Tabakalı Kauçuk Mesnet Kuvvet – Yer Değiştirme Davranışı.....	14
Şekil 1.9a.	Yeni Zelanda Mesnet Kesit ve Elemanları.....	15
Şekil 1.9b.	Yeni Zelanda Mesnet Şematik Modeli.....	15
Şekil 1.9c.	Yeni Zelanda Mesnet Kuvvet – Yer Değiştirme Davranışı.....	15
Şekil 1.10a.	Yüksek Sönümlü Kauçuk Mesnet Kesit ve Elemanları.....	16
Şekil 1.10b.	Yüksek Sönümlü Kauçuk Mesnet Kuvvet – Yer Değiştirme Davranışı.....	16
Şekil 1.11a.	Sürtünmeli Sistem Kesit ve Elemanları.....	17
Şekil 1.11b.	Sürtünmeli Sistem Kuvvet – Yer Değiştirme Davranışı.....	17
Şekil 1.12a.	Elastik Sürtünmeli Taban İzolasyon Sistemi Kesit ve Elemanları....	18
Şekil 1.12b.	Elastik Sürtünmeli Taban İzolasyon Sistemi Şematik Modeli.....	19
Şekil 1.12c.	Elastik Sürtünmeli Taban İzolasyon Sistemi Kuvvet – Yer Değiştirme Davranışı.....	19
Şekil 1.13a.	Fransız Elektrik Sistemi Şematik Modeli.....	19
Şekil 1.13b.	Fransız Elektrik Sistemi Kuvvet – Yer Değiştirme Davranışı.....	19
Şekil 1.14a.	Kaygan Elastik Sürtünmeli Sistem Şematik Modeli.....	20
Şekil 1.14b.	Kaygan Elastik Sürtünmeli Sistem Kuvvet – Yer Değiştirme Davranışı.....	20
Şekil 1.15.	Sürtünmeli Sarkaç Sisteminin Kesiti ve Görünüşü.....	21
Şekil 2.1.	M.S.Ü. Heykel Binası Kısa Kesit Görünüş (Ö: 1/50).....	38
Şekil 2.2.	M.S.Ü. Heykel Binası Kolon Aplikasyon Planı (Ö: 1/100).....	39
Şekil 2.3.	M.S.Ü. Heykel Binası Birinci Kat Kiriş Aplikasyon Planı (Ö:1/100).....	40
Şekil 2.4.	M.S.Ü. Heykel Binası İkinci Kat Kiriş Aplikasyon Planı (Ö:1/100).....	41
Şekil 2.5.	Miyagi (Kuzey-Güney Bileşeni) Deprem İvme-Zaman Grafiği.....	44
Şekil 2.6.	İzmit (Kuzey-Güney Bileşeni) Deprem İvme-Zaman Grafiği.....	45
Şekil 2.7.	Miyagi (Kuzey-Güney Bileşeni) Yalancı İvme/Maksimum Yer İvmesi Grafiği.....	46
Şekil 2.8.	İzmit (Kuzey-Güney Bileşeni) Yalancı İvme/Maksimum Yer İvmesi Grafiği.....	47
Şekil 2.9.a.	Kısa yönde, 0.3g ölçekli Miyagi (KG) yer hareketi ve izolatörsüz yapı için kat kesme kuvvetleri diyagramı.....	48
Şekil 2.9.b.	Kısa yönde, 0.6g ölçekli Miyagi (KG) yer hareketi ve izolatörsüz yapı için kat kesme kuvvetleri diyagramı.....	48
Şekil 2.10.a.	Kısa yönde, 0.3g ölçekli İzmit (KG) yer hareketi ve izolatörsüz	

		yapı için kat kesme kuvvetleri diyagramı.....	49
Şekil	2.10.b.	Kısa yönde, 0.6g ölçekli İzmit (KG) yer hareketi ve izolatörsüz yapı için kat kesme kuvvetleri diyagramı.....	49
Şekil	2.11.a.	Kısa yönde, 0.3g ölçekli Miyagi (KG) yer hareketi ve izolatörlü yapı için kat kesme kuvvetleri diyagramı.....	50
Şekil	2.11.b.	Kısa yönde, 0.6g ölçekli Miyagi (KG) yer hareketi ve izolatörlü yapı için kat kesme kuvvetleri diyagramı.....	50
Şekil	2.12.a.	Kısa yönde, 0.3g ölçekli İzmit (KG) yer hareketi ve izolatörlü yapı için kat kesme kuvvetleri diyagramı.....	51
Şekil	2.12.b.	Kısa yönde, 0.6g ölçekli İzmit (KG) yer hareketi ve izolatörlü yapı için kat kesme kuvvetleri diyagramı.....	51
Şekil	2.13.a.	Kısa yönde, 0.3g ölçekli Miyagi (KG) yer hareketi ve izolatörsüz yapı için kat ötelemeleri diyagramı.....	52
Şekil	2.13.b.	Kısa yönde, 0.6g ölçekli Miyagi (KG) yer hareketi ve izolatörsüz yapı için kat ötelemeleri diyagramı.....	52
Şekil	2.14.a.	Kısa yönde, 0.3g ölçekli İzmit (KG) yer hareketi ve izolatörsüz yapı için kat ötelemeleri diyagramı.....	53
Şekil	2.14.b.	Kısa yönde, 0.6g ölçekli İzmit (KG) yer hareketi ve izolatörsüz yapı için kat ötelemeleri diyagramı.....	53
Şekil	2.15.a.	Kısa yönde, 0.3g ölçekli Miyagi (KG) yer hareketi ve izolatörlü yapı için kat ötelemeleri diyagramı.....	54
Şekil	2.15.b.	Kısa yönde, 0.6g ölçekli Miyagi (KG) yer hareketi ve izolatörlü yapı için kat ötelemeleri diyagramı.....	54
Şekil	2.16.a.	Kısa yönde, 0.3g ölçekli İzmit (KG) yer hareketi ve izolatörlü yapı için kat ötelemeleri diyagramı.....	55
Şekil	2.16.b.	Kısa yönde, 0.6g ölçekli İzmit (KG) yer hareketi ve izolatörlü yapı için kat ötelemeleri diyagramı.....	55
Şekil	2.17.a.	Kısa yönde, 0.3g ölçekli Miyagi (KG) yer hareketi ve izolatörsüz yapı için görelî kat ötelemeleri zarfı diyagramı.....	56
Şekil	2.17.b.	Kısa yönde, 0.6g ölçekli Miyagi (KG) yer hareketi ve izolatörsüz yapı için görelî kat ötelemeleri zarfı diyagramı.....	56
Şekil	2.18.a.	Kısa yönde, 0.3g ölçekli İzmit (KG) yer hareketi ve izolatörsüz yapı için görelî kat ötelemeleri zarfı diyagramı.....	57
Şekil	2.18.b.	Kısa yönde, 0.6g ölçekli İzmit (KG) yer hareketi ve izolatörsüz yapı için görelî kat ötelemeleri zarfı diyagramı.....	57
Şekil	2.19.a.	Kısa yönde, 0.3g ölçekli Miyagi (KG) yer hareketi ve izolatörlü yapı için görelî kat ötelemeleri zarfı diyagramı.....	58
Şekil	2.19.b.	Kısa yönde, 0.6g ölçekli Miyagi (KG) yer hareketi ve izolatörlü yapı için görelî kat ötelemeleri zarfı diyagramı.....	58
Şekil	2.20.a.	Kısa yönde, 0.3g ölçekli İzmit (KG) yer hareketi ve izolatörlü yapı için görelî kat ötelemeleri zarfı diyagramı.....	59
Şekil	2.20.b.	Kısa yönde, 0.6g ölçekli İzmit (KG) yer hareketi ve izolatörlü yapı için görelî kat ötelemeleri zarfı diyagramı.....	59
Şekil	2.21.a.	Uzun yönde, 0.3g ölçekli Miyagi (KG) yer hareketi ve izolatörsüz yapı için kat kesme kuvvetleri diyagramı.....	60
Şekil	2.21.b.	Uzun yönde, 0.6g ölçekli Miyagi (KG) yer hareketi ve izolatörsüz yapı için kat kesme kuvvetleri diyagramı.....	60
Şekil	2.22.a.	Uzun yönde, 0.3g ölçekli İzmit (KG) yer hareketi ve izolatörsüz	

		yapı için kat kesme kuvvetleri diyagramı.....	61
Şekil	2.22.b.	Uzun yönde, 0.6g ölçekli İzmit (KG) yer hareketi ve izolatörsüz yapı için kat kesme kuvvetleri diyagramı.....	61
Şekil	2.23.a.	Uzun yönde, 0.3g ölçekli Miyagi (KG) yer hareketi ve izolatörlü yapı için kat kesme kuvvetleri diyagramı.....	62
Şekil	2.23.b.	Uzun yönde, 0.6g ölçekli Miyagi (KG) yer hareketi ve izolatörlü yapı için kat kesme kuvvetleri diyagramı.....	62
Şekil	2.24.a.	Uzun yönde, 0.3g ölçekli İzmit (KG) yer hareketi ve izolatörlü yapı için kat kesme kuvvetleri diyagramı.....	63
Şekil	2.24.b.	Uzun yönde, 0.6g ölçekli İzmit (KG) yer hareketi ve izolatörlü yapı için kat kesme kuvvetleri diyagramı.....	63
Şekil	2.25.a.	Uzun yönde, 0.3g ölçekli Miyagi (KG) yer hareketi ve izolatörsüz yapı için kat ötelemeleri diyagramı.....	64
Şekil	2.25.b.	Uzun yönde, 0.6g ölçekli Miyagi (KG) yer hareketi ve izolatörsüz yapı için kat ötelemeleri diyagramı.....	64
Şekil	2.26.a.	Uzun yönde, 0.3g ölçekli İzmit (KG) yer hareketi ve izolatörsüz yapı için kat ötelemeleri diyagramı.....	65
Şekil	2.26.b.	Uzun yönde, 0.6g ölçekli İzmit (KG) yer hareketi ve izolatörsüz yapı için kat ötelemeleri diyagramı.....	65
Şekil	2.27.a.	Uzun yönde, 0.3g ölçekli Miyagi (KG) yer hareketi ve izolatörlü yapı için kat ötelemeleri diyagramı.....	66
Şekil	2.27.b.	Uzun yönde, 0.6g ölçekli Miyagi (KG) yer hareketi ve izolatörlü yapı için kat ötelemeleri diyagramı.....	66
Şekil	2.28.a.	Uzun yönde, 0.3g ölçekli İzmit (KG) yer hareketi ve izolatörlü yapı için kat ötelemeleri diyagramı.....	67
Şekil	2.28.b.	Uzun yönde, 0.6g ölçekli İzmit (KG) yer hareketi ve izolatörlü yapı için kat ötelemeleri diyagramı.....	67
Şekil	2.29.a.	Uzun yönde, 0.3g ölçekli Miyagi (KG) yer hareketi ve izolatörsüz yapı için görel kat ötelemeleri zarfı diyagramı.....	68
Şekil	2.29.b.	Uzun yönde, 0.6g ölçekli Miyagi (KG) yer hareketi ve izolatörsüz yapı için görel kat ötelemeleri zarfı diyagramı.....	68
Şekil	2.30.a.	Uzun yönde, 0.3g ölçekli İzmit (KG) yer hareketi ve izolatörsüz yapı için görel kat ötelemeleri zarfı diyagramı.....	69
Şekil	2.30.b.	Uzun yönde, 0.6g ölçekli İzmit (KG) yer hareketi ve izolatörsüz yapı için görel kat ötelemeleri zarfı diyagramı.....	69
Şekil	2.31.a.	Uzun yönde, 0.3g ölçekli Miyagi (KG) yer hareketi ve izolatörlü yapı için görel kat ötelemeleri zarfı diyagramı.....	70
Şekil	2.31.b.	Uzun yönde, 0.6g ölçekli Miyagi (KG) yer hareketi ve izolatörlü yapı için görel kat ötelemeleri zarfı diyagramı.....	70
Şekil	2.32.a.	Uzun yönde, 0.3g ölçekli İzmit (KG) yer hareketi ve izolatörlü yapı için görel kat ötelemeleri zarfı diyagramı.....	71
Şekil	2.32.b.	Uzun yönde, 0.6g ölçekli İzmit (KG) yer hareketi ve izolatörlü yapı için görel kat ötelemeleri zarfı diyagramı.....	71
Şekil	3.1.	Sismik İzolatör Montajı – Yeni Yapı (Alternatif 1).....	83
Şekil	3.2.	Sismik İzolatör Montajı – Yeni Yapı (Alternatif 2).....	84
Şekil	3.3	Tek ve 2 Katlı Yapılarda Sismik İzolatör Montajı.....	85
Şekil	3.4	Yapıda Sismik İzolatör Konumlandırılması (Alternatif 1-2-3).....	86
Şekil	3.5	Yapıda Sismik İzolatör Konumlandırılması (Alternatif 4-5-6).....	87



Şekil 3.6	Sismik İzolatör Montajı – Güçlendirilmiş Yapı.....	88
Şekil 3.7	Taşıyıcı Duvar Güçlendirilmesi.....	89
Şekil 3.8	Sismik İzolatör Montajı – Betonarme Kolona.....	90
Şekil 3.9	Hendek ve İstinat Duvarı.....	91
Şekil 3.10	Güçlendirilmiş Yapı Giriş Merdivenleri.....	92
Şekil 3.11	Elektrik Bağlantıları.....	93
Şekil 3.12	Bükülebilir Gaz Hattı Bağlantıları.....	94
Şekil 3.13	Asansör Detayı.....	95



## ÖNSÖZ

Çalışmalarım sırasında hoşgörülerini ve yardımlarını esirgemeyen ayrıca her sorumla samimiyetle ilgilenen değerli hocalarım Doç. Dr. Mustafa Zorbozan'a ve Yrd. Doç. Dr. Bülent Akbaş'a içtenlikle teşekkürü şahsım adına bir borç bilirim.

Değerli hocam, jüri üyesi Prof. İbrahim Ekiz'e de hoşgörülerinden ötürü teşekkür ederim.

Bu tezin ortaya çıkarılmasında önemli pay sahipleri aileme ve moral kaynağım eşime de çok teşekkür ederim.



## ÖZET

Bu çalışmada, %92 gibi büyük bir bölümü deprem bölgesi olan ülkemizde henüz çok yeni olan bir teknolojiyi, sismik taban izolasyon sistemleri tanıtılmıştır. Ayrıca konunun öneminin anlaşılabilmesi için M.S.Ü. Merkez Kampüsü Heykel Bölümü Binası'nın lineer olmayan dinamik analizleri, tabakalı kauçuk mesnet sistemi kullanılarak yapılmıştır.

Lineer olmayan analizler için Drain 2DX programı kullanılmıştır. Bu program için giriş dosyaları Drain Editor v1.1. programıyla hazırlanmıştır.

Çalışmanın sonucunda bu taban izolatörlerinin etkililik bakımından avantajları belirtilmiş ve maliyet bakımından dezavantajlarına değinilmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Sismik Taban İzolasyonu, Tabakalı Kauçuk Mesnet, Dinamik Lineer Olmayan Analiz, Zaman Artımı Yöntemi, Deprem Analizi, El Centro Depremi, İzmit Depremi.



## **ABSTRACT**

The study presents the base isolation systems, a relatively new technology for Turkey of which 92% is in seismic region. Department of Sculpture, Main Campus, M.S.U., is studied by using non-linear dynamic time history analysis and lead-rubber bearings.

Analyses are carried out by using DRAIN-2DX. Input files for DRAIN-2DX are prepared by Drain Editor v1.1.

The results show that the base isolation system provides a better seismic behavior for structures, but it increases the cost.

**Key Words:** Seismic Base Isolation, Lead-Rubber Bearing, Non-Linear Dynamic Analysis, Time History Analysis, Earthquake Analysis, El Centro Earthquake, Izmit Earthquake.



## 1. GİRİŞ

### 1.1. Sismik Taban İzolasyonunun Tarihsel Gelişimi

Ülkemizin %92'sinin deprem kuşağı üzerinde olması ve geçmiş yıllarda yaşadığımız, acı sonuçlara yol açan depremler, yapı sistemlerinin projelendirilmesinde ve uygulamasındaki önemin daha iyi anlaşılması ve artırılmasında etkili olmaktadır. Bu durum, deprem mühendisliği alanında yapılmakta olan çalışmaların, araştırmacıların ve mühendislerin de gündemde kalmasını sağlamaktadır. Büyük deprem kuvvetlerinin, yapılar üzerinde meydana getirebileceği etkileri ve hasarları azaltmaya çalışmak da bu çalışma ve araştırmacıların hedefi olmalıdır.

Zemin-yapı arasındaki bir etkileşimin var olması, büyük yer hareketlerden dolayı yapılar üzerinde büyük hasarlara ve can kayıplarına neden olabilmektedir. Üst yapıyı, kendisine deprem hareketini ileten zeminden ayırmak amacıyla kullanılan izolasyon teknikleri deprem hareketinin yapı üzerindeki etkilerini oldukça azaltmaktadır. Bu amaçla kullanılan sismik yalıtım araçlarına “taban izolatörü” veya “sismik izolatör” denilmektedir. Taban izolatörlerinin, farklı konseptlerle geliştirilmiş pek çok türleri mevcuttur. Tavsiye edilen bu teknikler; tabakalı kauçuk mesnet (Derham vd, 1985), Yeni Zelanda mesnet (McKay vd, 1990), sürtünmeli mesnet (Jangid, 1987), elastik sürtünmeli taban izolasyonu (Mostaghel vd, 1987, 1988), Fransız elektrik sistemi (Su vd, 1989), kaygan elastik sürtünmeli mesnet (Su vd, 1989), sürtünmeli sarkaç (Zayas vd, 1989, 1990) ve yüksek sönümlü kauçuk mesnet (Ceccoli vd, 1999) sistemleridir.

Yapılarda taban izolasyonunun yapılmasının pek çok faydaları olabilmektedir. Bunlardan bir tanesi, izolasyon işlemi yapının hakim frekansını azaltabilmesidir. Dolayısıyla, üst yapı rölatif olarak rijit kalabilmektedir. Şekil değiştirmeler daha çok izolatörde meydana gelmektedir. Bunun sonucunda, yapının herhangi bir deprem hareketine karşı direnci artmaktadır. Diğer bir faydası ise, deprem hareketinden dolayı yapıya aktarılan ivmeler azalmakta ve izolasyon

sistemi, yapının rijit cisim hareketi neticesinde, kullanımında yapısal olmayan olumsuz sonuçlara neden olmaksızın yapıya esneklik kazandırabilmektedir. (Ateş vd, 1999)

1900'lü yıllardan beri gelişmekte olan sismik taban izolasyonu tekniği son yıllarda yeni yapılan köprü ve binalarda ve mevcut yapıların takviyesinde sıkça kullanılmaya başlanmıştır. Bu teknik genellikle yapı tabanına yerleştirilen ara elemanlarla oluşturulan bir sistemdir. Yapıyı izolasyon sistemi ve ana yapı olmak üzere ikiye ayıran bu sistem, deprem anında yapıya gelmesi muhtemel olumsuz etkileri önemli ölçüde azaltmayı hedeflemektedir.

Binalarda birinci katın esnek yapılması kavramı, binaların izolasyon yapılarak depreme karşı güvenilirliğinin artırılmasındaki ilk yaklaşımlardan biri olmuştur. Bu yaklaşım ilk defa 1929 yılında Martel (1929) tarafından önerilmiştir. Bu konu üzerinde daha sonra Green (1935) ve Jacobsen (1938) tarafından çalışılmıştır. Fintel ve Khan ise deprem hareketi esnasında oluşan taban kesme kuvvetlerini azaltmak amacıyla birinci kat kolonlarının akma dayanımı yüksek olmasının gerektiğini önermiştir (Jangid, 1995). Ayrıca bu konuda ilk bilgisayar programı Chopra (1973) tarafından yapılmıştır.

Binalarda birinci katın esnek yapılmasının zor olması nedeniyle taban izolasyonu temini amacı ile hareketli mesnet mekanizmaları önerilmiştir. Bunlardan bazılarının patent alınıp ve test edilmiştir. Ancak, deprem hareketinin yapıya herhangi bir yönde gelebileceği gerçeği bu tür mesnet mekanizmaların yaygınlaşmasını engellemiştir. Bunu sonucunda, her yönde harekete izin verebilen küresel mesnetler veya iki yönde hareket edebilen mesnetlerin kullanımının gerekliliği fikri hakim olmuştur (Jangid, 1995).

Depremden korunmak amacıyla ilk kauçuk mesnet Yugoslavya'nın Skopje şehrinde bir okul binasında kullanılmıştır (Jangid, 1995). Bu bina 3 katlı bir betonarme yapı olup 1969 yılında tamamlanmıştır. Mesnet sistemi olarak doğal kauçuk bloklar kullanılmıştır. Kauçuk içerisine çelik plakalar yerleştirilmediğinden düşey yönde istenen rijitlik elde edilememiştir. Zira, kauçuk blokların yanlara doğru şişmesi söz konusu olmuştur. Sistemin düşey yöndeki rijitliği yaklaşık olarak yatay yöndeki rijitliğe eşit olduğundan deprem hareketi esnasında bina ileriye

veya geriye doğru sallanıp yukarıya doğru sıçrayabilmektedir. Mesnetler çelik plakalarla takviye edilerek yukarıda karşılaşılan zorlukların üstesinden gelinmiştir.

Modern anlamda taban izolasyonuna sahip yapılar, yapının temeli ve tabanı arasında yerleştirilen, yatay yönde esnek ve düşey yönde ise rijit olan taşıyıcılarla yapılabilmektedir. Bu taşıyıcılar, izolasyon aletleri veya izolatör sistemleri olarak bilinmektedir.

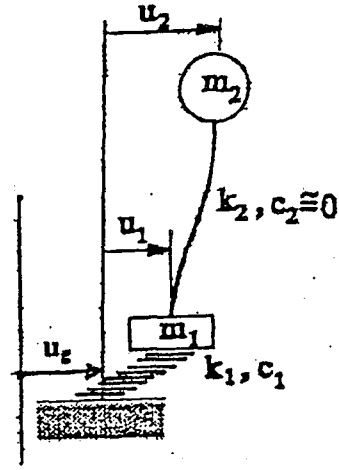
Derham (1985), kauçuk taşıyıcılar kullanarak, bir yapının deprem etkilerinden ve istenmeyen titreşimden eşzamanlı olarak korunabileceğini göstermiştir. Kullanılan bu kauçuk taşıyıcılar, 7 kata kadar inşa edilen betonarme veya yığma yapılar için uygun olabilmektedir. Bu tip binaların mesnetlerinde yukarıya doğru kalkma meydana gelmeyecek ve rüzgar yükleri etkili olmayacaktır.

Sismik izolasyon sisteminde kullanılmak amacıyla, uygun özelliklere sahip olan kauçuklar geliştirilmiştir (Jangid, 1995). Taban izolasyonu için gerekli kauçuklar ve bu kauçukların özellikleri Kadir (1982) ve Roeder (1983) tarafından araştırılmıştır. Ayrıca, kauçuk mesnetlerin stabilitesi, sonlu elemanlar yöntemi kullanılarak analiz edilmiştir (Simo vd, 1984) (Stanton vd, 1990).

Skinner (1975) tarafından yapılan araştırmada, histeretik söndürücüler olarak adlandırılan özel elemanlara sahip mekanizmaların kullanılmasıyla birlikte binaların depreme karşı dayanımlarının arttırabildiğini ortaya koymuştur. Bu histeretik söndürücüler, orta şiddetteki depremler esnasında yapısal şekil değiştirmeleri azaltmaya yarayan rijit aletler olarak görev yaparken, güçlü depremler esnasında ise yapısal şekil değiştirmeler ve kuvvetlerin zahiri (görünen) rezonansını sağlayan enerji yutucular olarak görev yapabilmektedirler. (Ateş vd, 1999)

## **1.2. Sismik Taban İzolasyonlu Yapıların Genel Özellikleri**

Sismik izolasyonlu bir yapı basit anlamda iki serbestlik dereceli bir sistem olarak düşünülebilir. (Şekil 1.1.) (Akbaş, 1999)



Şekil 1.1. Sismik Taban İzolasyonlu Yapıyı İfade Eden İki Serbestlik Dereceli Sistem [4]

Şekil 1.1.'de sismik izolasyon sistemi ile ana yapının kütle değerleri  $m_1$  ve  $m_2$ , yatay rijitlikleri  $k_1$  ve  $k_2$ , sönüm katsayıları  $c_1$  ve  $c_2$  olarak gösterilmiştir. Burada 1 ve 2 no'lu kütlelerin yaptığı toplam deplasmanlar

$$u_2^1 = u_2 + u_g \quad (1)$$

$$u_1^1 = u_1 + u_g \quad (2)$$

şeklinde gösterilebilir.

$c_2$ ,  $c_1$ 'e oranla çok küçüktür. Bu yüzden ihmal edilebilir. Şekil yardımıyla 3 ve 4 no'lu denge denklemleri elde edilebilir.

$$m_2 \ddot{U}_2^1 + k_2(u_2 - u_1) = 0 \quad (3)$$

$$m_1 \ddot{u}_1^1 + k_1 u_1 - k_2(u_2 - u_1) + c_1 \dot{u}_1 = 0 \quad (4)$$



Bunların düzenlenmesiyle 5 ve 6 denklemleri elde edilir.

$$m_2\ddot{u}_2 + k_2(u_2 - u_1) = -m_2\ddot{u}_g \quad (5)$$

$$m_1\ddot{u}_1 + (k_1 + k_2)u_1 - k_2u_2 + c_1\dot{u}_1 = -m_1\ddot{u}_g \quad (6)$$

5 ve 6 denklemlerinde  $c_1$  ve  $\ddot{U}_g$  sıfır kabul edilerek, yani sistemin sönümsüz ve zorlanmamış olduğu düşünülerek yalıtılmış yapının doğal titreşim modlarına ait özellikler bulunabilir.

$$[M]\ddot{U} + [K]U = 0 \quad (7)$$

$$\begin{bmatrix} m_1 & 0 \\ 0 & m_2 \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} \ddot{u}_1 \\ \ddot{u}_2 \end{Bmatrix} + \begin{bmatrix} k_1 + k_2 & -k_2 \\ -k_2 & k_2 \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} u_1 \\ u_2 \end{Bmatrix} = \begin{Bmatrix} 0 \\ 0 \end{Bmatrix} \quad (8)$$

$$\| [K] - \omega^2 [M] \| = 0 \quad (9)$$

$$T_F = 2\pi \sqrt{\frac{m_2}{k_2}} \quad , \text{ Yalıtılmamış yapının periyodu} \quad (10)$$

$$T_Y = 2\pi \sqrt{\frac{(m_1 + m_2)}{k_1}} \quad , \text{ Yalıtılmış sistemin periyodu} \quad (11)$$

$$\alpha = \frac{T_F}{T_Y} \quad , \text{ Periyot Oranı} \quad (12)$$

$$\eta = \frac{m_1}{m_2} \quad , \text{ Kütle Oranı} \quad (13)$$

Sonuçları basitleştirmek için 10,11,12 ve 13 no'lu denklemlerdeki tanımlar yapılır, yüksek mertebeden terimler ihmal edilirse 9 no'lu denklemin çözümü;

$$T_1 = \sqrt{(1 + \alpha^2)} T_Y \quad (14)$$

$$T_2 = \frac{T_F}{\sqrt{1 + \eta + \eta \alpha^2}} \quad (15)$$

şeklinde yazılabilir. Sisteme ait mod şekilleri de 16 ve 17 no'lu denklemlerde verilmiştir.

$$\varphi_1 = \begin{Bmatrix} 1 \\ 1 + \alpha^2 \end{Bmatrix} \quad (16)$$

$$\varphi_2 = \begin{Bmatrix} 1 \\ (\alpha^2 - 1)/\eta \end{Bmatrix} \quad (17)$$

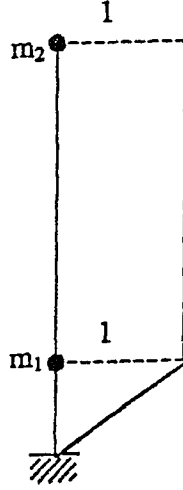
$$\alpha = \sqrt{\frac{k_1}{k_2} \sqrt{\frac{m_2}{m_1 + m_2}}} \quad (18)$$

Yalıtım sistemi yatayda büyük ölçüde elastik olduğu için  $k_1$  değeri  $k_2$ 'ye göre çok küçük olur. Bu durumda  $\alpha$  değeri 0.01 ile 0.3 arasında değişir ve,

$$\sqrt{1 + \alpha^2} \cong 1 \quad (19)$$

olduğu kabul edilir. Bu kabul sonucunda sismik yalıtımlı bir yapıda ilk moda ait periyodun yalıtım sisteminin periyoduna eşit olduğu görülür. Yapının ilk moduna ait mod şekli 20 no'lu denklem ve Şekil (1.2.) ile açıklanmıştır. Buna göre ana yapı rijit bir kütle gibi davranmaktadır (Akbaş, 1999).

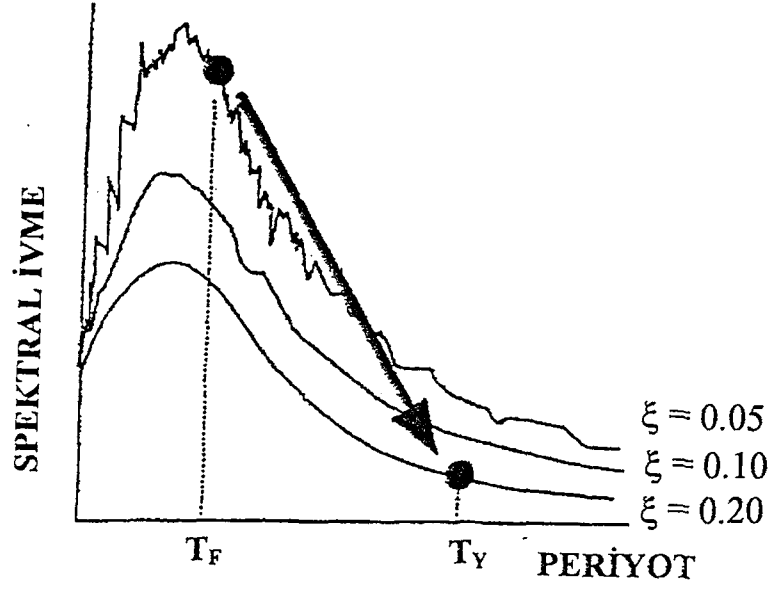
$$\varphi_1 = \begin{Bmatrix} 1 \\ 1 \end{Bmatrix} \quad (20)$$



**Şekil 1.2.** Sismik Taban İzolasyonlu Yapıya Ait 1. Mod Şekli

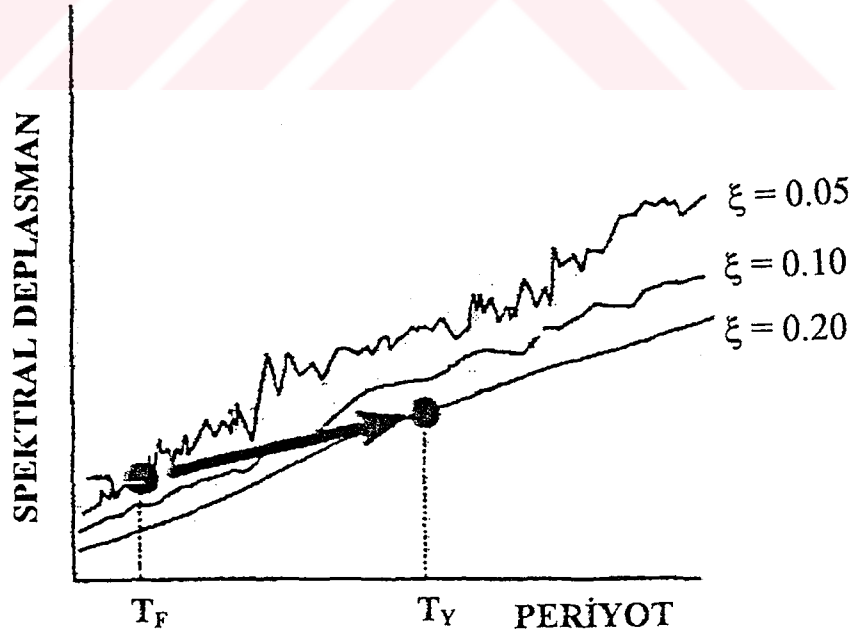
Bir yapının deprem anındaki davranışının belirlenmesinde en önemli etken yapının 1. titreşim modudur. 1. titreşim modunun yapının tüm davranışına olan katkısı kimi zaman %90'lara çıkmaktadır. Hareket denkleminin çözümünden de anlaşılacağı gibi sismik yalıtımlı bir yapıda 1. titreşim moduna ait değerler ana yapıdan bağımsızlaşmakta ve yalıtım sisteminin özellikleriyle bütünleşmektedir.

Sismik yalıtım, periyodu 1.5-2.0 sn'den büyük olan yapılarda kullanılmamalıdır. Bilindiği gibi tipik yer hareketlerinin hakim periyodu 0.1-1 sn arasında değişir. Dolayısıyla periyodu bu arada olan yapılar rezonans riski yüksek yapılardır. Sismik yalıtımın amacı yapıların periyodunu artırmak ve bunun sonucu olarak deprem anında yapıda oluşacak ivme değerlerini azaltmaktır. Yalıtımlı yapıda oluşacak ivme değerleri yalıtımsız yapıdakine oranla, zemin cinsi, yapının hakim periyodu ve depremin hakim periyodu değişkenlerine bağlı olarak birkaç kat azalabilmektedir (Şekil 1.3.) (Akbaş, 1999). Bu durumda periyodu zaten yüksek olan yapılarda bunu uygulamak anlamsız hale gelmektedir.



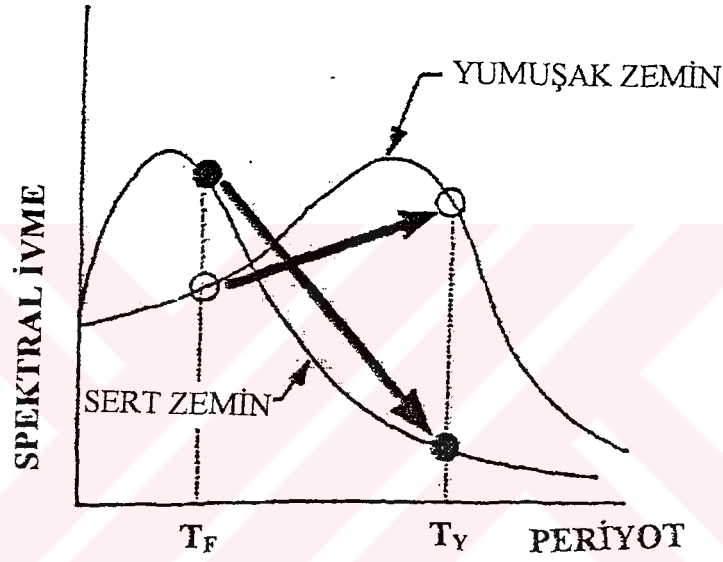
Şekil 1.3. İvme Tasarım Spektrumu

Yapının periyodunun büyümesi yapacağı deplasmanın da artması anlamına gelir (Şekil 1.4.). Ancak deplasmanın büyük bir kısmını yalıtım sistemi yapacağından yapı rijit bir kütle gibi davranmakta, katlar arasındaki deplasman farkı sınırlandırılmaktadır.



Şekil 1.4. Yer Değiştirme Tasarım Spektrumu

Zemin cinsi de sismik yalıtımın uygulanmasına karar verilirken dikkat edilmesi gereken önemli bir konudur. Şekil (1.5.)'te farklı zemin cinslerine ait tasarım spektrumları verilmiştir (Akbaş, 1999). Buradan da anlaşılacağı gibi yumuşak zeminlerde yapının periyodunu büyütme yapıda daha büyük ivme değerleri oluşması anlamına geldiğinden böyle zeminlerde sismik yalıtım yapılmamalı ya da sönüm cihazları ile iyi bir şekilde desteklenerek uygulanmalıdır.



Şekil 1.5. Farklı Zeminlere Ait Tasarım Spektrumları

Geleneksel yöntemlere göre yapılan takviyelerde yapının rijitliğini artırıcı elemanlar kullanılarak katların birbirlerine göre ötelenmesi azaltılabilir. Ancak bu katlarda oluşacak ivme değerlerinin artmasına neden olur. Daha elastik yapı elemanları kullanılarak yapılacak takviyelerde ise katlarda oluşacak ivme azaltılırken katların birbirlerine göre yaptıkları ötelenmeler artmaktadır. Sismik yalıtım kullanıldığında ise hem katlarda oluşacak ivmeler hem de katların birbirlerine göre ötelenmeleri azaltabilmektedir.

Çoğu zaman sismik yalıtım araçları ile birlikte sönüm cihazları da kullanılır. Böylece yalıtım sisteminin yapacağı yer değiştirmeler sınırlandırılmış olur. Ancak sönümün, belli değerleri aşması durumunda yapıya zarar vereceği düşünülerek optimum bir değer belirlenmelidir.

### 1.3. Sismik Taban İzolasyonu İle Üst Yapıya Gelen Toplam Enerji Talebinin Azaltılması

Bir yapı depreme maruz kaldığında yapıya enerji girişi olur. Eğer deprem hareketi küçükse bu enerji elastik enerji ve sönüm yoluyla dağılır. Eğer deprem hareketi orta dereceli veya şiddetli ise bu enerji elastik enerji ve doğrusal olmayan davranış yoluyla (histeretik veya çevrimsel enerji) ve sönüm yoluyla dağıtılır (Zahrah ve Hall, 1984). Bu konudaki ilk çalışmayı yapanlardan biri olan Housner (1956) yapıya giren enerjiyi bir tasarım parametresi olarak göz önüne almıştır. Yapıya enerji girişi çoğunlukla yapının kütleline ve temel periyoduna bağlıdır.

Housner'a (1956) göre bir deprem hareketi veya hareketleri sırasında yapının enerji ihtiyacı belirlenebilirse, yapının veya yapı elemanlarının tasarımının enerji kapasiteleri dikkate alınarak yapılabilir. Aşağıdaki ifadeden de görüldüğü gibi bir yapının deprem hareketine dayanabilmesi, yapının enerji yutma kapasitesine bağlıdır:

$$\text{Enerji ihtiyacı} \leq \text{Enerji kapasitesi}$$

Bir yer hareketine maruz, viskoz sönümlü, doğrusal olmayan bir tek serbestlik dereceli sistem (Şekil 1) için hareket denklemi aşağıdaki gibi yazılabilir:

$$m \cdot \ddot{u}_t + c \cdot \dot{u} + f_s = 0 \quad (21)$$

Yukarıdaki denklemde  $m$  kütle,  $c$  viskoz sönüm katsayısını,  $f_s$  ise uygulanan kuvveti (doğrusal sistemler için  $f_s = ku$ ),  $u_t$  kütlelinin toplam yer değiştirmesini,  $u$  kütlelinin yere göre rölatif yer değiştirmesini göstermektedir.  $u_t$  aşağıdaki gibi de ifade edilebilir:

$$u_t = u + u_g \quad (22)$$

Denklem 22'de  $u_g$  zeminin yer değiştirmesidir. Buna göre Denklem 21 yeniden düzenlenirse...

$$m \cdot \ddot{u} + c \cdot \dot{u} + f_s(u, \dot{u}) = -m \cdot \ddot{u}_g(t) \quad (23)$$

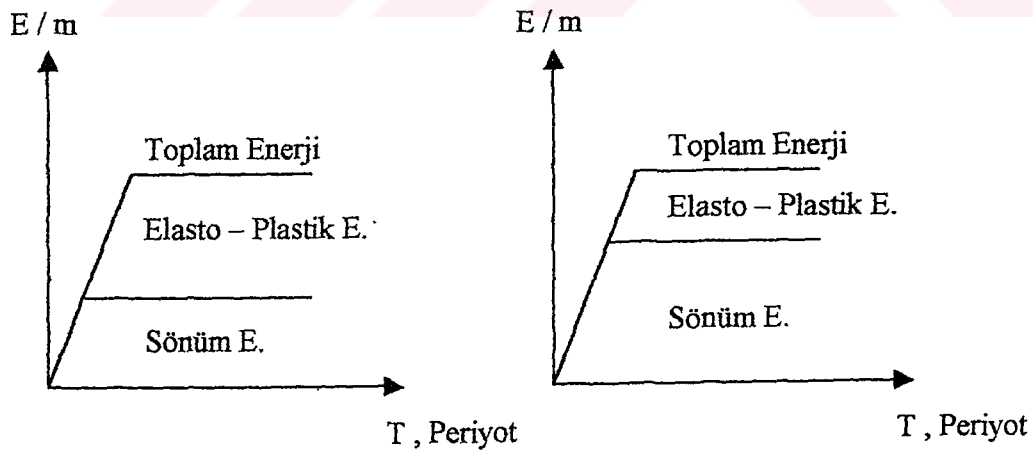
Toplam enerjiyi oluşturan bileşenler sırasıyla, atalet enerjisi, sönüm enerjisi ve elasto – plastik (çevrimsel) enerji olarak sayılabilir. Bu enerji terimleri, doğrusal olmayan bir sistem için hareket denklemi (Denklemler 23) hareketin başlangıcından sonuna kadar integre edilerek bulunabilir.

$$\int_0^u m \ddot{u}(t) \cdot du + \int_0^u c \dot{u}(t) \cdot du + \int_0^u k u(t) \cdot du = - \int_0^u m \ddot{u}_g(t) \cdot du \quad (24)$$

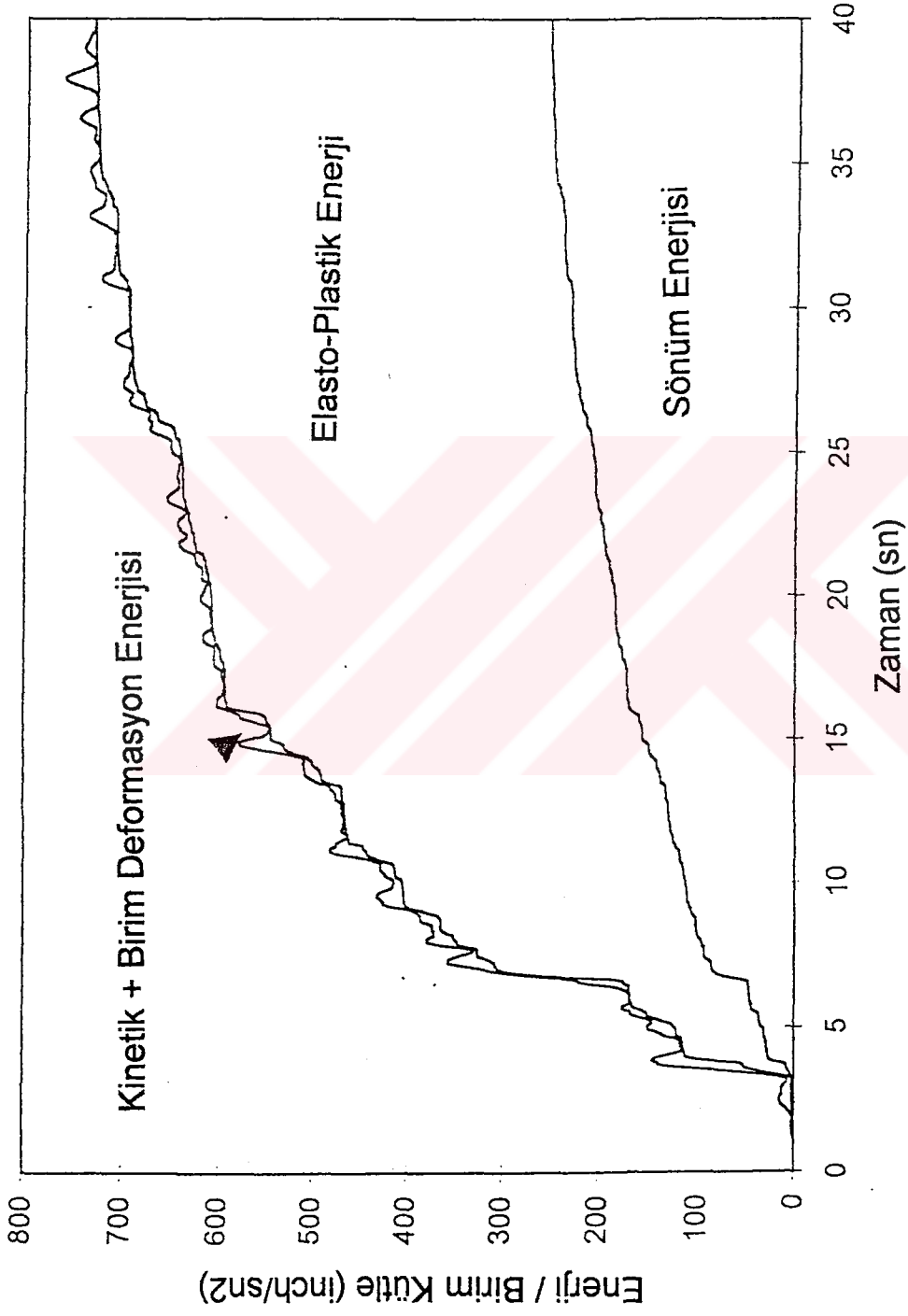
Kinetik Enerji + Sönüm Enerjisi + Elasto-plastik Enerji = Toplam Enerji

Toplam enerji, kinetik enerji, sönüm enerjisi ve elasto - plastik enerji Şekil (1.7.) üzerinde gösterilmiştir (Akbaş vd, 1996).

Her deprem hareketi için yapıya giren enerji sabit kabul edilebilir ve çoğunlukla yapının periyoduna bağlıdır. Toplam enerji sabit olduğundan dolayı hasara sebep olan elasto-plastik enerjiyi azaltabilmek için sönüm enerjisi artırılabilir (Şekil 1.6.) (Akbaş, 1999). Bilindiği gibi sönüm enerjisi hasara sebep olmadığından artırılmasında bir sakınca yoktur.



Şekil 1.6. Sönüm Enerjisinin Artırılmasıyla, Toplam Enerji İçindeki Miktarı Azalan Elasto - Plastik Enerji



Şekil 1.7. Toplam Enerji ve Bileşenleri



Taban izolasyonu araçları ise deprem hareketiyle yapıya giren toplam enerjiyi azaltmaktadır. Taban izolasyonu ve enerji dağıtma cihazlarının kullanılması yapıda doğrusal olmayan davranış yoluyla dağıtılan enerji miktarını önemli ölçüde etkileyebilir. Bu yolla yapısal hasar kontrol altına alınabilir (Akbaş, 1999).

#### 1.4. Taban İzolasyon Sistemleri

Sismik taban izolasyonu sistemleri, genel olarak elastomerik ve kayıcı sismik izolasyon sistemi olarak iki grupta incelenebilir.

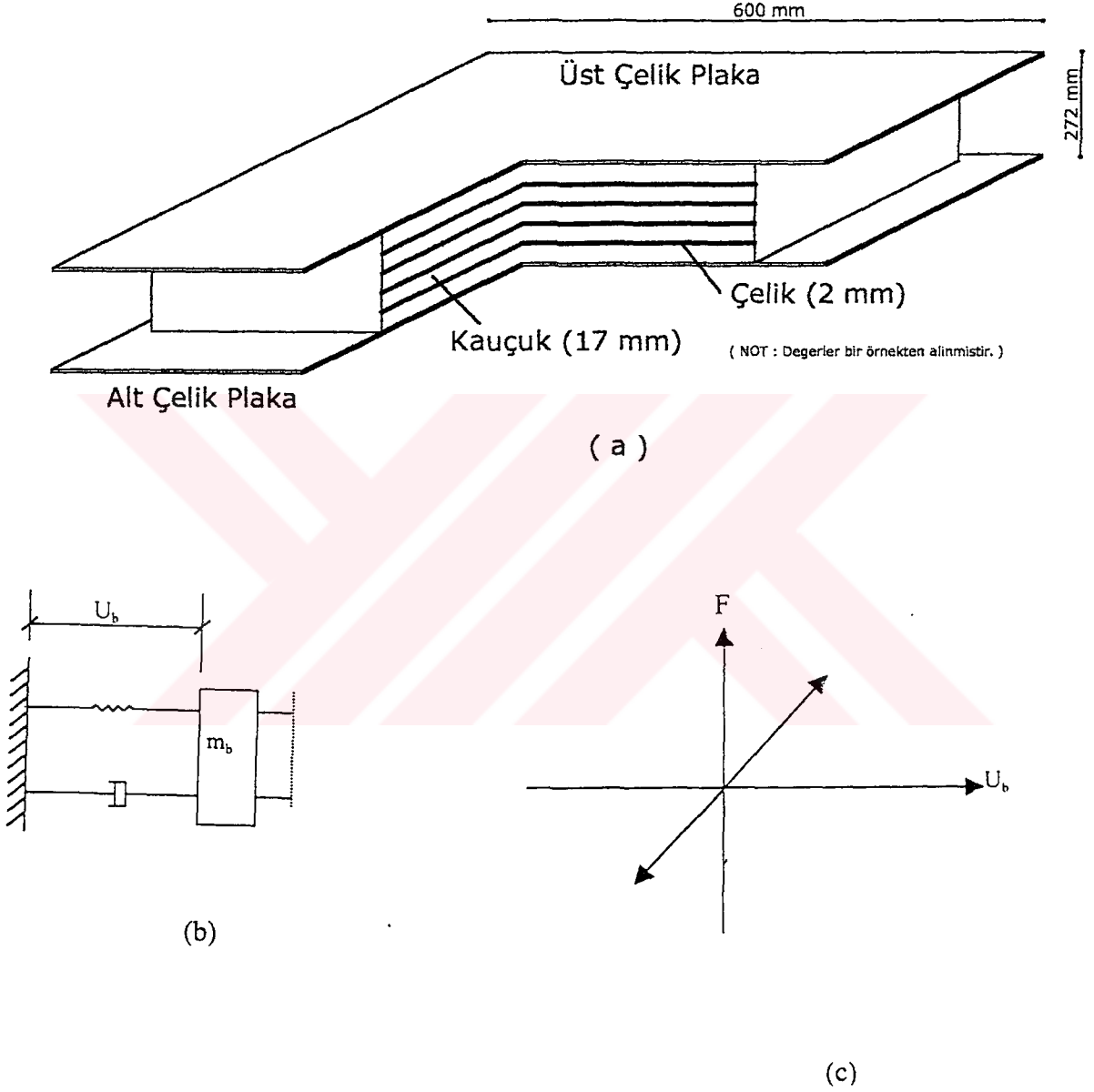
##### 1.4.1. Elastomerik sismik izolasyon sistemi

Bunlar genel olarak kauçuk ve çelik levhalarla oluşturulan sistemlerdir. Kauçuğun kolay elde edilebilir bir malzeme olması dünyadaki kullanımını bir hayli arttırmıştır. Düşük sönümlü doğal ve sentetik kauçuk elemanlar, kurşunlu kauçuk elemanlar, yüksek sönümlü doğal kauçuk elemanlar bu tipe birkaç örnektir.

##### 1.4.1.1. Tabakalı kauçuk mesnet sistemi (TKM)

Tabakalı kauçuk sistemler, taban izolasyonunda en yaygın olarak kullanılanıdır. Bu sistemin temel öğeleri tabakalar halinde kullanılmakta olan çelik ve kauçuk plakalardır. Ayrıca, sönümün ve rijitliğin paralel etkileri bu sistemin en önemli özelliğidir. Genellikle tabakalı kauçuk mesnet sistemi yatayda esneklik ve düşeyde rijitlik özelliği ile yüksek sönüm kapasitesi gösterir. Bu sisteminin ayrıca iki karakteristik özelliği daha vardır ki bunlar sırasıyla doğal frekans ( $\omega_b$ ) ve sönüm sabiti ( $\xi_b$ )'dir. Sistemin sönüm sabiti mesnedin şekil değiştirmesine bağlıdır. Bu sonuç Tracis (1984) tarafından yapılan deneylerden elde edilmiştir. Tracis (1984) tarafından yapılan çalışmada, sönüm oranının mesnetteki şekil değiştirmelere bağlı olduğu; şekil değiştirme %2 iken sönüm oranı 0.18 ve şekil değiştirme %50 iken sönüm oranı 0.10 olduğu kabul edilmiştir (Ateş vd., 1999). Tabakalı kauçuk mesnet sisteminde tavsiye edilen değerler: taban izolasyonlu yapının periyodu 2 saniye iken  $\omega_b = \pi$  rad/sn ve  $\xi_b = 0.10$ ' dur.

Tabakalı kauçuk mesnet sisteminin kesiti ve elemanları Şekil (1.8.a)'da, bu sistemin şematik modeli Şekil (1.8.b.)'de ve kuvvet – yer değiştirme ( $F - U_b$ ) davranışı Şekil (1.8.c)'de gösterilmiştir.

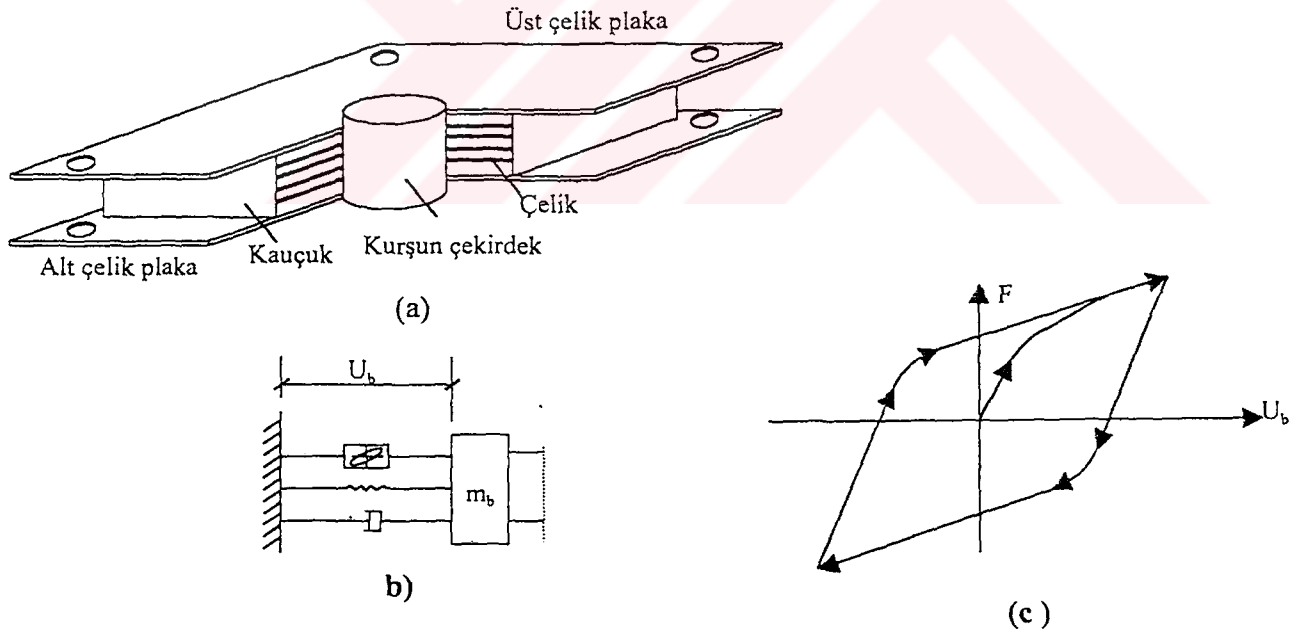


Şekil 1.8. Tabakalı Kauçuk Mesnet , a) Kesit ve Elemanlar , b) Şematik Model  
c) Kuvvet – Yer Değiştirme Davranışı

### 1.4.1.2. Yeni Zelanda mesnet sistemi (YZM)

Yeni Zelanda mesnet sistemi, tabakalı kauçuk mesnet sisteminin benzeridir. Fakat, kurşun çekirdek enerji dağılımında ilave bir rijitlik sağlamak amacıyla kullanılmıştır. Kurşun çekirdeğin enerji absorbe edebilme kapasitesi izolatorün yatay yer değiştirmesini azaltır. Bu sistem prensip olarak histeretik söndürücü aletler gibi davranmaktadır (Skinner vd., 1975). Histeretik söndürücü aletin kuvvet - yer değiştirme karakteristik özelliği gerçekçi olarak lineer olmayan diferansiyel denklemler kurularak modellenenmektedir (Constantinou vd., 1985). Bu mesnet sisteminin en önemli mahzuru, güçlü yer hareketinden sonra kurşun çekirdeğin zarar görüp görmediğinin dışarıdan tespit edilememesidir.

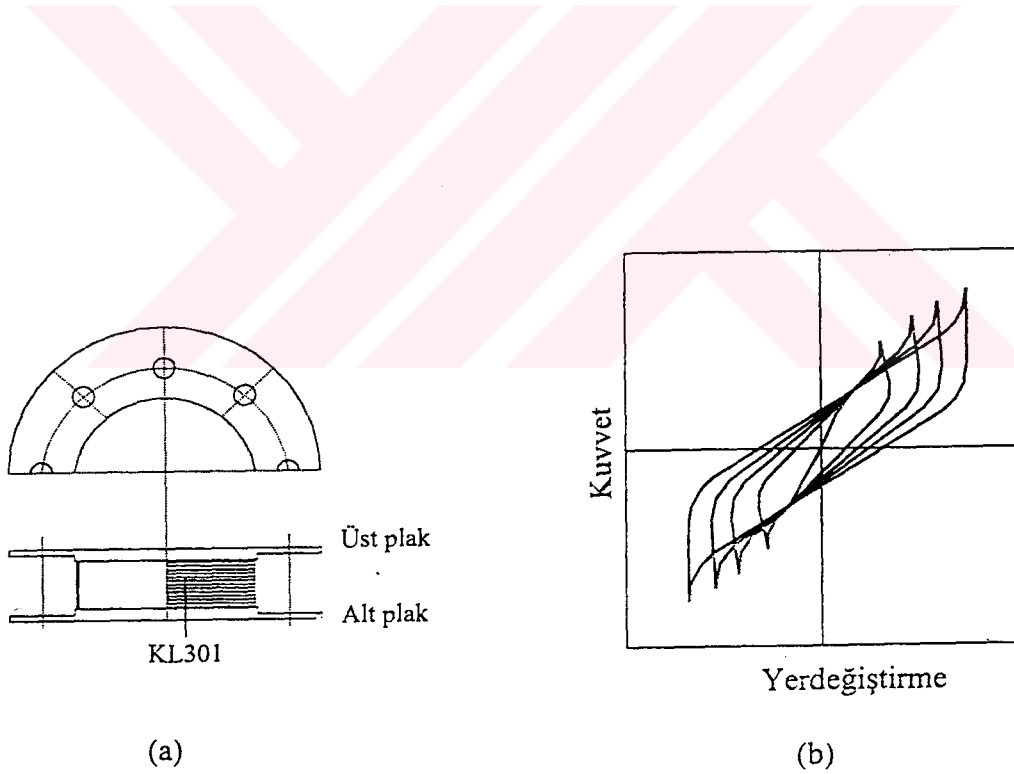
Yeni Zelanda mesnet sistemi Şekil (1.9.a.)'da, şematik modeli ise Şekil (1.9.b.)'de ve kuvvet - yer değiştirme davranışı Şekil (1.9.c.)'de gösterilmiştir.



Şekil 1.9. Yeni Zelanda Mesnet, a) Kesiti ve Elemanları, b) Şematik Diyagramı, c) Kuvvet - Yer Değiştirme Davranışı

### 1.4.1.3. Yüksek sönümlü kauçuk mesnet sistemi (YSKM)

Bu sistemde kauçuk mesnetler, doğal kauçuktan yapılmıştır. KL301 adi verilen yüksek sönümlü elastik bir maddenin karışımıyla Japonya'da bulunan Bridgestone firması tarafından üretilmektedir (Jangid, 1995). KL301'in çok küçük şekil değiştirmelerde kesme modülü 4300 kPa, %50 şekil değiştirmede 650 kPa, %100 şekil değiştirmede 430 kPa ve %150 şekil değiştirmede 340 kPa'dır. Mesnetler 2 mm kalınlığında olan 20 adet kauçuk tabakasından oluşmakta olup altta ve üstte 2 mm kalınlığında birer çelik levha bulunmaktadır. Eksenel hesap basıncı 3.23 Mpa'dır. Bu mesnet modeli, üst yapıyla temel arasında kolay bir birleşim yapabilmek amacıyla yanlarında kulakçıklar yapılmıştır. Yüksek sönümlü kauçuk mesnet sisteminin şekli ve kesiti Şekil (1.10.a.)'da ve kuvvet – yer değiştirme davranışı Şekil (1.10.b.)'de görülmektedir.



Şekil 1.10. Yüksek Sönümlü Kauçuk Mesnet, a) Kesiti ve Elemanları, b) Kuvvet – Yer Değiştirme Davranışı

## 1.4.2. Kayıcı sismik izolasyon sistemi

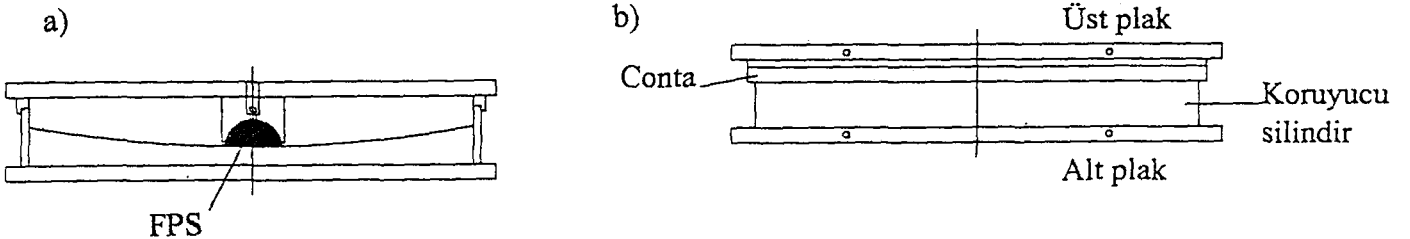
Bu elemanlar sürtünme prensibine uygun olarak çalışır. Sürtünme katsayısı arttıkça iletilen kesme kuvveti değeri artar. En yaygın olarak kullanılanları sürtünmeli sarkaç sistemidir.

### 1.4.2.1. Sürtünmeli sistem (SS)

Sürtünmeli taban izolasyon sistemi prensipte bir sürtünmeli kayan mekanizmadır (Su vd., 1989, 1990). Yatay sürtünme kuvvetleri, enerjiyi yok eder ve harekete karşı koyar. Bina temelinde bir silindir veya bir kum tabakası kullanımı, bu sisteme verilebilecek en basit örneklerdendir. Çin'de az katlı yapıları depreme karşı koruyabilmek amacıyla geliştirilmiştir. Mostaghel ve Tanbakuchi (1983) , Kelly ve Beucke (1983) sürtünmeli sistemin deprem ve sinüzoidal hareketler altındaki davranışlarını incelemişlerdir. Sürtünmeli izolasyon sistemlerinin geleneksel kauçuk mesnet sistemleriyle karşılaştırılmasıyla elde edilen bilgiler aşağıda sıralanmıştır (Jangid, 1995);

- Bu sürtünmeli izolasyon sistemi, geniş frekans dağılımı için etkili olabilmektedir.
- Sürtünme kuvvet, temelde meydana gelirken kayan mesnedin rijitlik merkezi ve kütle merkezi yapının kütlesiyle orantılı olabilmektedir. Bunun sonucu olarak, simetrik olmayan yapılarda meydana gelen burulma etkileri azalmaktadır.

Sürtünmeli sistem taban izolasyonunun şematik modeli Şekil (1.11.a.)'da ve kuvvet – yer değiştirme davranışı Şekil (1.11.b.)'de verilmiştir.

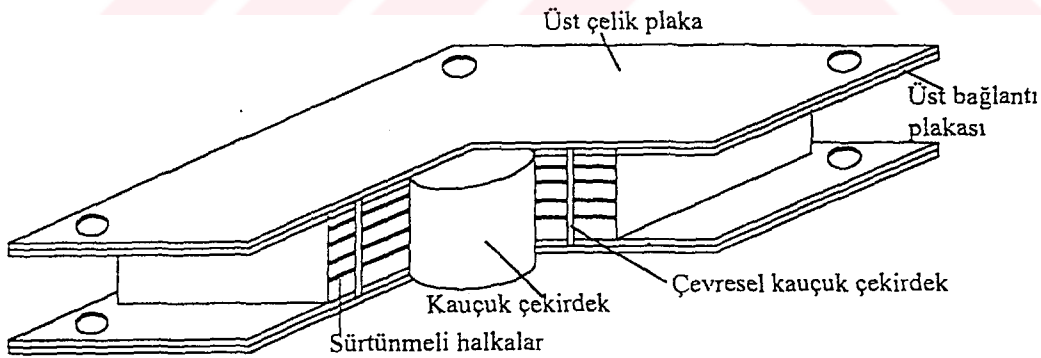


Şekil 1.11. Sürtünmeli Sistem, a) Kesiti ve Elemanları, b) Kuvvet – Yer Değiştirme Davranışı

#### 1.4.2.2. Elastik – sürtünmeli taban izolasyon sistemi (ESTİ)

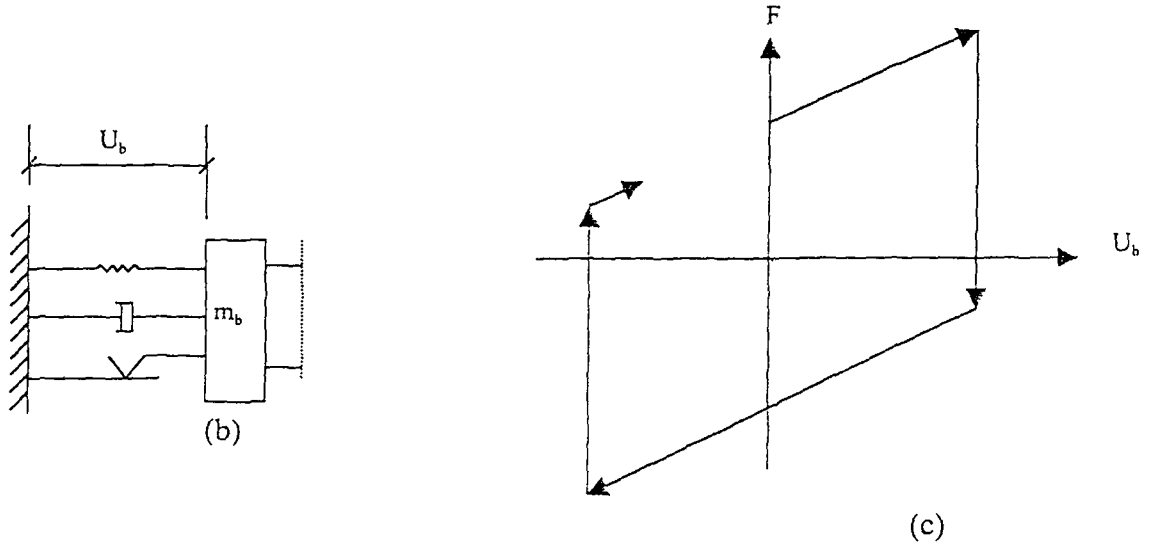
Elastik - sürtünmeli taban izolasyon sistemi, son yıllarda Mostaghel ve Khodaverdian (1987) tarafından önerilmiştir. Bu taban izolatörleri, birbirleriyle sürtünmeli olarak temas eden teflon kaplamalı eşit merkezli daireler halindeki plakalardan ve merkezi bir kauçuk çekirdekten oluşmaktadır. Plakaların birleşimleri sürtünme özelliği nedeni ile sönümü arttırmaktadır. Merkezi kauçuk çekirdek mesnet yer değiştirmesi ve hızı mesnet yüksekliği boyunca dağıtılmasını sağlamaktadır. Ayrıca, sistem tepki kuvveti sönüm ve sürtünme kuvvetinin davranışları birbirine paraleldir ve karakteristik özellikleri; doğal frekans ( $\omega_b$ ) sönüm sabiti ( $\xi_b$ ) ve sürtünme katsayısı ( $\mu$ )'dr. Bu parametreler için, Mostaghel ve Khodaverdian (1987)  $\omega_b = \pi / 2$  rad/sn,  $\xi_b = 0.10$  ve  $0.03 \leq \mu \leq 0.05$  değerlerinin alınmasını tavsiye etmişlerdir.

Elastik - sürtünmeli taban izolasyon sisteminin kesiti ve elemanları Şekil (1.12.a)'da, Şematik modeli Şekil (1.12.b)'de ve kuvvet – yer değiştirme davranışı Şekil (1.12.c)'de verilmiştir.



(a)

Şekil 1.12.a. Elastik Sürtünmeli Taban İzolasyon Sistemi Kesit ve Elemanları

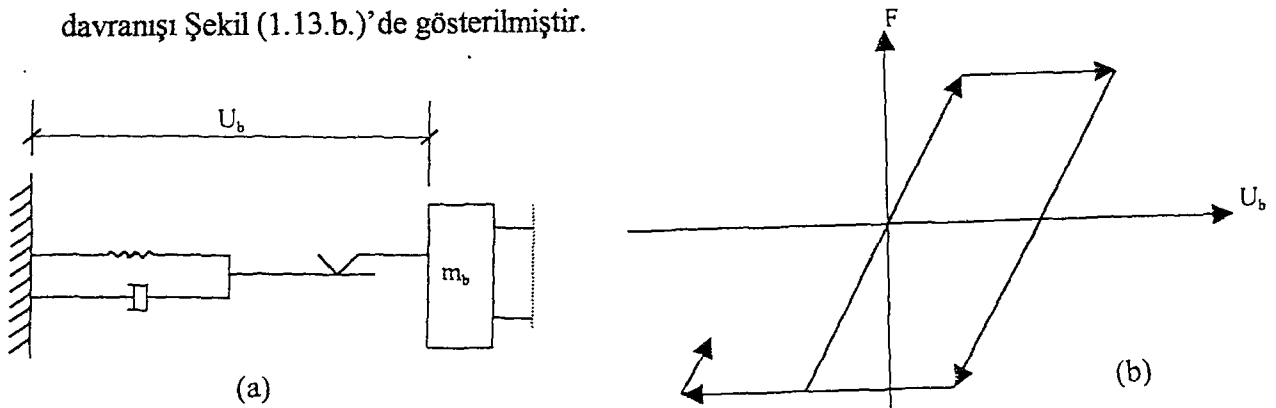


Şekil 1.12. ESTİ b) Şematik Modeli, c) Kuvvet – Yer Değişirme Davranışı

#### 1.4.2.3. Fransız elektrik sistemi (FE)

Önemli bir sürtülmeli taban izolasyon sistemi olan Fransız elektrik sistemi, Fransız Elektrik Kurumu'nun desteği ile geliştirilmiştir ve deprem bölgesindeki nükleer güç santralleri için standartlaştırılmıştır. Fransız elektrik sisteminin kesiti tabakalı kauçuk mesnet sistemiyle aynıdır. Sürtülmeli yüzeyler, izolasyon sisteminin işlem ömrü boyunca sürtünme katsayısı 0.2 alınarak tasarlanmıştır. (Ateş vd., 1999)

Fransız elektrik sisteminin şematik modeli Şekil (1.13.a.)'da ve kuvvet – yer değişirme davranışı Şekil (1.13.b.)'de gösterilmiştir.

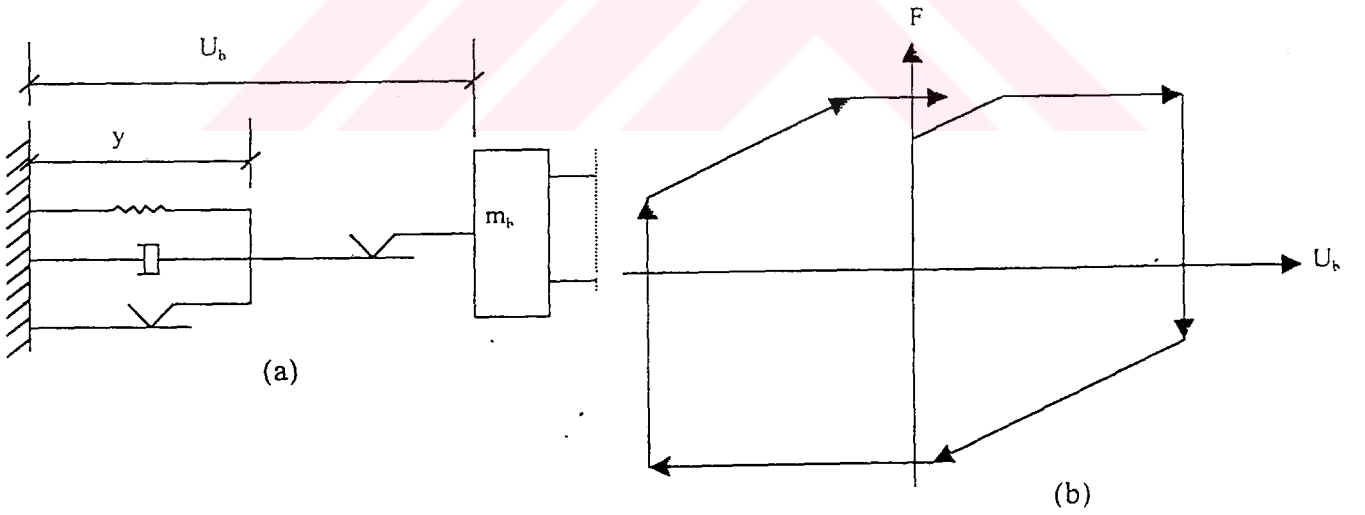


Şekil 1.13. Fransız Elektrik Sistemi, a) Şematik Modeli, b) Kuvvet – Yer Değişirme Davranışı

#### 1.4.2.4. Kaygan elastik sürtünmeli sistem (KES)

Kaygan elastik sürtünmeli izolasyon sistemi Su (1989) tarafından önerilmiştir. Bu izolatör sistemi, elastik sürtünmeli taban izolasyon ve Fransız elektrik sistemlerinin özelliklerini içermektedir. Elastik sürtünmeli taban izolasyon sisteminin üst yüzeyine sürtünmeli bir tabaka yerleştirilmektedir. Bunun sonucunda Fransız elektrik sisteminde olduğu gibi yapı temelinin üzerinde kayabilmektedir. Sismik hareketin en düşük olması durumu için sistem elastik sürtünmeli taban izolasyon sisteminde olduğu gibi davranmaktadır. Yer ivmesinin yüksek olması durumunda ise üst sürtünmeli plakada kayma meydana gelebilir ki bu durumda beklenmedik şiddetli yer hareketleri için ilave güvenlik sağlamaktadır.

Kaygan elastik sürtünmeli izolasyon sisteminin şematik modeli Şekil (1.14.a.)’da, kuvvet – yer değiştirme davranışı Şekil (1.14.b.)’de gösterilmektedir.



Şekil 1.14 Kaygan Elastik Sürtünmeli Sistem, a) Şematik Modeli, b) Kuvvet – Yer Değiştirme Davranışı

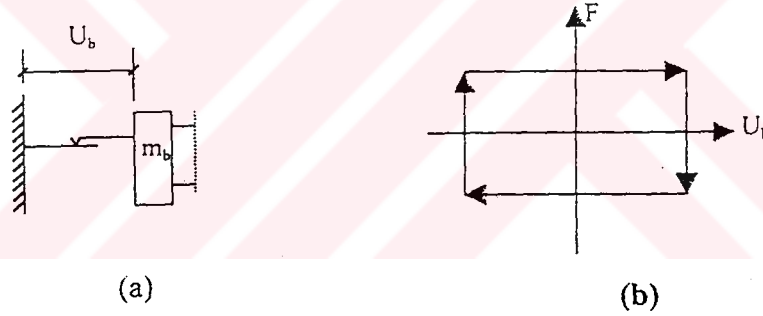


#### 1.4.2.5. Sürtünmeli sarkaç sistemi (SSS) (FPS)

Yeni bir sismik izolasyon sistemi olan sürtünmeli sarkaç sistemi, yukarıda tanımlanan sistemlere göre üretimi kolay ve dayanıklıdır. Sürtünmeli sarkaç sistem, arzu edilen sismik izolasyon sonuçların elde etmede ağırlık ve geometrisinden yararlanmaktadır. Çevresel etkilere karşı dayanıklı ve uzun ömürlüdür (Zayas vd., 1989, 1990).

Sürtünmeli sarkaç sistemde sarkaç hareketinin mühendislik prensiplerinin çok iyi bilinmesi gerekmektedir. Zira, bu sistemle mesnetlenen yapı, deprem hareketlerine karşı küçük genlikli sarkaç hareketi ile tepki vermektedir. Ayrıca, sistemin sürtünmeli olması özelliği de deprem enerjisini absorbe etmesini sağlamaktadır (Zayas vd.,1989).

Sürtünmeli sarkaç sisteminin kesiti ve görünüşü Şekil (1.15)'te verilmiştir.



Şekil 1.15. Sürtünmeli Sarkaç Sisteminin Kesiti ve Görünüşü

#### 1.5. Sismik Taban İzolasyonu Sistemlerinin Mesnetlenme Şekilleri

Taban izolasyon sistemleri temel ile yapı arasına yerleştirilirler. Sismik izolatör üretici firmalarca (Dis-Inc, 2002) önerilen çeşitli mesnetlenme şekilleri, yapıdaki kat sayısı, kullanılan malzeme türü, bağlantı malzemesi türü, elektrik, su ve gaz tesisatları olması halleri ve asansör olması halleri gözetilerek Şekil 3.1-13'de gösterilmiştir.

### 1.6. Taban İzolasyonlu Yapılar İle İlgili Daha Önce Yapılan Çalışmalar

Taban izolasyonu üzerine yapılan analitik çalışmaların çoğunda yapıların 2 boyutlu olarak modellenmesi tercih edilmiştir. Fakat, son yıllarda yapılan sadece birkaç çalışmada 3 boyutlu veya burulma etkisindeki sistemler düşünülmüştür (Kelly, 1992) (Jangid vd., 1994) (Lee, 1980) (Nagarajaiah vd., 1991, 1993).

Tadjbakhsh ve Ma (1982), harmonik yer hareketine maruz tabakalı kauçuk mesnet izolasyon sisteminin kullanılmasıyla birlikte rijit bir modelin çözümünü ele almışlardır.

Pan ve Kelly (1983), El Centro depremine maruz ve TKM sistemine sahip taban izolasyonlu burulmalı bir yapının tepkisini hesaplamışlardır. Yapıyı rijit bir kütle olarak idealize eden Pan ve Kelly, kütle merkeziyle rijitlik merkezi arasındaki eksantrisiteyi dikkate alarak burulma etkilerini araştırmışlardır. Sistemin tepkisini ifade etmek amacıyla Duhamel integralini ve deprem tepki spektrumunu kullanarak analiz yapmışlardır. Hem sönümlü hem de sönümsüz sahnışların fonksiyonunu ifade edebilmek amacıyla Green fonksiyonundan yararlanmışlardır. Yine Pan ve Kelly (1984), düşey yönde deprem hareketine maruz iki boyutlu, taban izolasyonlu bir çerçevenin sismik tepkisi konusunda araştırmalar yapmışlardır.

Constantinou ve Tadjbakhsh (1983, 1985), Kanai-Tajimi yer ivme spektrumuna ve beyaz gürültü olarak ifade edilen rastgele yer hareketine maruz, TKM ile izolasyon yapılmış iki boyutlu bir kayma çerçevesinin dinamik analizlerini yapmışlardır. Sistemin karesel ortalama tepkisini elde edebilmek amacıyla frekans alanında spektral analizi kullanmışlardır.

Lee ve Medland (1979), El Centro depremine maruz ve YZM tipi izolasyon sistemlerini kullanarak iki boyutlu çok katlı bir kayma çerçevesinin etkinliğini araştırmışlardır. YZM sisteminin çevrimsel kuvvet – yer değiştirme davranışını iki lineer doğrudan oluşan lineer olmayan davranış olarak modellemişlerdir.

Constantinou ve Tadjbakhsh.(1985), Kanai-Tajimi yer ivme spektrumuna maruz, YZM izolasyon sistemlerini kullanarak iki boyutlu bir kayma çerçevesinin dinamik analizlerini yapmışlardır. İzolatörün kuvvet – yer değiştirme davranışını, lineer olmayan diferansiyel denklemler kullanarak modellemişlerdir. Tepkinin hem stasyoner hem de stasyoner olmayan de değişimlerini elde etmişlerdir.

Shenton and Lin (1993), yer hareketi olarak 18 tane deprem kaydının ortalama değerlerinden faydalanarak bir tasarım spektrum eğrisi elde ederek ankastre tabanlı ve taban izolasyonlu sistemlerin dinamik davranışlarını karşılaştırmışlardır. Ayrıca, sistemi kayma çerçevesi ve perdeli olarak düşünmüşlerdir. İzolatörün kuvvet – yer değiştirme davranışını iki lineer doğrudan oluşan lineer olmayan davranış olarak modellemişlerdir.

Chen ve Ahmadi (1992), taban izolasyonlu kesme kirişi olarak modellenen bir yapı sisteminde ikincil sistemlerin stokastik tepkilerini araştırmışlardır. TKM, ESTI ve FE izolatörlerini, taban izolasyonu için düşünmüşlerdir. Stokastik modeller için yer hareketi olarak 1940 El Centro ve 1985 Mexico City depremlerini kullanmışlardır. Eşdeğer doğrusallaştırma tekniğini kullanan Chen ve Ahmadi (1992), birincil ve ikincil yapının tepkisini elde etmek için kareler toplamının karekökünü tercih etmişlerdir. Bu çalışmada, izolasyon sistemlerini yapıların depreme dayanıklılığın da bir koruma tekniği olduğunu ileri sürmüşlerdir. Özellikle TKM sistemiyle yapılan izolasyonda, ikincil sistemlerin tepkilerindeki azalmaların oldukça etkili olduğunu ifade etmişlerdir.

Sinüzoidal ve sismik yer hareketine maruz taban izolasyonlu çok katlı yapıların kat tepkilerini inceleyen çalışmasında Fan ve Ahmadi (1990), TKM, SS, ESTI, FE ve KES izolasyon sistemlerini kullanarak analizleri gerçekleştirmişlerdir. Kat tepkilerini elde etmek amacıyla 1940 El Centro, 1971 Pacoima Barajı ve 1985 Mexico City depremlerine ait kayıtları kullanmışlardır. Farklı izolasyonların kullanılmasıyla elde edilen sonuçları ankastre tabanlı yapılar ile karşılaştırmışlardır.

Novak ve Henderson (1989), radye veya tekil temel sistemlerinden oluşan zemin - yapı etkileşimini ihtiva eden bina sistemlerine ait hareket denklemlerini tanımlayıp, zemin - yapı karşılıklı etkileşiminin; yapıdaki muhtemel etkilerini ve temelin sallanmasını modeller

üzerinde denemişlerdir. Analizlerde kolaylıklar tavsiye eden Novak ve Henderson, zemin - yapı etkileşimlerinin teorik çalışmasını yapmışlardır.

Deprem ve harmonik harekete maruz kayıcı izolasyon sistemleri ile mesnetlenen tek katlı bir binanın analizleri, Mostaghel ve Tanbakuchi (1983) tarafından yapılmıştır. Hareket denklemlerinin lineer olmamasına rağmen, bu denklemler kayan veya kaymayan durumlar için Duhamel integrali kullanılarak çözülmüştür.

Constantinou ve Tadjakhsh (1984), kauçuk ve sürtünmeli taşıyıcılardan oluşan sismik izolasyonlu iki boyutlu kayma çerçevesinin analizlerini yapmışlardır. Birinci titreşim modu için lineer olmayan hareket denklemlerini çözmüşlerdir. Ayrıca, beyaz gürültü yer ivmesi için stokastik tepkileri elde etmişlerdir. Taban izolasyon sistemleri olarak yaylar veya söndürücü aletleri kullanmışlardır. Bu söndürücüler yatay yönde lineer ve viskoz bir sönüm sağlamadığı kabul edilmiştir.

ESTİ izolasyon sistemiyle mesnetlenen düzlem bir bina çerçevesinin analizleri Mostaghel ve Khodaverdian (1987, 1988) tarafından yapılmıştır. Mesnette kayma olmaması durumunda sistem, ankastre tabanlı yapı gibi davranmaktadır. Ancak, mesnette kayma olması durumunda taban kütesine ait hareket denklemi doğrusal ivme yaklaşımı kullanılarak çözümlenmiş ve buna karşılık üst yapı tepkileri standart mod birleştirme yöntemi kullanılarak yapılmıştır.

Fan ve Ahmadi (1990), ESTİ sistemi kullanılarak izolasyonu yapılan rijit bir yapının frekans alanında beyaz gürültü hareketine karşı tepkisini analiz etmişlerdir. Fan ve Ahmadi, lineer olmayan tepkiyi elde etmek amacıyla; eşdeğer lineer, stokastik ortalama ve eşdeğer lineer olmayan yöntemleri uygulamışlardır. Elde edilen tepkilerin karelerinin toplamının ortalaması ile Monte-Carlo Yöntemi'nden elde edilen sonuçlarla karşılaştıran Fan ve Ahmadi, sürtünmenin küçük değerleri için yaklaşımların uygun olabileceğini ileri sürmüşlerdir. Ancak, daha büyük sürtünme katsayıları için doğrusallaştırma tekniğinin doğruluğu azalmaktadır.

Taban izolasyonlu yapılarda hafif iç elemanların tepkilerinin teorik analizlerini Kelly ve Tsai (1985) yapmışlardır. Binanın kauçuk mesnetlerle izolasyonunu yapan bu araştırmacılar, sistem tepkilerini elde etmek amacıyla davranış spektrumunu kullanmışlardır. Ayrıca Tsai ve Kelly (1988), mesnetler üzerindeki izolasyonlu yapıda bulunan donanımın tepkisini de elde etmişlerdir. Aynı araştırmacılar başka bir çalışmalarında ise, klasik mod birleştirme yöntemini kullanarak iç donanımlı sınıflandırılmamış sönümlü taban izolasyonlu binanın uygun bir doğrulukta çözülebileceğini de göstermişlerdir.

Sistemlerin hareket denklemleri rastgele titreşimlerin harmonikleri için frekans alanında çözülebilir. Deprem kayıtlarının hızlı fourier dönüşümleri kolaylıkla elde edilebilir ve çözümler her harmonik etki için gerçekleştirilebilir. Taban izolasyon sistemi binanın en üst katına yerleştirilen aktif bir enerji absorbe edici sınır ile birleştirildiği zaman yapı davranışlarını kontrol için en iyi sonuçların elde edilebileceği pek çok araştırmacı tarafından vurgulanmıştır. Bu anlamda Inauci (1992), hem pasif hem de bir aktif kontrol sistemiyle yapının izolasyonunu tavsiye etmişlerdir.

Koh ve Balendra (1989), mesnetlerdeki  $P - \Delta$  etkilerini dikkate alan taban izolasyonlu yapıların analizini yapmışlardır. Mesnet üzerindeki basıncın etkisi ilave edildiğinde tabanda dönme serbestlik derecesi de analize dahil edilmektedir. Üst yapı ve temel için hareket denklemleri ayrı ayrı yazılabilir. Sistemin tepki analizi adım adım (step-by-step) sayısal integrasyon kullanılarak elde edilmiştir. İzolatörün burkulma güvenlik faktörü küçük ise  $P - \Delta$  etkisinin ihmal edilmesinin önemli hatalara yol açabileceğini göstermişlerdir. Sayısal sonuçları, taban izolasyonlu beş katlı kesme türü yapıdan elde etmişlerdir. Bina ve taşıyıcı mesnetler için sönüm oranlarını sırasıyla 0,05 ve 0.10 olarak taşıyıcı mesnetler için izolasyon periyodunu 2 sn olarak kabul etmişlerdir.

Kauçuk mesnetlerin kuvvet – yer değiştirme davranışını tanımlamak için bir Kelvin modeli Kon ve Kelly (1990) tarafından sunulmuştur. Taban izolasyonlu yapılara ait hareket denklemlerinin çözümü için sayısal integral düzeni uygulamışlardır. Yapılan sayısal örnekler geliştirilen algoritmanın iyi bir yaklaşım olduğunu göstermiştir. Ayrıca, sarsma

tablası üzerinde yapılan deneysel çalışmalardan Kelvin modelinin kabul edilebilir olduğu gösterilmiştir.

Henderson ve Novak (1989), 2.4 metre genişliğinde ve 24.4 metre uzunluğundaki rüzgar tüneline taban izolasyonlu bir binanın ani esen rüzgara karşı tepkisini elde etmişlerdir. Bu binayı esnek temelli olarak kabul etmişler ve bu temelin esnekliğini ise iki doğrudan oluşan lineer olmayan kuvvet – yer değiştirme davranışına sahip izolatörün başlangıç rijitliğine bağlı olduğunu kabul etmişlerdir.

Zemin-yapı etkileşiminin analojisi taban izolasyonlu yapıların dinamik davranışlarına benzetilebilmektedir. Bunun için esnek zemin üzerinde mesnetlenmiş taban izolasyonlu yapıların analizi için basitleştirilmiş bir yöntem Constantinou (1987) tarafından sunulmuştur. Yapı sistemi, tek katlı üstyapıdan, rijit bir tabandan ve visko - elastik yan uzay homojen zemin üzerinde bir daire temelden oluşmaktadır. İzolasyon sistemi ise, temel ile yapı taban arası yerleştirilen kauçuk taşıyıcılardır. Basitleştirilmiş bu yöntemde, rijit zemin üzerinde bulunan sönümlü tek serbestlik dereceli sistem gerçek yapı sistemini ifade etmektedir. Yapının dinamik davranışları için gerekli dinamik özellikler olan doğal frekans ve sönüm faktörü tek serbestlik dereceli sistemden elde edilmektedir. Siddiqui ve Constantinou (1989), diğer bir çalışmada ise yukarıda sunulan basitleştirilmiş yöntemi çok katlı yapılara uygulamışlardır. Basitleştirilmiş yöntem ile elde edilen taban kesme kuvveti ve yer değiştirmeler; çok serbestlik dereceli sistem olarak modellendirilen sonuçlar ile karşılaştırılmıştır. Bu karşılaştırmalardan; sonuçların yeterli yaklaşıklıkta olduğu gösterilmiştir.

Taban izolasyonlu yapılar üzerinde zemin yapı etkileşiminin dinamik davranışları pek çok araştırmacı tarafından çalışılmıştır. Constantinou (1987), Siddiqui (1989), Malangone ve Ferraioli (1998) ve Constantinou (1988), kauçuk tabanlı mesnetler üzerinde taban izolasyonlu bir yapının analizinde zemin-yapı etkileşiminin ele aldığı sadece üst yapı frekansının taban izolasyonu frekansına oranının 15'ten küçük olması ve deprem dalgası parametrelerinin 10'dan küçük olması durumları için izin verilebileceği gösterilmektedir. Bununla birlikte, taban izolasyonlu yapılarda zemin-yapı etkileşimi ankastre tabanlı yapılarda etkili olduğu kadar önemli olmamaktadır.

Taban izolasyonlu bir nükleer güç santral binasının lineer olmayan sismik analizleri frekans-zaman alan yöntemi kullanılarak Darbre (1990) tarafından yapılmıştır. Kayıcı özelliğe sahip taban izolatörleri üzerinde bulunan santral binasının yan sonsuz zemin modeliyle birlikte zemin-yapı etkileşimi incelenmiştir. Bu çalışmada, zemin dinamik rijitlik matrisi sınır elemanlar yöntemi kullanılarak çözülmüştür. Zemin-yapı karşılıklı etkileşimi için hareket denklemleri frekans-zaman alanında elde edilmiştir. Bu yöntemin avantajları hem sönüm oranı yüksek olan zemin ortamının hem de çözümü frekans alanında olmasıdır. Diğer bir avantajı ise, frekans alanında yapılan çözümlerin etkili bir çözüm işlemi olmasıdır.

Nagarajaiah (1991), 3-boyutlu taban izolasyonlu yapıların lineer olmayan dinamik analizlerini gerçekleştirmişlerdir. Ayrıca, bu amaçla 3D-BASIS isimli bir bilgisayar programı da üretmişlerdir. İki yönlü yer hareketine maruz taban izolasyonlu yapıların davranışları Jaugid ve Datta (1994) tarafından incelenmiştir, YZM ve SS izolasyon sistemleri kullanılarak 3 serbestlik dereceli bir sistemin davranışlarını değerlendirmişlerdir. Üst yapıda ve taban izolasyonunda, rijitlik merkezi ile kütle merkezi arasındaki farktan dolayı meydana gelen eksantrisiteyi dikkate almışlardır. Sistemin tepkisi deprem kayıtları kullanılarak elde edilmiştir.

Yüksek sönümlü taban izolasyon sistemli çok katlı yapıların lineer olmayan analizleri için bir modal işlem Malangone ve Ferraioli (1998) tarafından önerilmiştir. Analizlerde yüksek sönümlü tabakalı kauçuk ve Yeni Zelanda sistemleri iki farklı taban izolatörleri olarak düşünülmüştür.

Taban izolasyonlu yapıların davranışlarını ve en etkin özelliklerini ayırt edebilmek amacıyla pek çok parametrik çalışma yapılmıştır. Yapılan bu çalışmalarda başlıca parametreler; yapının periyodu, sönümü ve izolatörlerin akma dayanımı, akma şekil değiştirmeleridir. Ayrıca, sürtünmeli taban izolatörleri için en önemli olan parametreler ise kaygan yüzeyin sürtünme katsayısıdır.

TKM sistemiyle izolasyonu yapılan bir yapının tasarımında en uygun parametre yer hareketinin hakim frekansının,  $\omega_g$ , yapının frekansına,  $\omega_1$ , oran olduğu Constantinou ve

Tadjbakhsh (1983, 1985) tarafından ifade edilmiştir.  $(\omega_g / \omega_1)$  oranının ve özellikle taban izolasyon katsısının,  $\omega_b$ , yapının frekansına,  $\omega_1$ , oranının,  $(\omega_b / \omega_1)$ , küçük değerleri için taban izolasyonu etkisiz olmaktadır. Üst yapının esnekliğinin artması halinde taban izolasyonunun etkililiği de azalmaktadır.  $(\omega_g / \omega_1)$  oranı 1'e yaklaşırken sistemin daha çok etkili olacağı bu araştırmacılar tarafından elde edilmiştir. Ayrıca,  $(\omega_b / \omega_1)$  oranı artarken taban yer değiştirmeleri azalmaktadır, izolasyonun, rijit bir temel üzerindeki yapı için daha etkili olacağı bu ibareler göstermektedir. Yapının hakim frekansının optimum değeri ise genellikle 2 saniye olarak belirlenmektedir.

Stasyonier rastgele deprem hareketine maruz taban izolasyonlu bir binanın tepkileri Lin (1990) tarafından çalışılmıştır, izolasyon sisteminin etkililiğinin öncelikle enerji absorbe yapı periyodunu değiştirmesine bağlı olduğunu göstermişlerdir.

Sürtünmeli taban izolasyonunda öncelikle sürtünme katsayısı üst yapının tepkisini kontrol etmektedir. Mostaghel ve Tanbakuchi (1983), Fan (1990) kayıcı mesnetin düşük bir sürtünme katsayısı için ivme tepkilerinin, yer hareketinin frekansına bağlı olarak değişmediğini göstermişlerdir. Bu durum kayıcı mesnetlerin, sert zemin veya yumuşak zemin olan tüm bölgelerde etkili olarak kullanabileceğini ifade etmektedirler.

Fan ve Ahmadi (1990), karesel ortalama tepkisinin azalmasında sürtünme kuvvetinin oldukça etkili olduğunu rapor etmişlerdir. Constantinou ve Tadjbakhsh (1984), sürtünmenin küçük bir değerinin sistemin etkinliğini artırdığını sürtünmeli eleman içermeyen sistemlerle karşılaştırarak göstermişlerdir.

Lin ve Hone (1990) tarafından önerilen izolasyon sisteminde; yapı temeli altında karşılıklı ortogonal olarak yerleştirilen serbest dönebilen çubuklar kullanmışlardır. Sürtünme katsayısı artarken yapının tepkisinin artması elde edilen sonuçlardandır. Liauw (1988), deprem hareketinin yatay ve düşey hareketine manız, kayıcı mesnetler üzerindeki bir yapının tepkilerini elde etmişlerdir. Çalışmada yer hareketinin düşey bileşeninin: hem izolatör yer değiştirmelerini ve hem de yapının tepkilerini etkilendiğini göstermişlerdir.



Novak ve Henderson (1988), izolatörler zeminden daha fazla esnek ise sismik kuvvetler ve modal özellikler üzerindeki zemin - yapı etkileşiminin etkileri küçük olduğunu elde etmişlerdir. Bu esneklik en az 10 kat olmalıdır. Ancak, esneklikleri karşılaştırılabilir ise; zemin, taban izolasyonlu yapının davranışına yardım edebilir.

İzolasyon sistemlerinin kuvvet – yer değiştirme davranışları, izolasyonlu yapı modelinin karakteristik tepkileri gibi parametreler kullanılarak çeşitli izolasyon teknikleriyle birlikte pek çok deneysel çalışma yapılmıştır (Novak vd., 1989) (Kelly vd., 1983, 1999) (Constantinou vd., 1990) (Nagarajaiah vd., 1992).

Constantinou (1987), sürtünmeli sistemlerde sürtünme katsayısını elde etmek amacıyla teflon-çelik ara yüzeyi üzerinde deneysel çalışmalar yapıp ara yüzeyin sürtünme özellikleri elde edilmiştir. Yapılan bu deneysel çalışmalarda teflon ve çelik arasındaki sürtünme, hareketin ivmesi artmasıyla birlikte artmış ve mesnetteki basıncın artmasıyla azalmıştır. Teflon-çelik ara yüzey, düşük ivmelerde dahi, sürekli olarak kaymaya eğilimli olup Coulomb sürtünme yasasını teflon-çelik ara yüzey için kullanılamamıştır Constantinou (1990) (Nagarajaiah vd., 1992).

Mokha (1991), 6 katlı çeyrek ölçekli bir yapının sarsma tablası üzerinde sürtünmeli sarkaç modeli ile taban izolasyonu yaparak deprem ivmelerine maruz bırakmışlardır. Yapının farklı frekanslara sahip güçlü deprem kuvvetlerine karşı koyabilecek durumda olduğunu ve önemli derecede taban yer değiştirmelerinin azalmış olduğunu göstermişlerdir. Aynı yapı sistemi sarsma tablası üzerinde teflon mesnetler ve helisel çelik yaylar kullanılarak Constantinou (1991) tarafından çalışılmıştır. Yine farklı frekanslara sahip güçlü deprem kuvvetlerine karşı yapının dayanımı oldukça etkili olduğu görülmüştür. Ayrıca aynı araştırmacılar teflon mesnetlerde sürtünme özelliklerini ve mesnedin performansını çalışmışlardır. İki eksenli harekete manız teflon kayıcı mesnetler üzerinde deneysel çalışmalarını yaparak mesnet ara yüzeyindeki sürtünme kuvvetlerinin dik bileşenleri arasında bir etkileşimin var olduğunu göstermişlerdir. Bu etkilerin ihmal edilmesi izolasyon yer değiştirmelerinin az ve yapısal kesme kuvvetlerinin fazla olarak talimin edilmesine neden olabileceğini ortaya koymuşlardır (Mokha vd., 1991, 1993).

İzolasyonlu yapıların farklı modellenme kavramları sürtünmeli sarkaç sistemler kullanılarak Almazan (1998) tarafından yapılmıştır. 4 katlı bir bina çerçevesi ve tek katlı yapılar için sürtünmeli sarkaç sistemlerinin farklı yapısal modelleri geliştirilerek test edilmiştir. Ayrıca, sürtünmeli sarkaç sistemlerin kuvvet – yer değiştirme arasındaki ilişkiyi temsil eden formülasyonu da sunmuşlardır.

17 ülkede sismik taban izolasyonlu olarak çeşitli yapılar inşa edilmiştir. 8 ülkede de sismik izolasyonla ilgili araştırma programları yürütülmektedir. Yapılmış ve yapılmakta olan taban izolasyonlu yapıların sayısı yaklaşık olarak 102 tane olduğu bilinmektedir (Jangid, 1995). Taban izolasyonlu yapıların; 38 tanesi bina (ev, okul veya iş hanı), 51 tanesi köprü, 6 tanesi nükleer güç santrali ve 7 tanesi de endüstriyeldir. Ayrıca, İtalya ve Japonya'da yerel olarak izolasyonu yapılan 136 tane de köprü olduğu literatüre geçmiş kaynaklardan öğrenilmektedir (McKay vd., 1990) (Jangid, 1995) (Buckle vd., 1990).

Tablo 1'de sismik taban izolasyonlu yapılar, yapının bulunduğu ülke ve faaliyet gösteren kurumlar verilmektedir (Jangid, 1995).

Tablo 1. Taban İzolasyonu İle İlgili Daha Önce Yapılmış Çalışmalar

Ülke	İnşa Edilen Yapılar	Aktif Organizasyonlar
Belçika		D'Appolonia
Kanada	1 tane Kömür Yükleyicisi, Prens Rupert B.C.	İngiliz Kolombiya Üniversitesi, Vancouver Pall Dinamik, Montreal Swan Wooster Engineering, Vancouver Khanna Grubu
Şili	1 tane Maden Yükleyicisi, Guacolda	Şili Üniversitesi
Çin	2 tane Bina (1975)	Beijing İnşaat ve Yapı Araştırma Enstitüsü Merkezi
	1 tane Yol İstasyonu, (1980)	
	1 tane 4 katlı Yurt Binası, Beijing(1981)	
İngiltere	1 tane nükleer yakıt geri dönüşümü yapabilen santral	Malezya Kauçuk üreticileri Araştırma Birliği, Imperial Fen ve Teknoloji Koleji, Southampton Londra Üniversitesi
Finlandiya		Imatran Voima Grubu
Fransa	4 tane Bina (1977- 1982)	Ulusal Fen Bilimleri Araştırma Merkezi, Saclay Nucleer Enstitüsü Merkezi, Fransız Elektrik, Spie Batignolies
	1 tane 3 katlı Okul, Lambesc (1978)	
	2 tane Nükleer Atık Depolama Ünitesi, Cruas ve LePellirin(1982)	
Almanya		GERB, Berlin, Krafrvverke Derneği, Mühendislik Analizi, Polensky ve Zolher, Frankfurt, Jupp Grote
Yunanistan	2 İş hamı	Patras Üniversitesi
Macaristan		Budapeşte Teknik Üniversitesi
İzlanda	5 Köprü	İzlanda Kara Yolları

Hindistan		Roorkee Üniversitesi, Bhabha Atom Araştırma Merkezi
İran/İrak	1 tane Nükleer Güç Santrali, Karun Irmağı, (1978)	
	1 tane 12 katlı Bina, Tahran, (1968)	
İsrail		İsrail Teknoloji Enstitüsü
İtalya	3 tane viyadük	Austostrade, Roma, TESİT, Milano, Milan Politeknik
Japonya	4 tane Bina	Taisei Şirketi, Tokyo Kenchiku, Okumura Şirketi
	7 tane Araştırma laboratuvarı	Ohbayashi-gumi şirketi, Oiles Endüstri, Sumitomo İnşaat, Takenaka Komuten Şirketi
	2 adet Müze	Kajima Şirketi, Shimizu İnşaat Şirketi, Bayındırlık Bakanlığı
	5 tane İşhanı	Tokyo Üniversitesi, Tohoku University, Ulusal Elektrik Enerjisi Kurumu
Meksika	1 tane 4 katlı okul, Meksika City, (1974)	Gonzales Flores, Mühendisler Odası
Ortadoğu	Propan ve Bütan Gaz Depolama Tankları	
Yeni Zellanda	3 tane İşhanı, Auckland ve Wellington (1982, 1983 ve 1989)	Fizik ve Mühendislik Laboratuvarı, Auckland
	37 tane Köprü	Üniversitesi, Araştırma ve Geliştirme Bakanlığı, vb.
	2 tane Endüstri Yapısı	
Romanya	Bina	Jassy Politeknik Enstitüsü
Rusya	3 tane Bina, Sivastopol	
	1 tane 3 katlı Bina	
Güney Afrika	1 tane Nükleer Güç Santrali, Koeberg	

İsviçre		İsviçre Federal Teknoloji Enstitüsü, Zürih
Amerika	6 tane Köprü	Dinamik izolasyon Sistemleri, Kaliforniya Üniversitesi, Berkeley,
	6 tane Bina	Reid ve Tracis Taban İzolasyon Danışmanlıkları, Forell, Elsesser, Reaveley
	3 tane Endüstri Yapısı	Mühendislikleri, KPFF Mühendisler Odası Bazı Ulaştırma Bölümleri
Yugoslavya	1 tane 3 Katlı Okul, Skopje, (1969)	Kiril ve Metodij Üniversitesi

Ayrıca sadece Amerika'da uygulanan, taban izolasyonlu inşa edilmiş veya taban izolasyonu ile sismik iyileştirme yapılmış bazı projeler ile ilgili detaylı bildirimler Tablo 2'de verilmiştir (Ateş vd., 1999).

**Tablo 2. Amerika'da Uygulanmış Bazı Çalışmalar İle İlgili Teknik ve Mali Bilgiler**

Foothill Communities Law & Justice Center	Yer: Rancho Cucamonga, California Yapıran: County of San Bernardino Büyükük: 230,000 sq.ft. Toplam Maliyet: \$36 milyon İş Bitim Tarihi: 1985 Mühendisler: Taylor & Gaines; Reid & Tarics Sistem: HDR Üretici: Oil States Industries (now LTV)
Aircraft Simulator Manufacturing Facility	Yer: Salt Lake City, Utah Yapıran: Evans & Sutherland Corp. Büyükük: 140,000 sq.ft. Toplam Maliyet: \$8 milyon İş Bitim Tarihi: 1988 Mühendisler: Reaveley Engrs. & Assoc; DIS Sistem: LRB Üretici: DIS/Furon

University of Southern California Hospital	Yer: Los Angeles, California Yapıran: USC & National Medical Enterprises Büyükük: 350,000 sq.ft. Toplam Maliyet: \$50 milyon İş Bitim Tarihi: 1990 Mühendisler: KPFF Sistem: LRB Üretici: DIS/Furon
Fire Command and Control Facility	Yer: East Los Angeles, California Yapıran: County of Los Angeles Büyükük: 32,000 sq.ft. Toplam Maliyet: \$6.3 milyon (excl. equip.) İş Bitim Tarihi: 1990 Mühendisler: Fluor-Daniel Mühendisler, Inc. Sistem: HDR Üretici: Fyfe Assoc./Dynamic Rubber
Kaiser Regional Data Center	Yer: Corona, California Yapıran: Kaiser Foundation Health Plan Büyükük: 120,000 sq.ft. Toplam Maliyet: \$32 milyon İş Bitim Tarihi: 1992 Mühendisler: Taylor & Gaines Sistem: LRB Üretici: DIS/Furon
Titan Solid Rocket Motor Storage	Yer: Vandenburg Air Force Base Yapıran: U.S. Air Force Büyükük: N.A. Toplam Maliyet: N.A. İş Bitim Tarihi: 1992 Mühendisler: Bechtel National, Inc. Sistem: HDR Üretici: LTV
Salt Lake City and County Building (Sismik İyileştirme)	Yer: Salt Lake City, Utah Yapıran: Salt Lake City Corp. Büyükük: 170,000 sq.ft. Toplam Maliyet: \$30 milyon (sismik olmayan iyileştirme dahil). İş Bitim Tarihi: 1988 Mühendisler: E.W. Ailen & Assoc.; Forell / Elsesser Sistem: LRB Üretici: DIŞ/LTV

<p>Mackay School of Mines (Sismik İyileştirme)</p>	<p>Yer: Reno, Nevada Yaptıran: University of Nevada, Reno Büyükük: 27,000 sq. ft. Toplam Maliyet: \$7 milyon İş Bitim Tarihi: 1993 Mühendisler: Jack Howard &amp; Assoc.; BIC Sistem: HDR &amp; PTEF süders Üretici: Furon</p>
<p>Channing House Retirement Home (Sismik İyileştirme)</p>	<p>Yer: Palo Alto, California Yaptıran: Non-profit Corporation Büyükük: 260,000 sq. ft. Toplam Maliyet: N.A. İş Bitim Tarihi: in design phase Mühendisler: Rinnie &amp; Peterson; DIŞ Sistem: LRB Üretici: DIS/Furon</p>
<p>Rockwell Int. Corp. Headquarters (Sismik İyileştirme)</p>	<p>Yer: Seal Beach, California Yaptıran: Rockwell International Büyükük: 300,000 sq. ft. Toplam Maliyet: \$14 milyon İş Bitim Tarihi: 1991 Mühendisler: Englekirk &amp; Hart Sistem: LRB Üretici: DIS/Furon</p>
<p>Marina Apartments (Sismik İyileştirme)</p>	<p>Yer: San Francisco, California Yaptıran: Dr. Hawley Büyükük: 20,000 sq. ft. Toplam Maliyet: N.A. İş Bitim Tarihi: 1991 Mühendisler: EPS Sistem: FPS Üretici: EPS</p>
<p>Long Beach Hospita (Sismik İyileştirme)</p>	<p>Yer: Long Beach, California Yaptıran: Veteran's Administration Büyükük: 350,000 sq. ft. Toplam Maliyet: N.A. İş Bitim Tarihi: 1995 Mühendisler: A.C. Martin &amp; Assoc.; DIŞ Sistem: LRB Üretici: DIS/Furon</p>

## 2. ÖRNEK ÇALIŞMA: MİMAR SİNAN ÜNİVERSİTESİ HEYKEL BÖLÜMÜ EK BİNASI' NIN LİNEER OLMAYAN DİNAMİK ANALİZİ

### 2.1. Yapı Hakkında Bilgi

#### 2.1.1. Genel bilgiler

Yapılan çalışmada dinamik özellikleri belirlenmek amacıyla, Beşiktaş Belediyesi Fındıklı mevkiindeki Mimar Sinan Üniversitesi Merkez Kampüsü içerisinde yer alan, 17 Ağustos Adapazarı ve ardından 12 Kasım Düzce 1999, depremleri sonucu taşıyıcı sistemi zarar gören ve yıkılan heykel bölümü binasının yerine yapılmakta olan yeni bina seçilmiştir. Bina mimarisi heykel uygulamaları için atölye, derslik ve araştırma görevlileri için odalar oluşturmuştur.

Taşıyıcı sistem olarak radye temele ankastre bağlı kolonlar üzerinde, moment aktaran 6 adet dış çelik çerçeve ve çerçevelere mafsallı bağlı kirişler kullanılmıştır. 6 adet çelik çerçeve arasında enine yöndeki açıklık 7.90 m, boyuna yöndeki açıklık 5.00 m'dir.

Dinamik analiz Drain 2DX programıyla yapılmıştır. Drain 2DX, University of California / Berkeley'de geliştirilmiş lineer olmayan analiz yapabilen bir sonlu elemanlar programıdır (Drain User Guide). Girdi dosyaları Solaris firması tarafından geliştirilen Drain Editor programı ile hazırlanmıştır.

#### 2.1.2. Kolon ve kirişlerde kullanılan malzeme kesitleri

Birinci kat kirişlerinde (Kısa Yönde)	2 U 300
İkinci Kat Kirişlerinde (Kısa Yönde)	2 U 260
İç Taraftaki Uzun Kolonlar	2 U 300
Dış Taraftaki Kısa Kolonlar	2 U 260
Birinci Kat Kirişleri (Uzun Yönde)	2 U 260
İkinci Kat Kirişleri (Uzun Yönde)	2 U 260



### **2.1.3. Planlar**

#### **2.1.3.1. Kısa kesit görünüş**

M.S.Ü. Heykel Binası Kısa Kesit Görünüş Şekil 2.1.'de 1/50 ölçekli verilmiştir.

#### **2.1.3.2. Kolon aplikasyon planı**

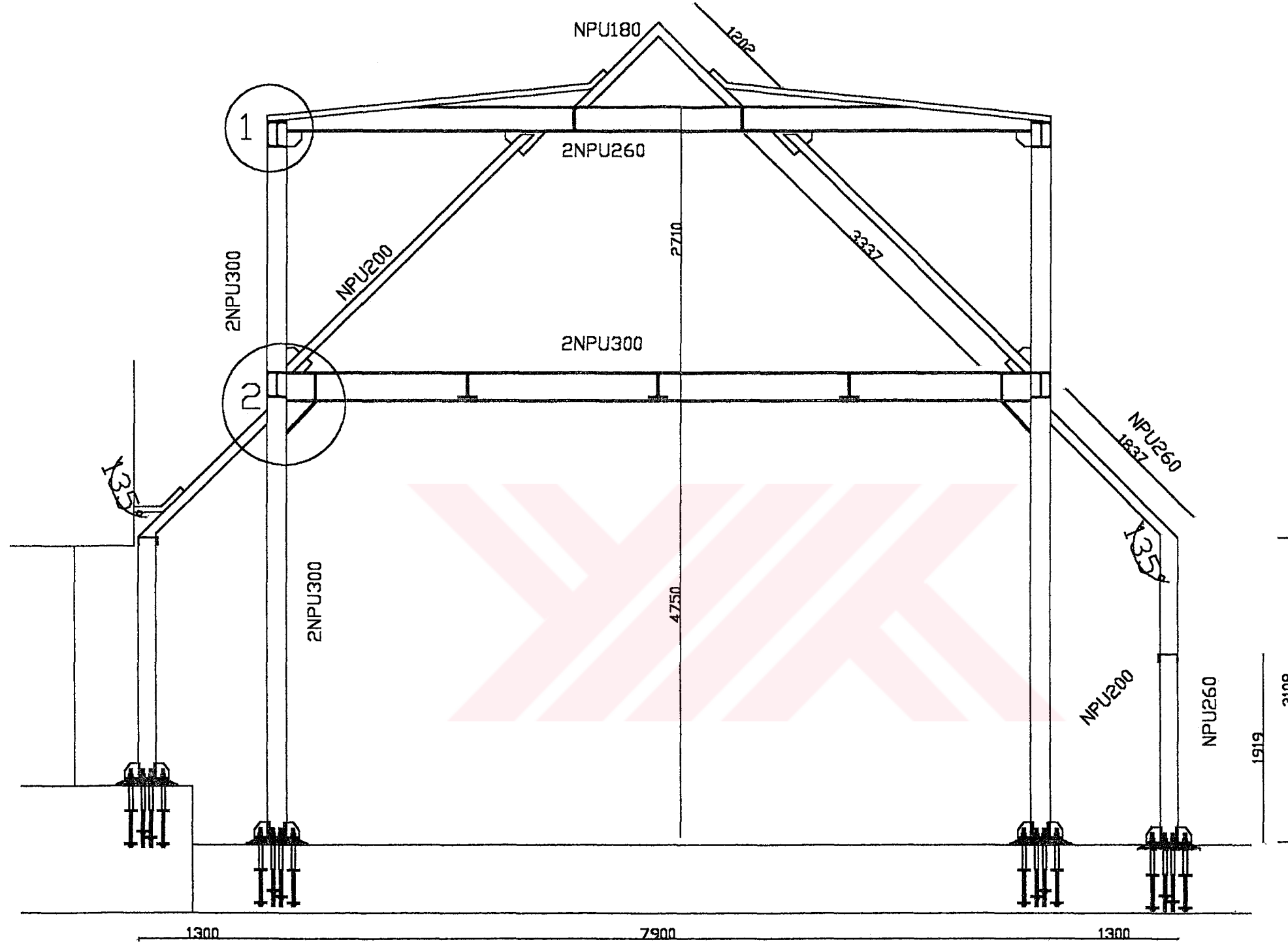
M.S.Ü. Heykel Binası Kolon Aplikasyon Planı Şekil 2.2.'de 1/100 ölçekli verilmiştir.

#### **2.1.3.3. Birinci kat giriş aplikasyon planı**

M.S.Ü. Heykel Binası Birinci Kat Giriş Aplikasyon Planı Şekil 2.3.'de 1/100 ölçekle verilmiştir.

#### **2.1.3.4. İkinci kat giriş aplikasyon planı**

M.S.Ü. Heykel Binası İkinci Kat Giriş Aplikasyon Planı Şekil 2.4.'de 1/100 ölçekle verilmiştir.



PROJE ADI/ PROJECT TITLE

HEYKEL BÖLÜMÜ

PAFTA ADI/ DRAWING NAME

ENİNE SİSTEM KESİTİ

ÖLÇEK/SCALE

1/50

TARİH/DATE

14/05/2001

EKOL İNŞAAT

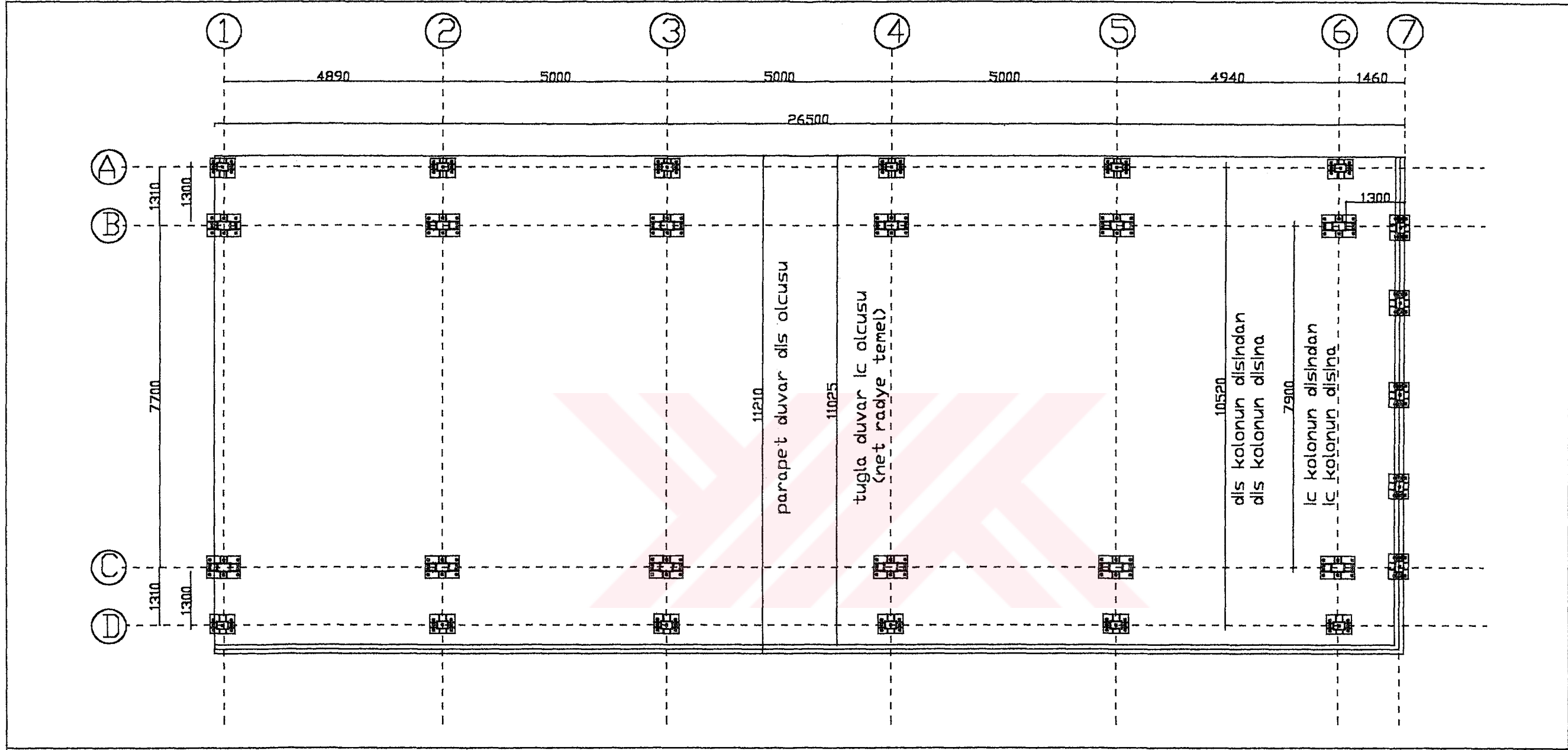
Restorasyon Elektrik ve Hrd. San. Tic. Ltd. Şti.

Rıhtım cad. NO:59/50 B blok

Karaköy / İSTANBUL

TEL : (0212) 251 47 44 - FAX: 292 00 45

Şekil 2.1. M.S.Ü. Heykel Binası Kısa Kesit Görünüşü (Ö: 1/50)



PROJE ADI/ PROJECT TITLE

**HEYKEL BÖLÜMÜ**

PAFTA ADI/ DRAWING NAME

**KOLON APLİKASYON PL.**

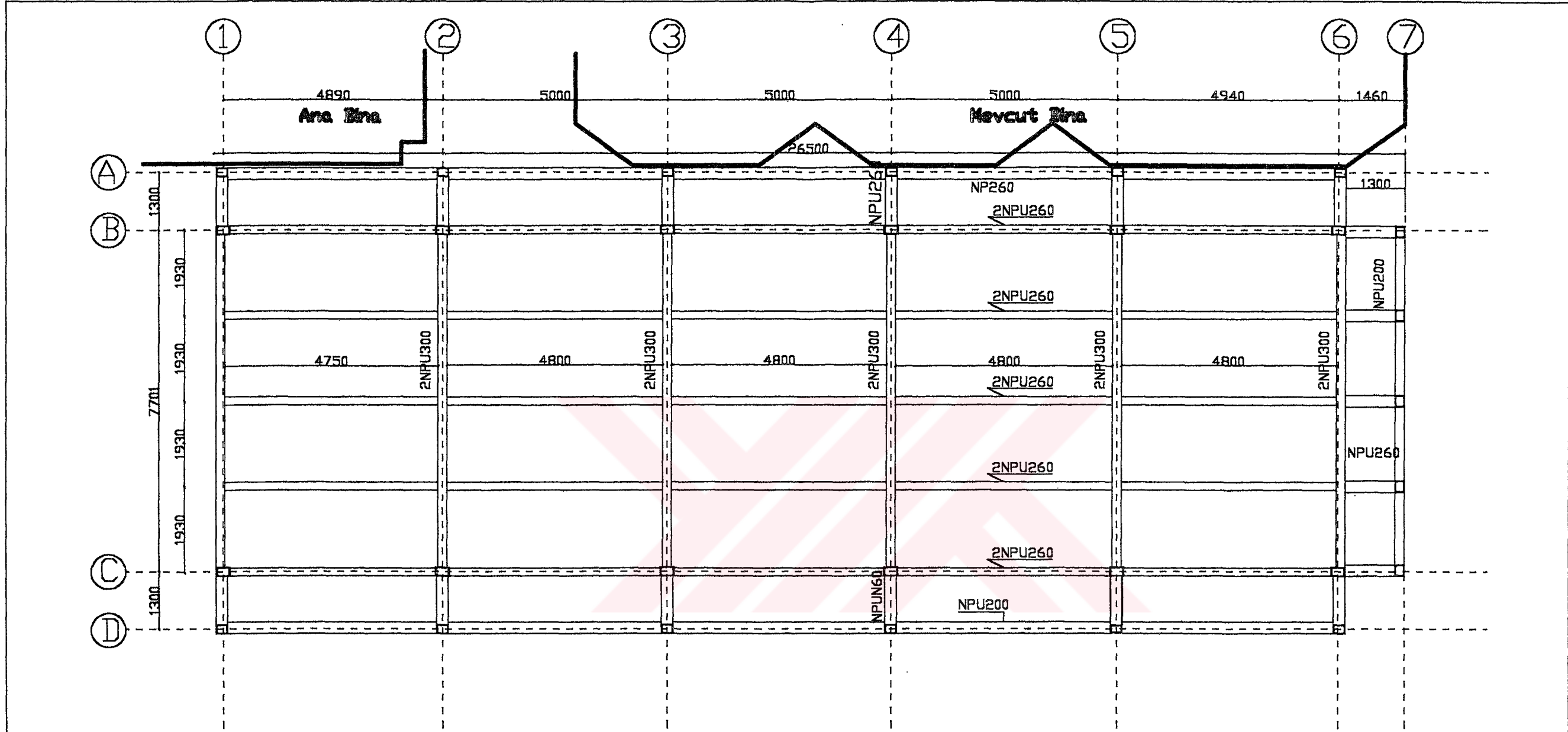
ÖLÇEK/SCALE

1/100

TARİH/DATE

14/05/2001

**EKOL İNŞAAT***Restorasyon Elektrik ve Hrd. San.Tic.Ltd.Şti.**Rıhtım cad. NO:59/50 B blok**Karaköy / İSTANBUL**TEL : (0212) 251 47 44 - FAX:292 00 45*



PROJE ADI/ PROJECT TITLE

HEYKEL BÖLÜMÜ

PAFTA ADI/ DRAWING NAME

1.KAT DÖŞEME PL.

ÖLÇEK/SCALE

1/100

TARİH/DATE

14/05/2001

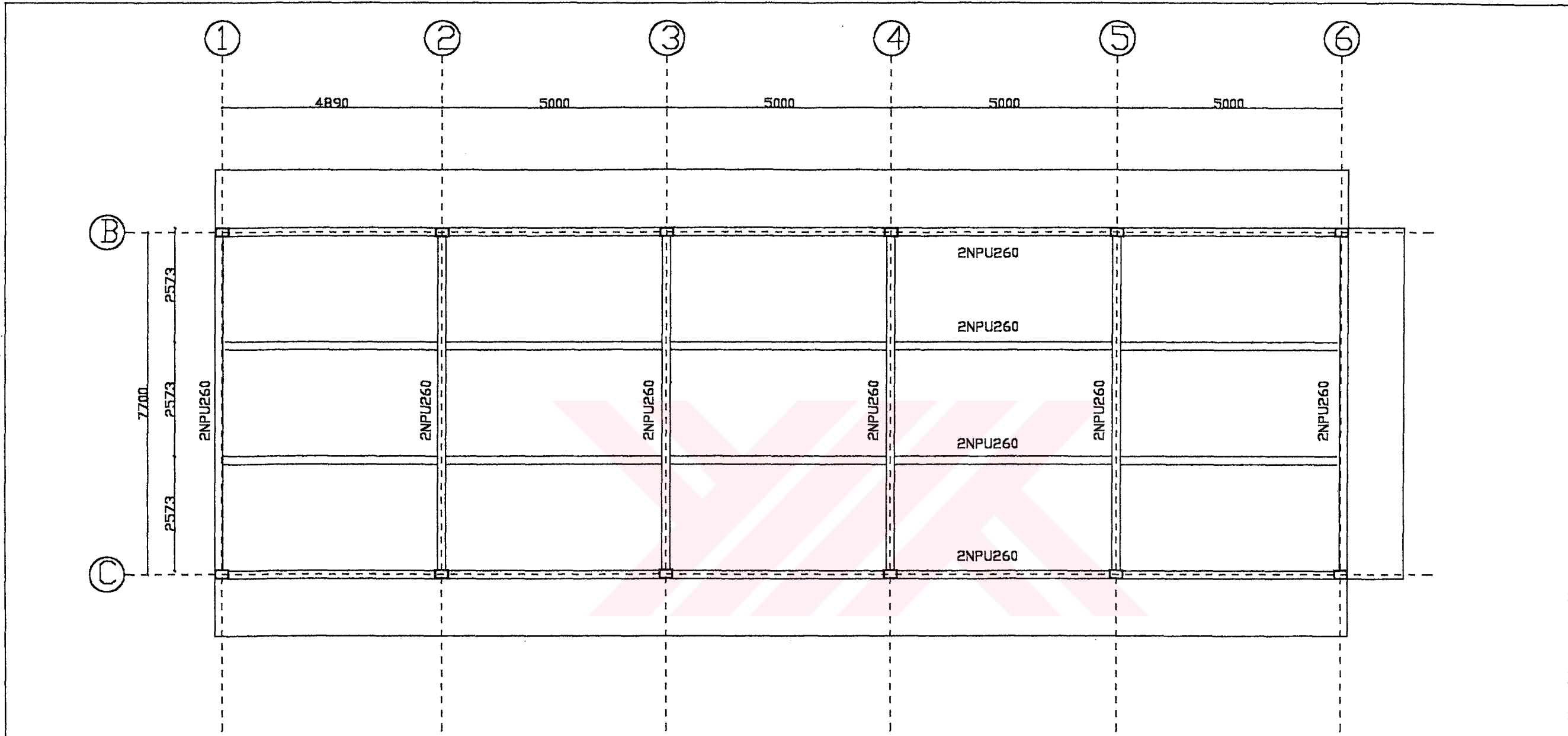
EKOL İNŞAAT

Restorasyon Elektrik ve Hırd. San.Tic.Ltd.Şti.

Rıhtım cad. NO:59/50 B blok

Karaköy / İSTANBUL

TEL : (0212) 251 47 44 - FAX:292 00 45



PROJE ADI/ PROJECT TITLE

**HEYKEL BÖLÜMÜ**

PAFTA ADI/ DRAWING NAME

**2. KAT DÖŞEME PL.**

ÖLÇEK/SCALE

1/100

TARİH/DATE

14/05/2001

**EKOL İNŞAAT***Restorasyon Elektrik ve Hırd. San. Tic. Ltd. Şti.**Rıhtım cad. NO:59/50 B blok**Karaköy / İSTANBUL**TEL : (0212) 251 47 44 - FAX:292 00 45*

## 2.2. Analiz Hakkında Bilgi

Binada kısa ve uzun yöndeki çerçeveler ele alınmış, bina üzerindeki sabit yük ve TS 498'de belirtildiği şekilde, okullar için hareketli yük hesap değerleri analizde kullanılmıştır.

Analiz sonuçları dinamik zaman artımı yöntemi kullanılarak hesaplanmıştır Yapı elemanlarının doğrusal olmayan davranışları göze alınarak analizler yapılmıştır.

Yapının inşa edildiği bölgenin deniz üzerine dolgu yapılmış bir bölge olması yanında, her türlü zemin koşulundaki analiz sonuçlarını öğrenebilmek amacıyla, yumuşak zeminde kaydedilen Miyagi (KG yönü) ve kaya zeminde kaydedilen 1999 İzmit (KG yönü) deprem ivme kayıtları 0.3g ve 0.6g'ye ölçeklenerek analizde kullanılmıştır.

Yapı önce sismik taban izolasyonu uygulanmamış haliyle analiz edilmiş, daha sonra yüksek sönümlü kauçuk mesnet sistem (YSKM) sismik taban izolasyon malzemesine, yapının periyodunu 2.5 sn. mertebesine çıkarmak için gereken yatay rijitlik değeri : 666 N/cm ve yer değiştirme sınır değeri : 50 cm verilmek suretiyle uygulanarak ikinci analizler yapılmıştır.

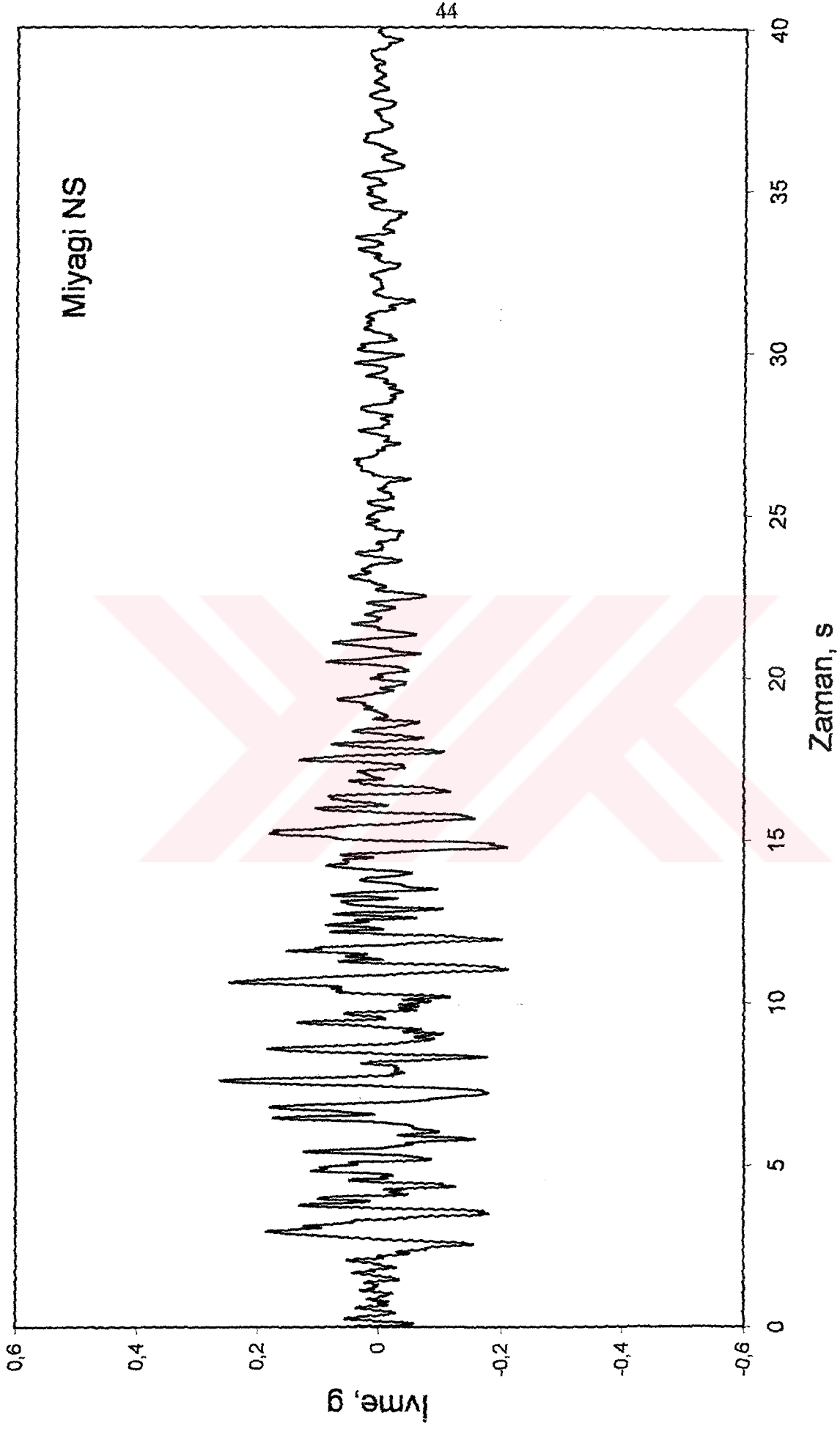
Analizler sonucu elde edilen çıktılar yardımıyla her bir analiz için;

- Tabanda ve katlarda toplam kesme kuvvetleri (Şekil 2.9.-12. ve Şekil 2.21.-24.),
- Kat yer değiştirmeleri (Şekil 2.13.-16. ve Şekil 2.25.-28.),
- Görelî kat yer değiştirmeleri zarfları çizilmiştir (Şekil 2.17.-20. ve Şekil 2.29.-32.).

Verilen bir depremin spektrumu, bu deprem etkisine maruz kalan tek serbestlik dereceli bir sistemin davranışının (ivme, hız ve yer değiştirme) maksimumunu, serbest titreşim periyoduna bağlı olarak gösteren eğridir. Farklı zemin durumlarına ait spektrum eğrilerinin birbirleriyle kıyaslanması amacıyla spektrum eğrileri normalize edilir. Çizilen şekillere ele alınan deprem dalgalarının ivme-zaman grafikleri (Şekil 2.5.-6.) ve normalize edilmiş yalancı ivme / maksimum yer ivmesi grafikleri de (Şekil 2.7.-8.) eklenmiştir (Celep vd., 1996).

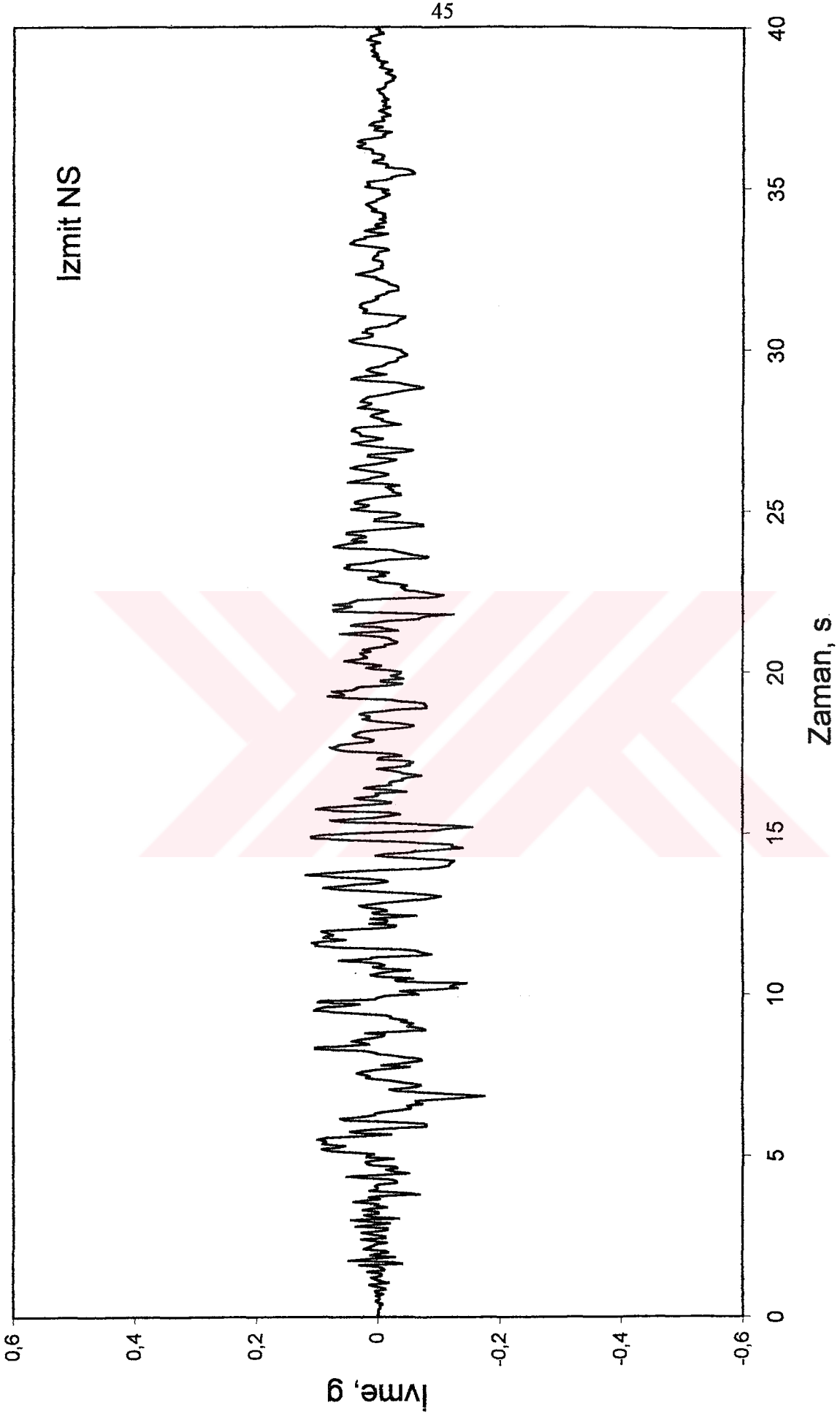
Taban izolasyon sisteminin yapı sistemi içerisindeki mesnetlenme şekli Şekil 3.1’de ayrıntısıyla gösterilmiştir. Ayrıca bu çalışmada bulunmamakla beraber diğer sismik taban izolasyonu uygulanmış sistemlerde karşılaşılabilecek asansör detayı, elektrik tesisatı bağlantı detayı, gaz tesisatı bağlantı detayı, sismik taban izolatörlerinin betonarme kolon altına birleşim detayları, betonarme kolonların sismik izolatörlerle güçlendirilme detayları ve sismik taban izolatörlerinin az ve çok katlı yapılardaki yerleştirilme şekilleri gibi her türlü mimari ve yapısal detay problemleri de düşünülerek, bir izolatör üreticisi firmanın çözümleri olarak Şekil 3.1-13’de sunulmuştur. (Dis-Inc, 2002)





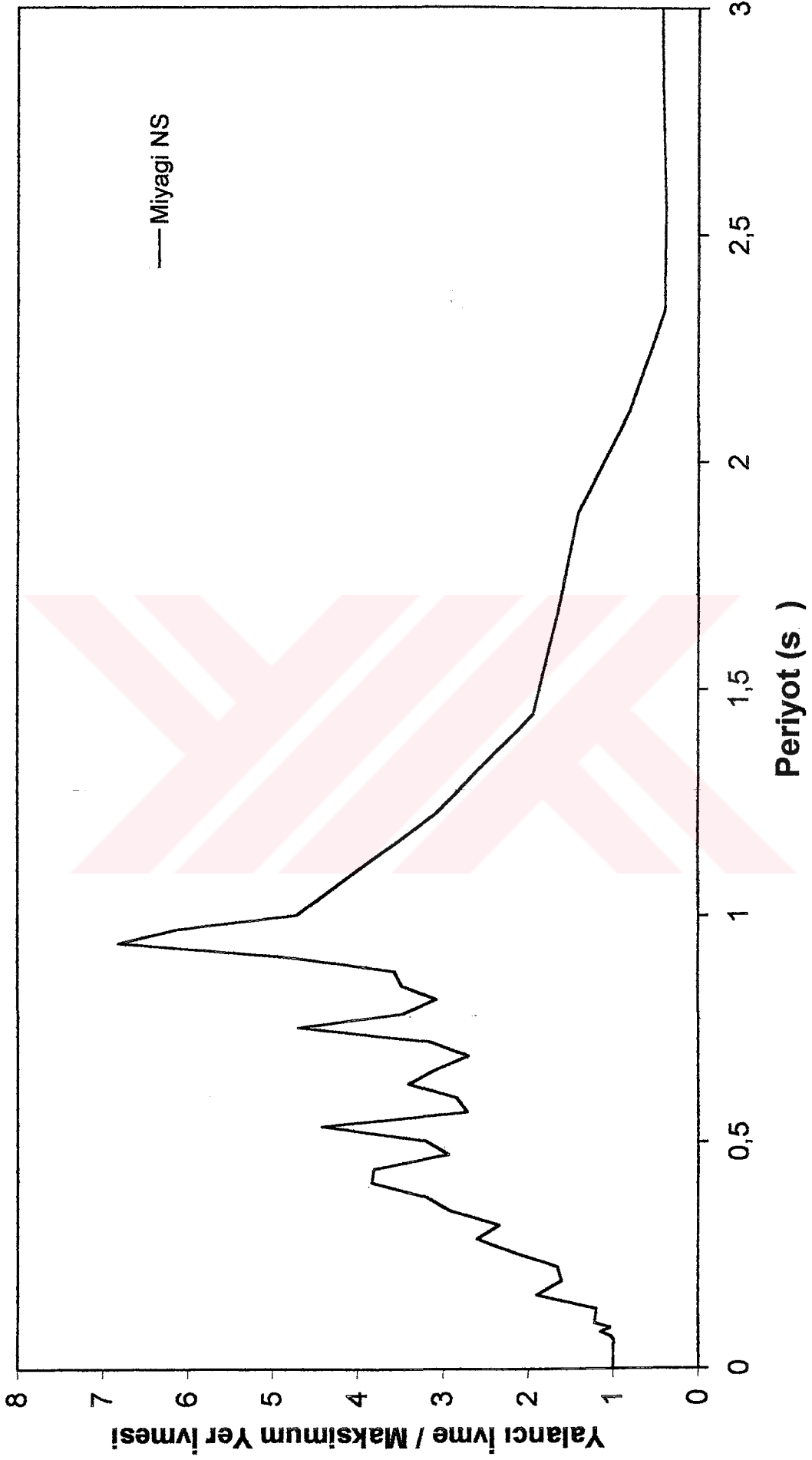
Şekil 2.5. Miyagi (Kuzey-Güney Bileşeni) Deprem İvme-Zaman Grafiği





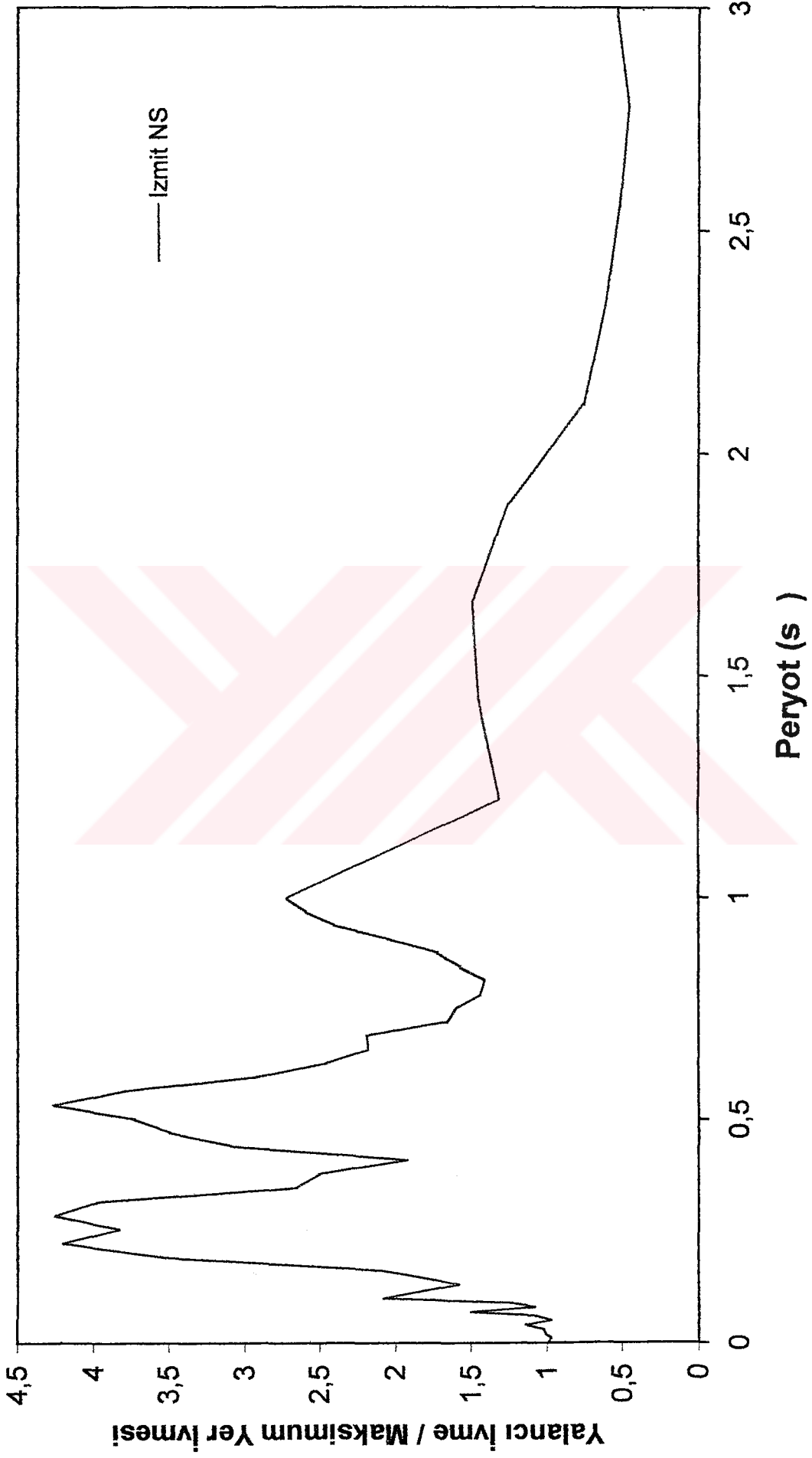
Şekil 2.6. İzmit (Kuzey-Güney Bileşeni) Deprem İvme-Zaman Grafiği

Miyagi NS

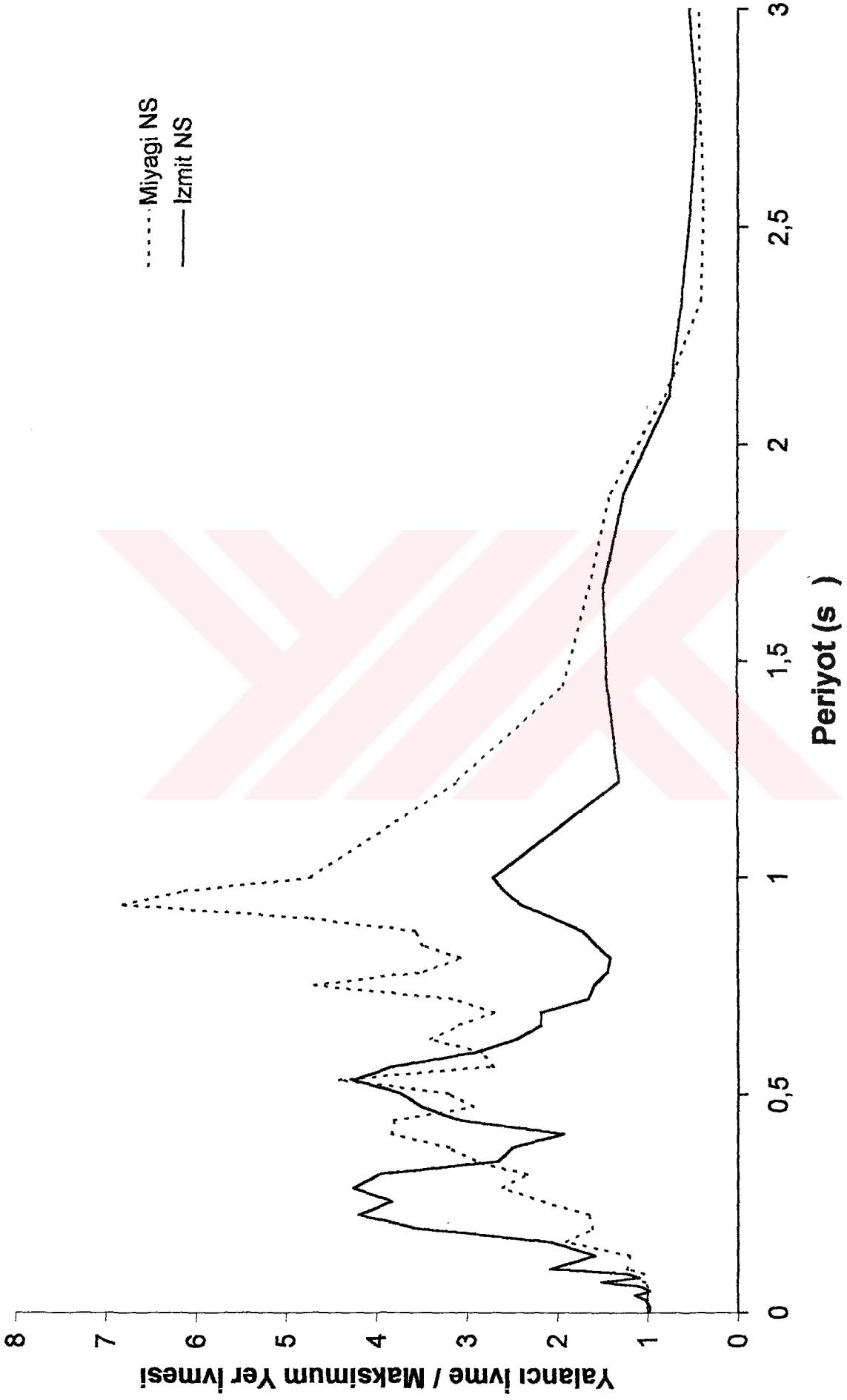


Şekil 2.7. Miyagi (Kuzey-Güney Bileşeni) Yalancı İvme/Maksimum Yer İvmesi Grafiği

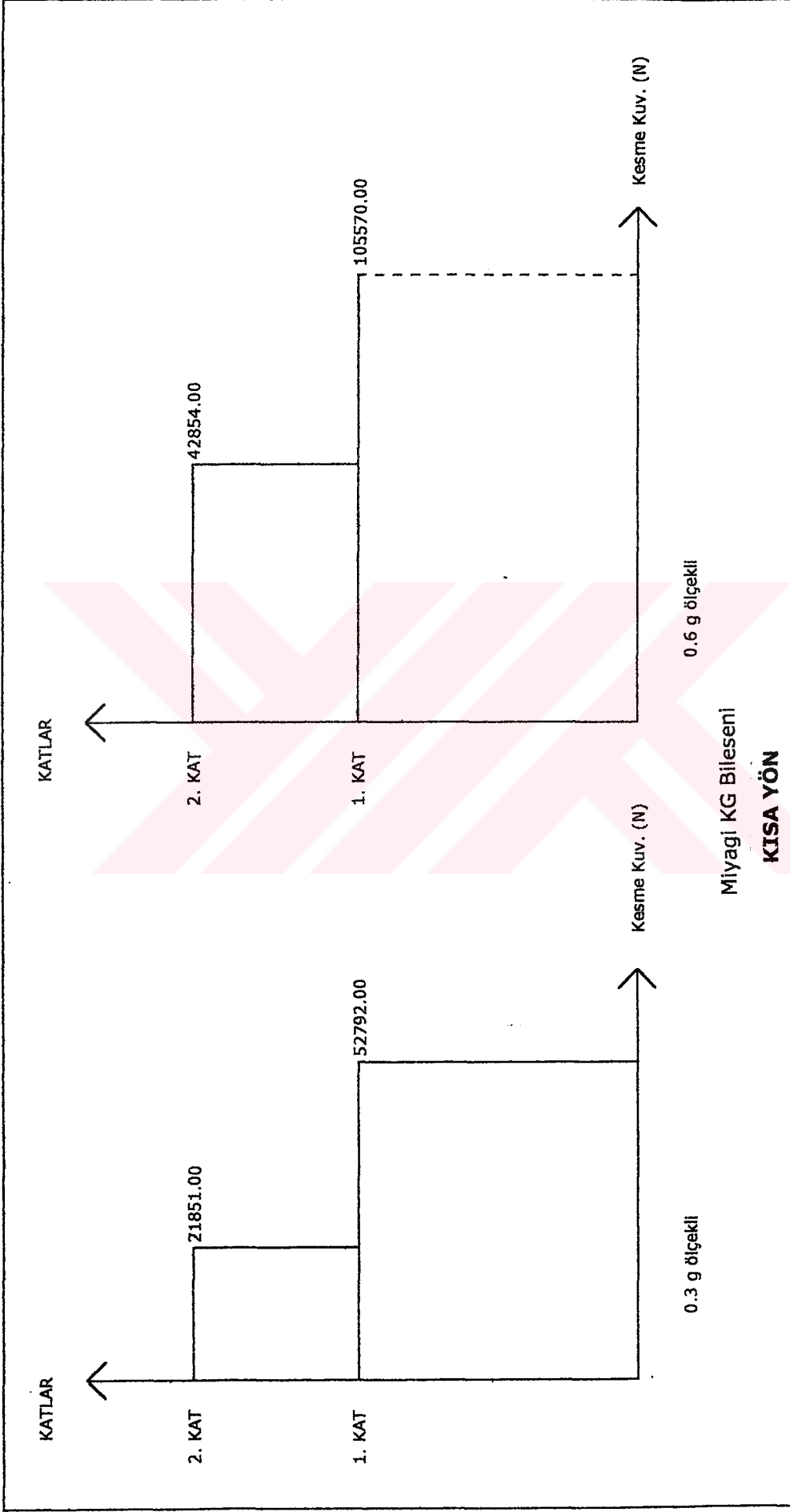
Izmit NS



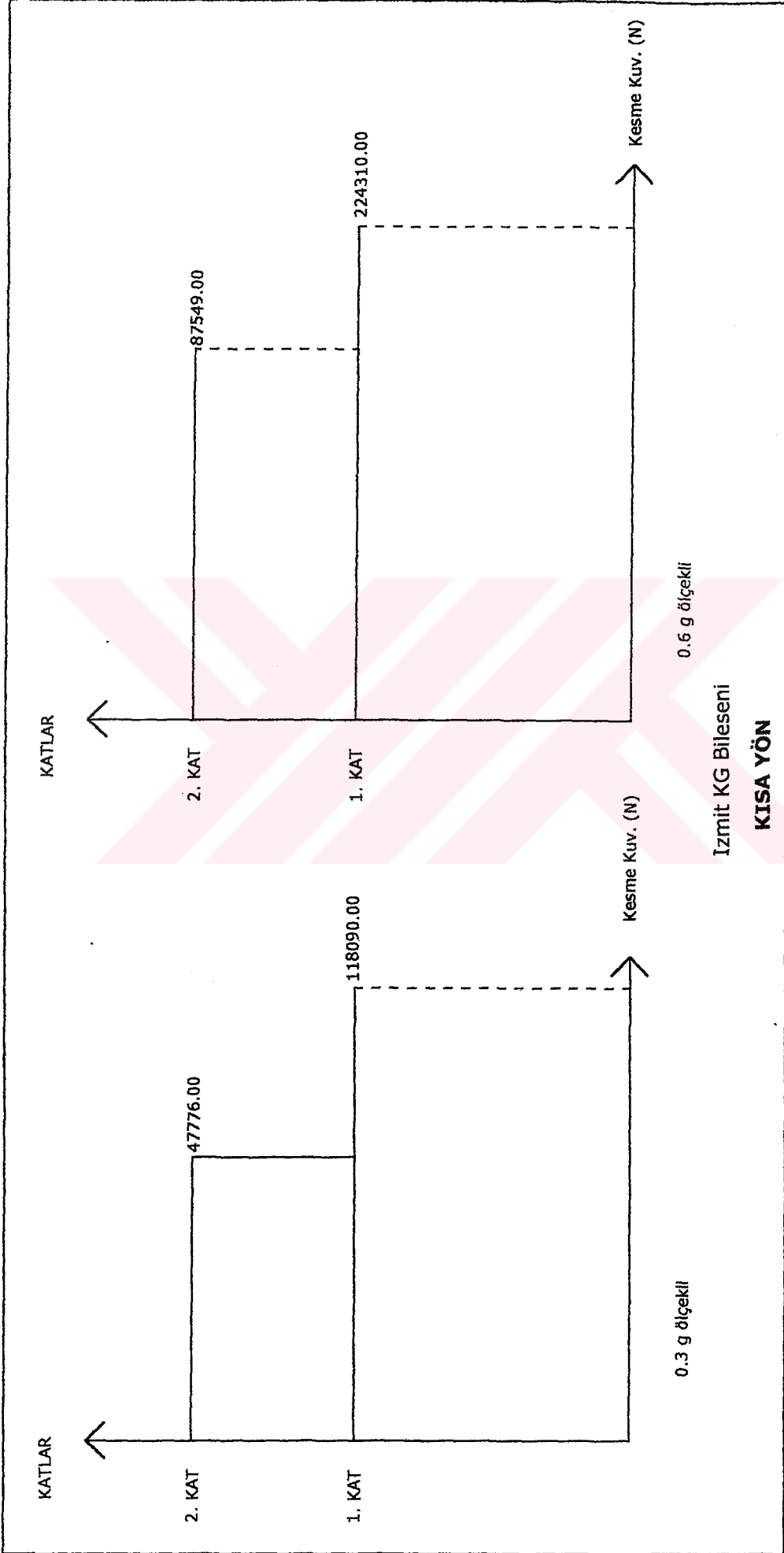
Şekil 2.8. İzmit (Kuzey-Güney Bileşeni) Yalancı İvme/Maksimum Yer İvmesi Grafiği



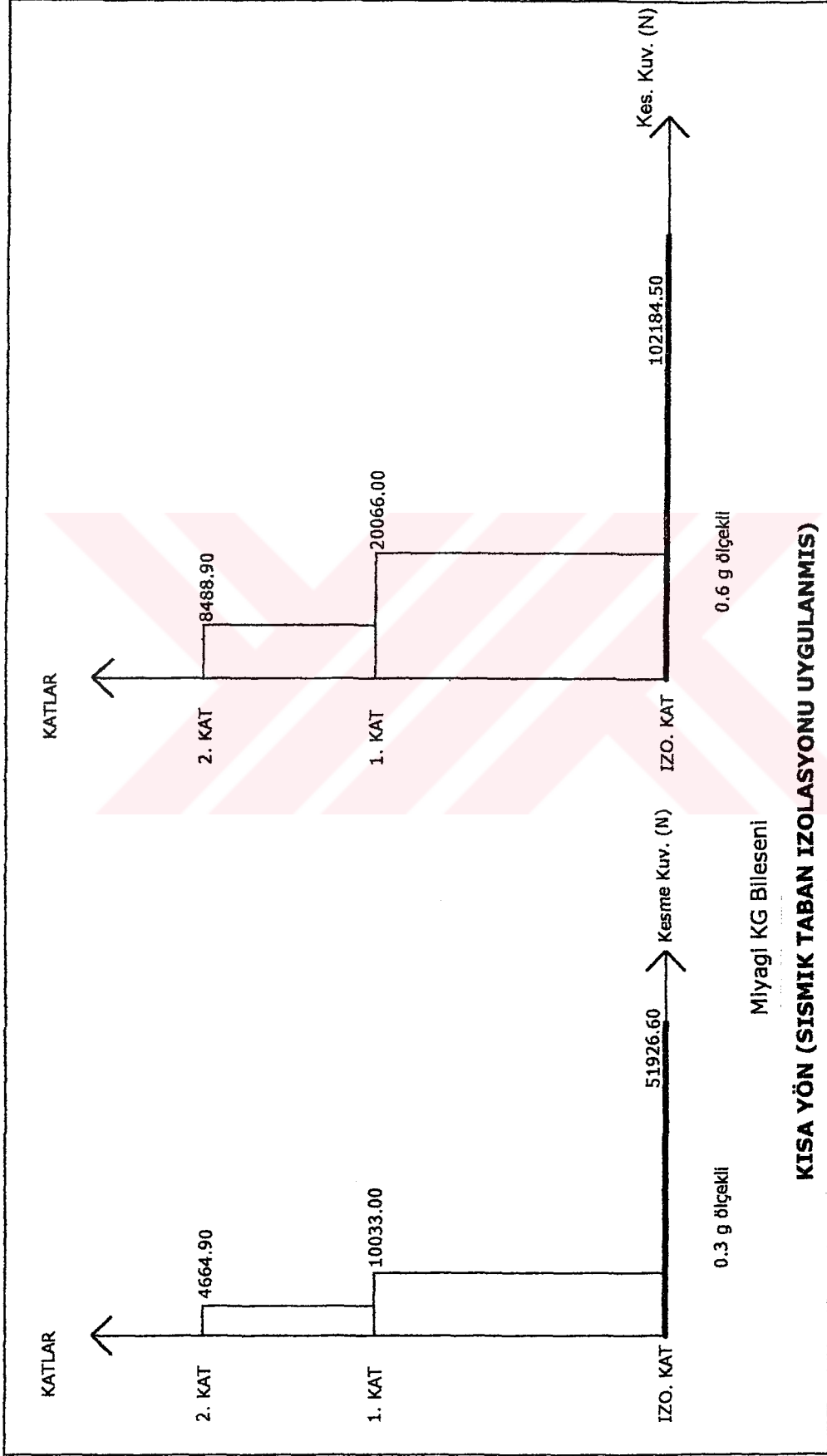
Şekil 2.7.- 8. Miyagi ve İzmit (Kuzey-Güney Bileşeni) Yalancı İvme/Maksimum Yer İvmesi Grafiği



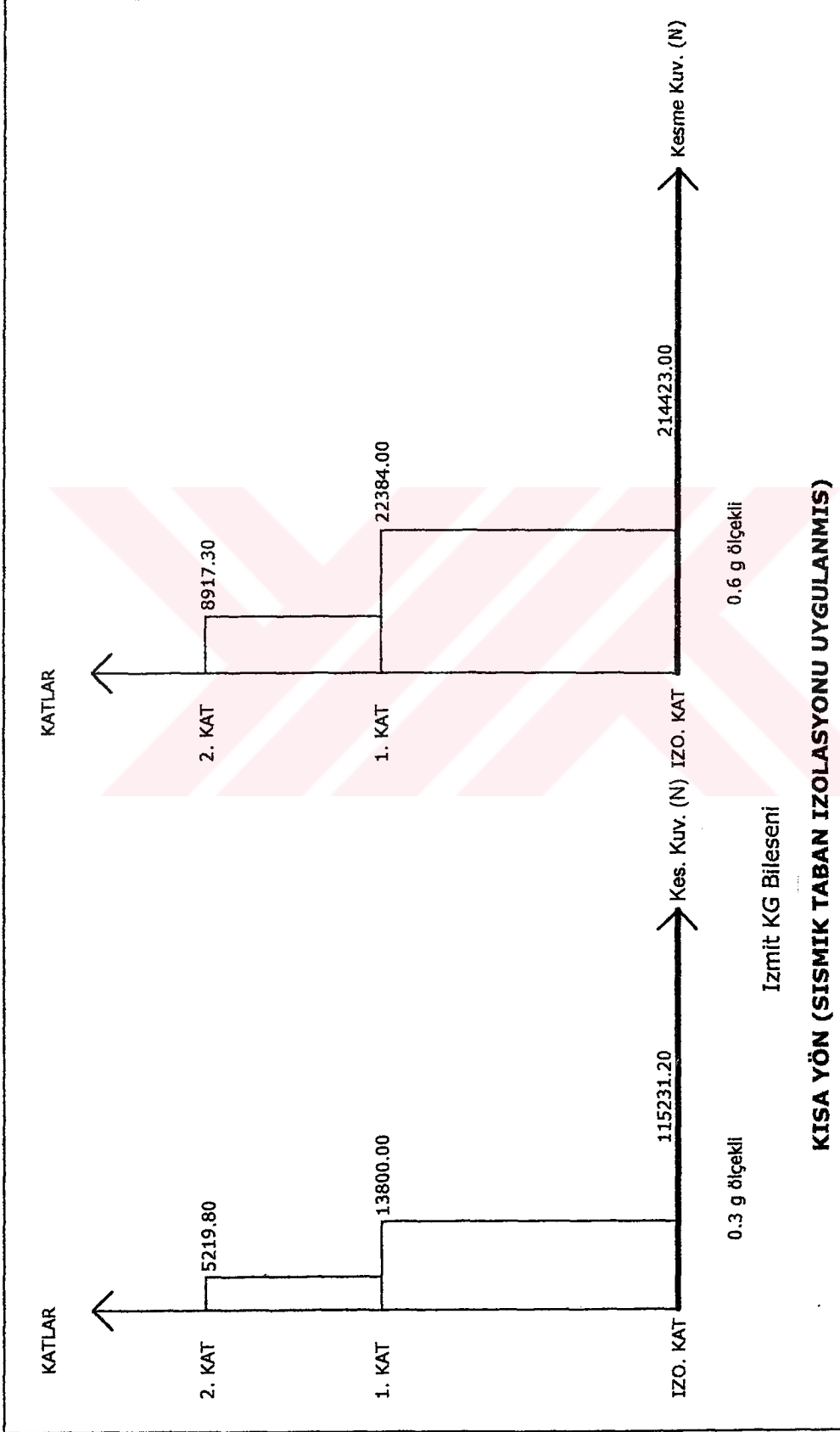
Şekil 2.9. Kısa yönde, (a) 0.3g, (b) 0.6g ölçekli Miyagi (KG) yer hareketi ve izolatörsüz yapı için kat kesme kuvvetleri diyagramı



Şekil 2.10. Kısa yönde, (a) 0.3g, (b) 0.6g ölçekli İzmit (KG) yer hareketi ve izolatörsüz yapı için kat kesme kuvvetleri diyagramı

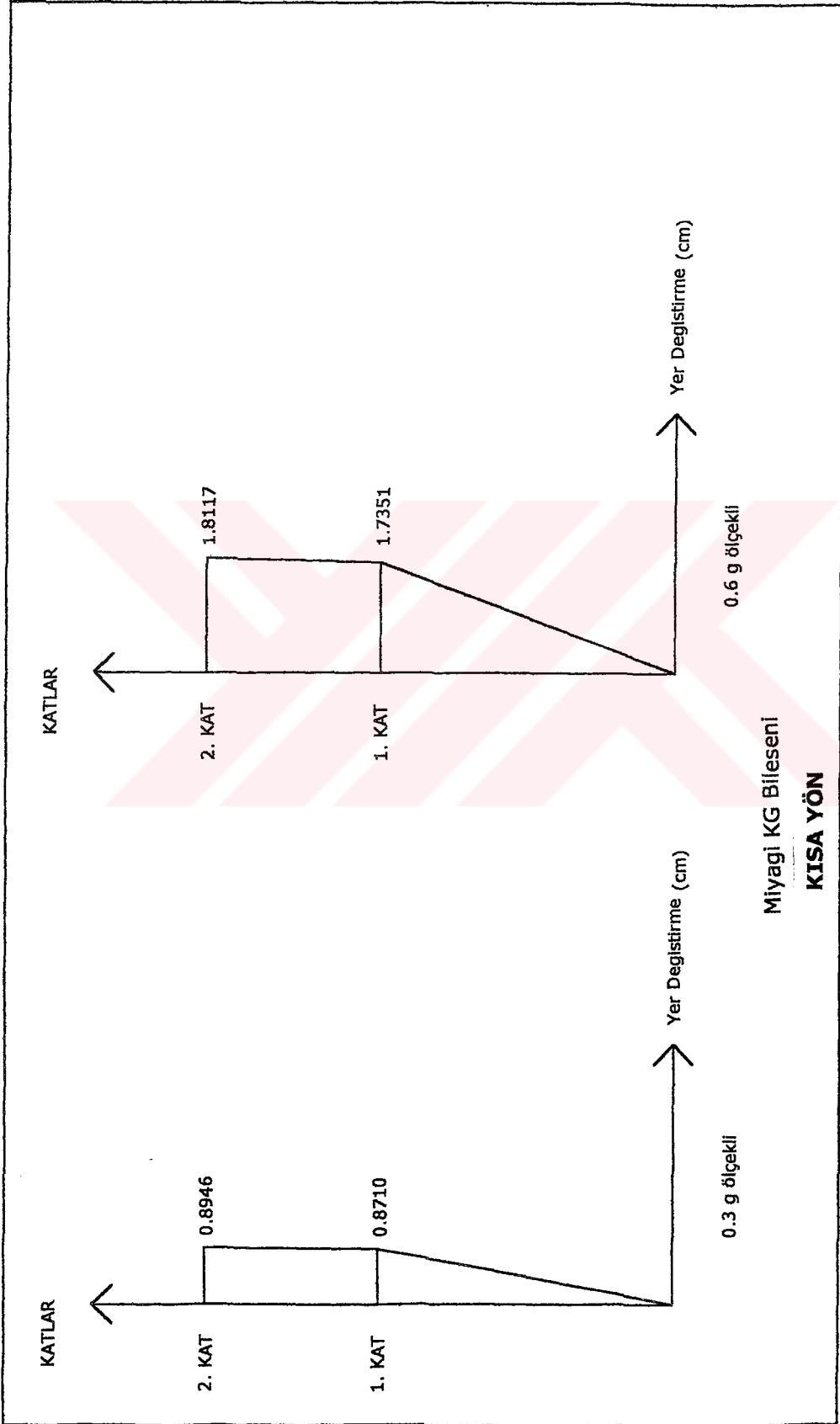


Şekil 2.11. Kısa yönde, (a) 0.3g, (b) 0.6g ölçekli Miyajı (KG) yer hareketi ve izolatörlü yapı için kat kesme kuvvetleri diyagramı

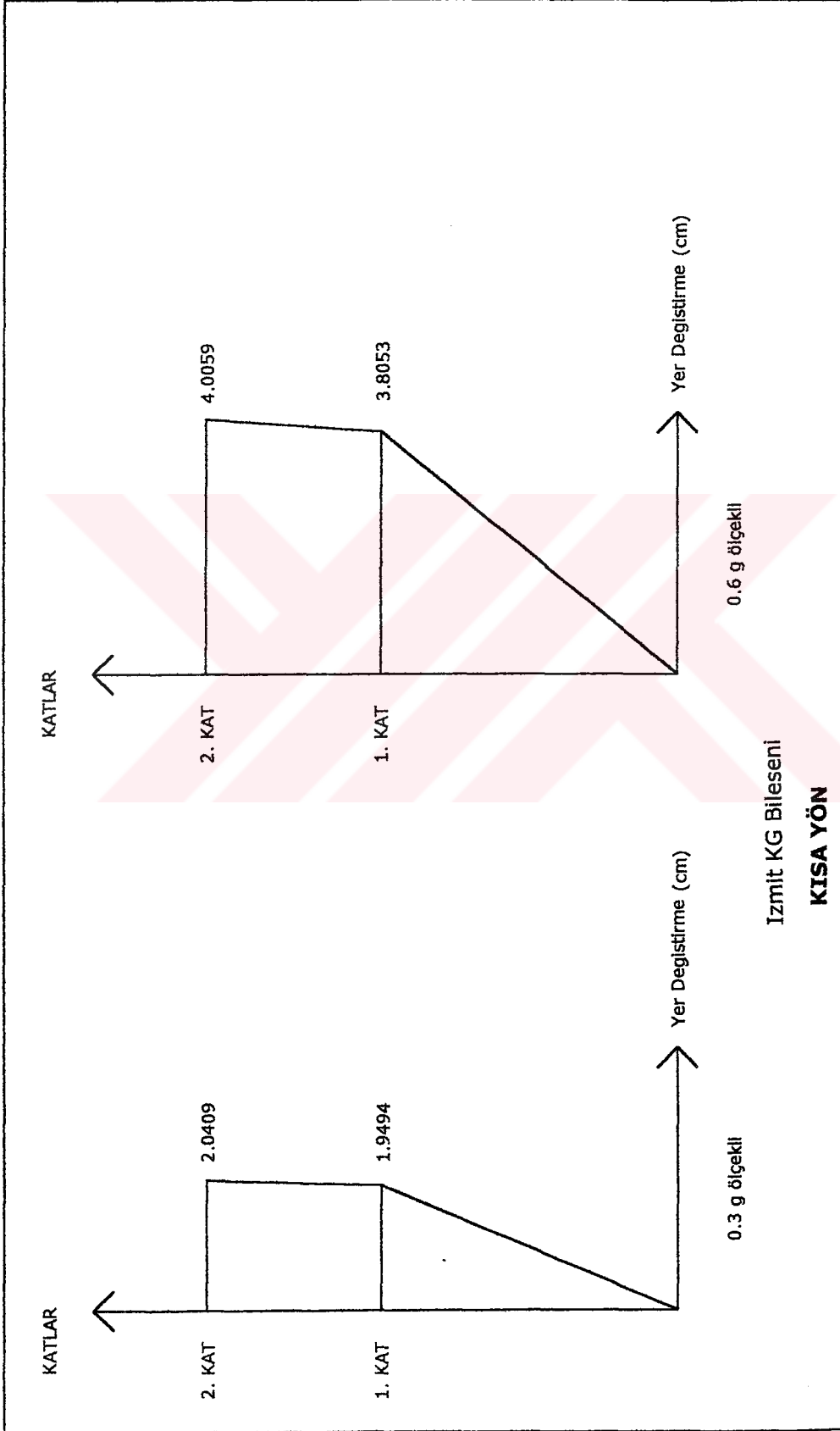


Şekil 2.12. Kısa yönde, (a) 0.3g, (b) 0.6g ölçekli İzmit (KG) yer hareketi ve izolatörlü yapı için kat kesme kuvvetleri diyagramı

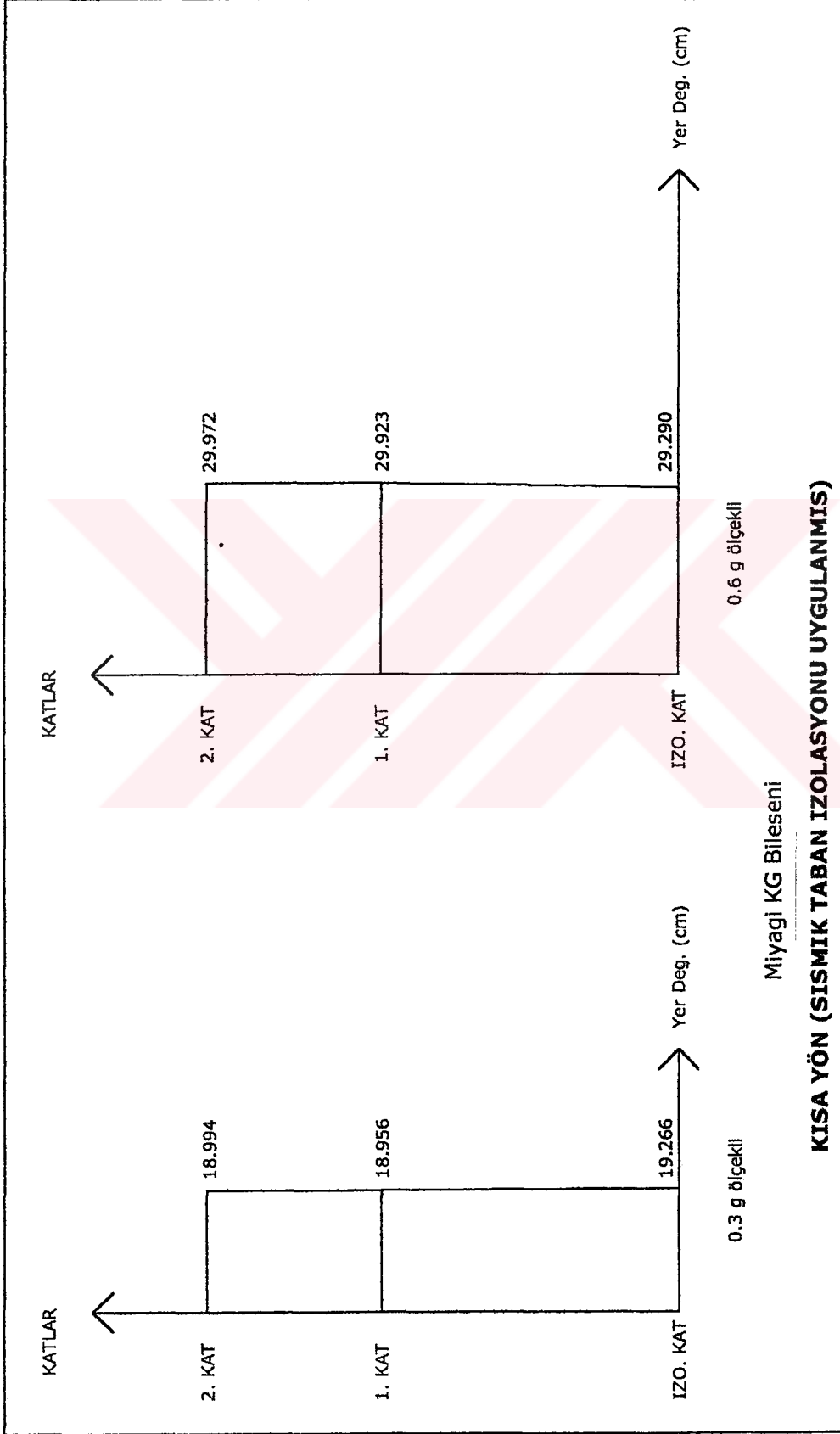




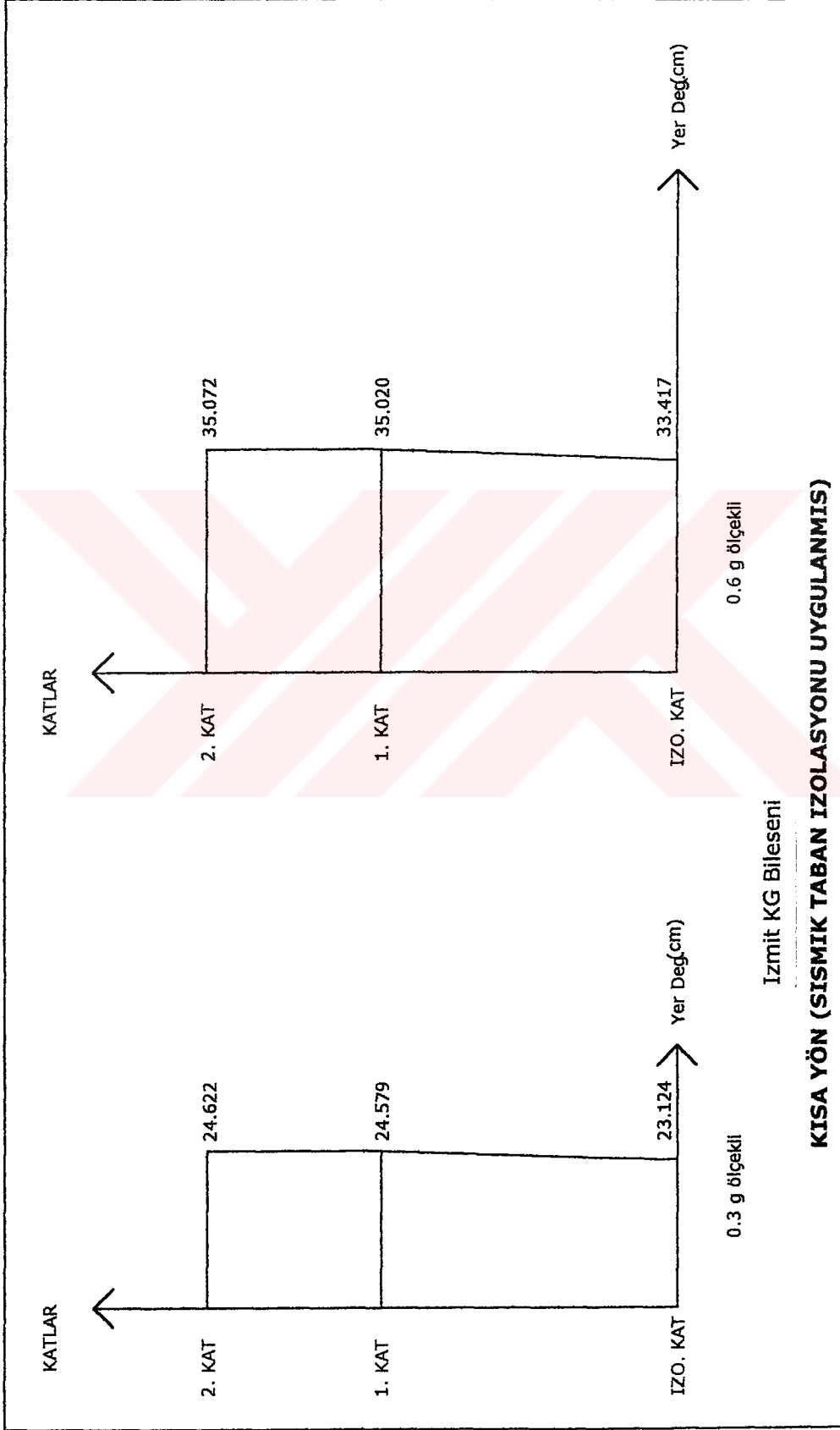
Şekil 2.13. Kısa yönde, (a) 0.3g, (b) 0.6g ölçekli Miyagi (KG) yer hareketi ve izolatörsüz yapı için kat ötelemeleri diyagramı



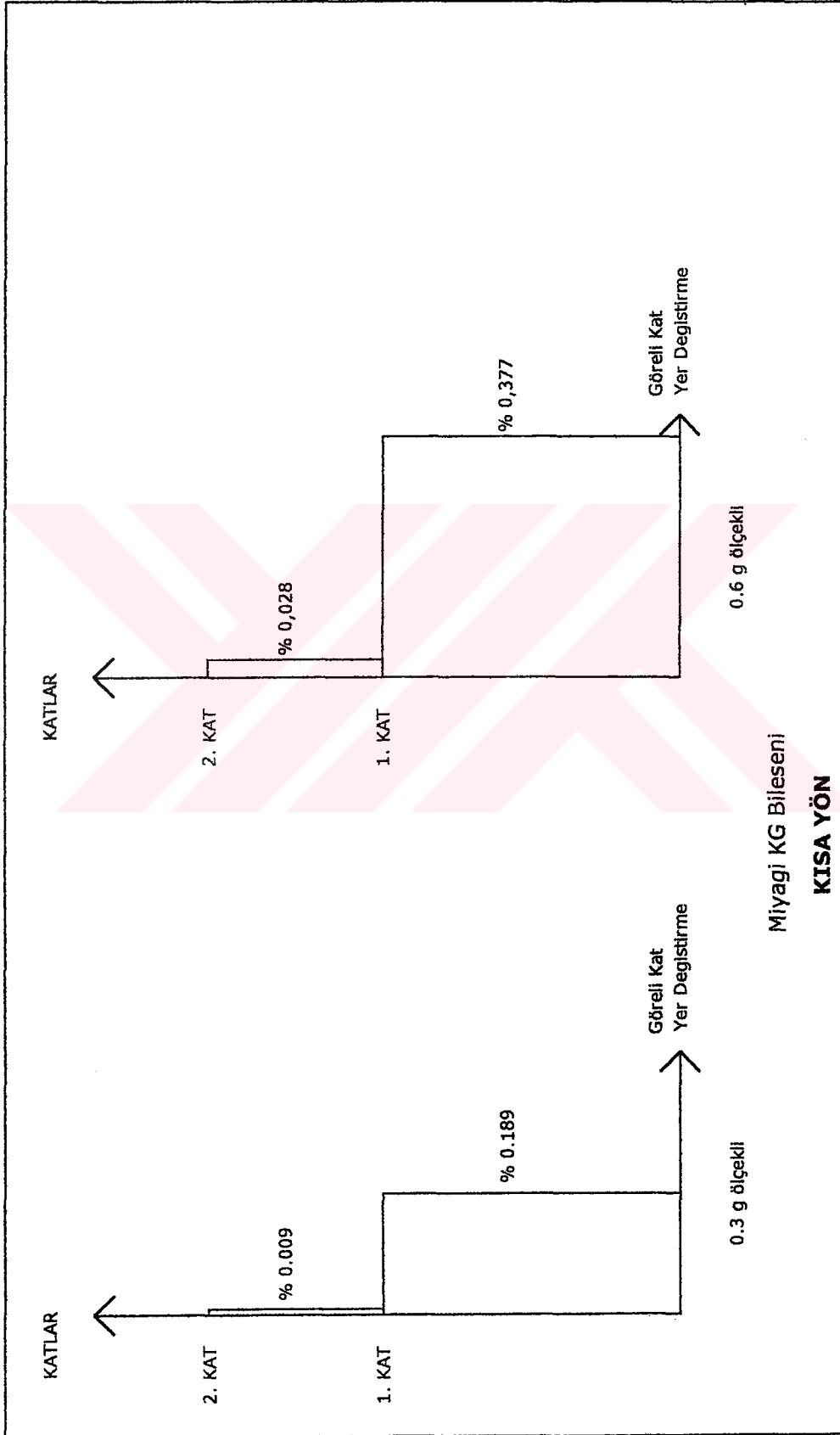
Şekil 2.14. Kısa yönde, (a) 0.3g, (b) 0.6g ölçekli İzmit (KG) yer hareketi ve izolatörsüz yapı için kat ötelemeleri diyagramı



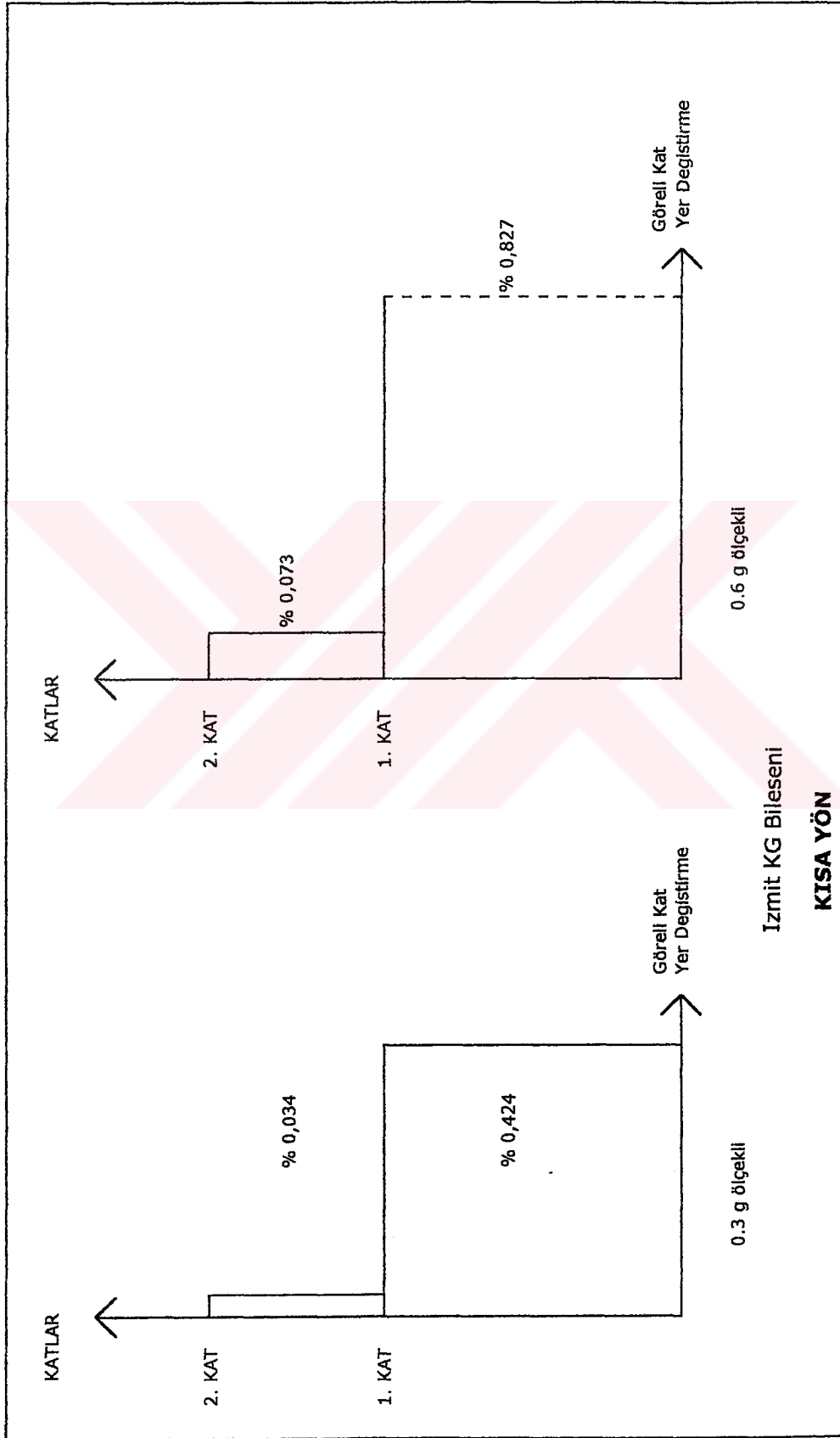
Şekil 2.15. Kısa Yönde, (a) 0.3g, (b) 0.6g ölçekli Miyagi (KG) yer hareketi ve izolatörlü yapı için kat ötelemeleri diyagramı



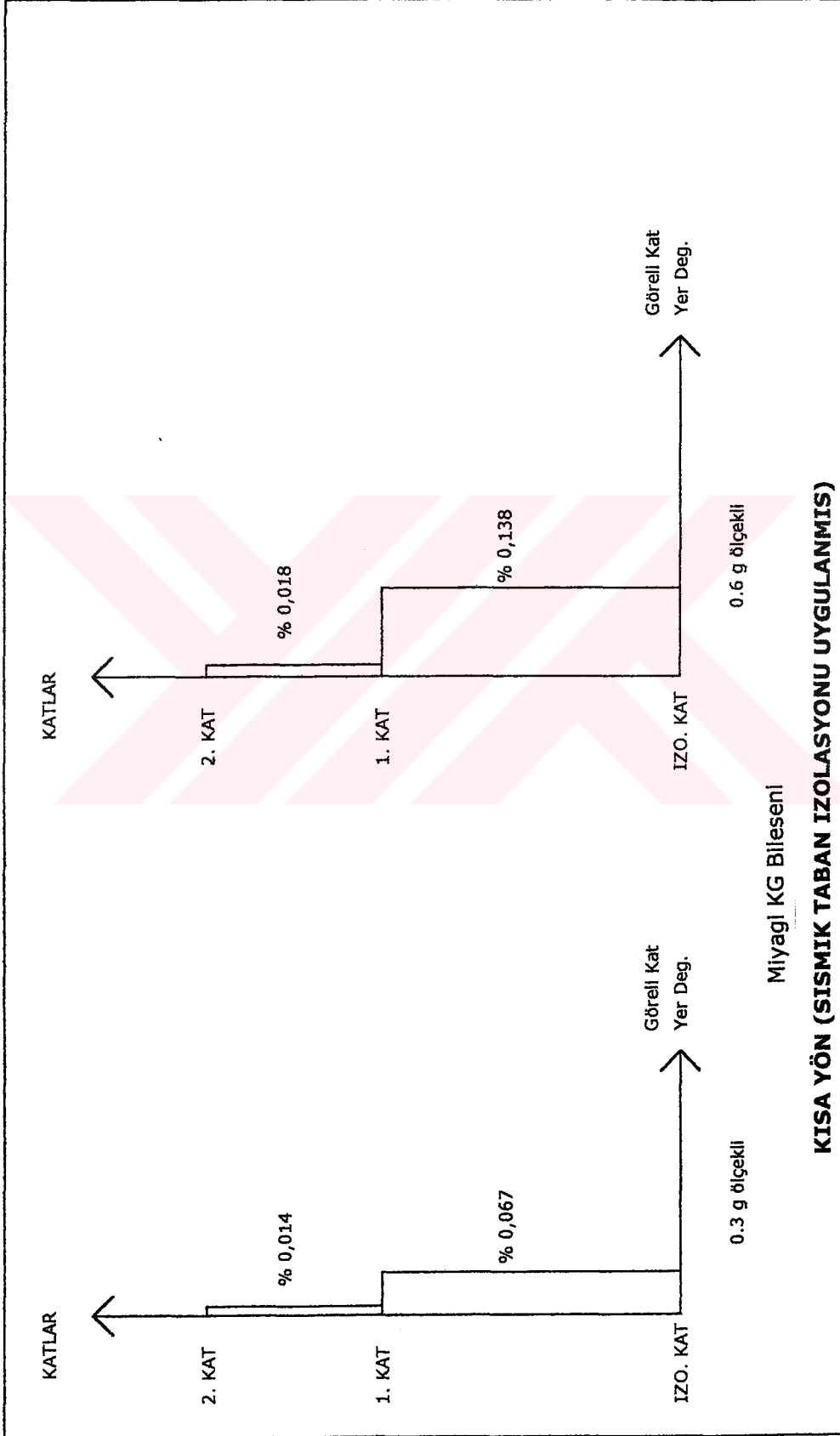
Şekil 2.16. Kısa yönde, (a) 0.3g, (b) 0.6g ölçekli İzmit (KG) yer hareketi ve izolatörlü yapı için kat ötelemeleri diyagramı



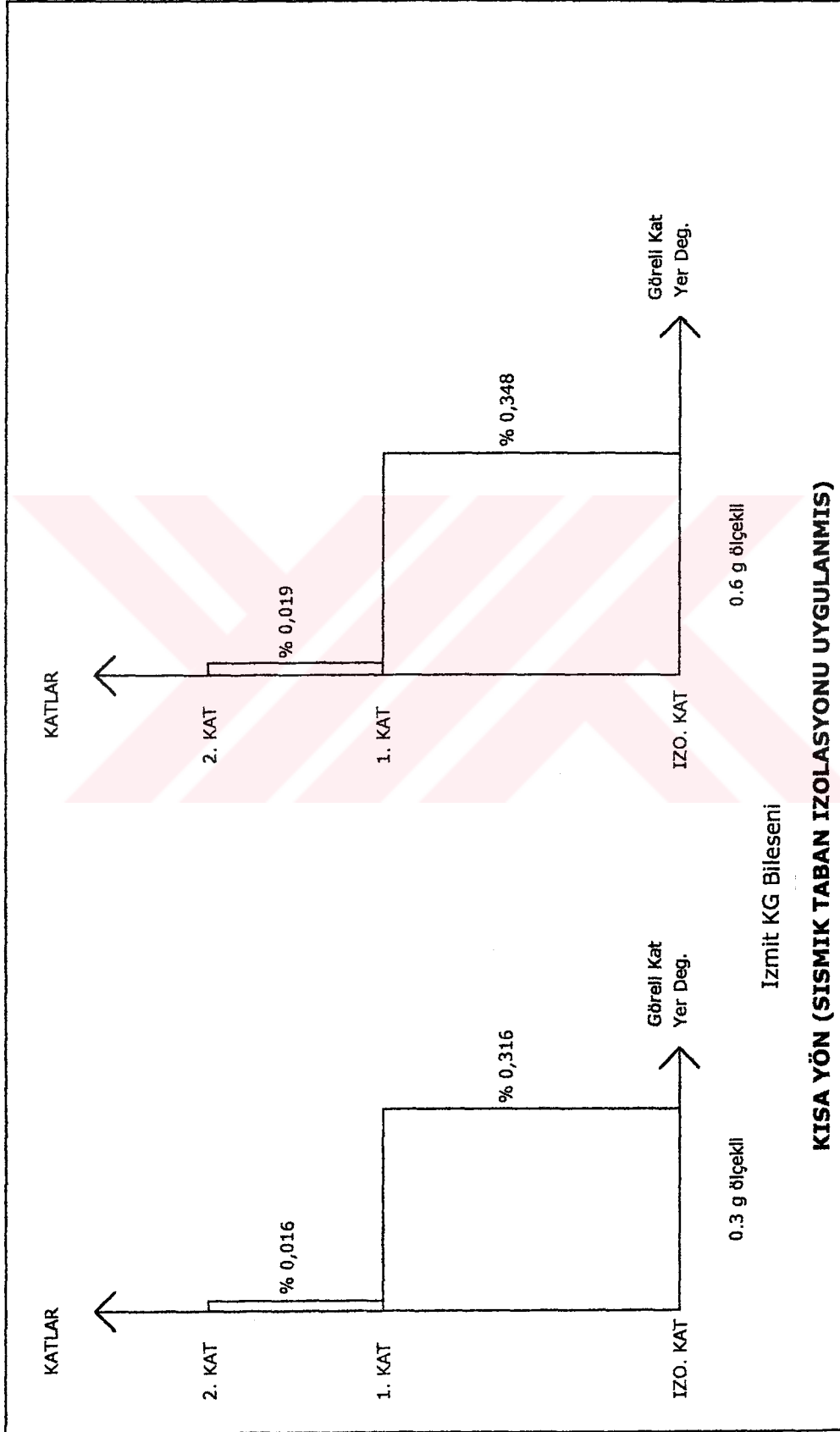
Şekil 2.17. Kısa yönde, (a) 0.3g, (b) 0.6g ölçekli Miyagi (KG) yer hareketi ve izolatörsüz yapı için görel kat ötelemeleri zarfı diyagramı



Şekil 2.18. Kısa yönde, (a) 0.3g, (b) 0.6g ölçekli İzmit (KG) yer hareketi ve izolatörsüz yapı için görel kat ötelemeleri zarfı diyagramı

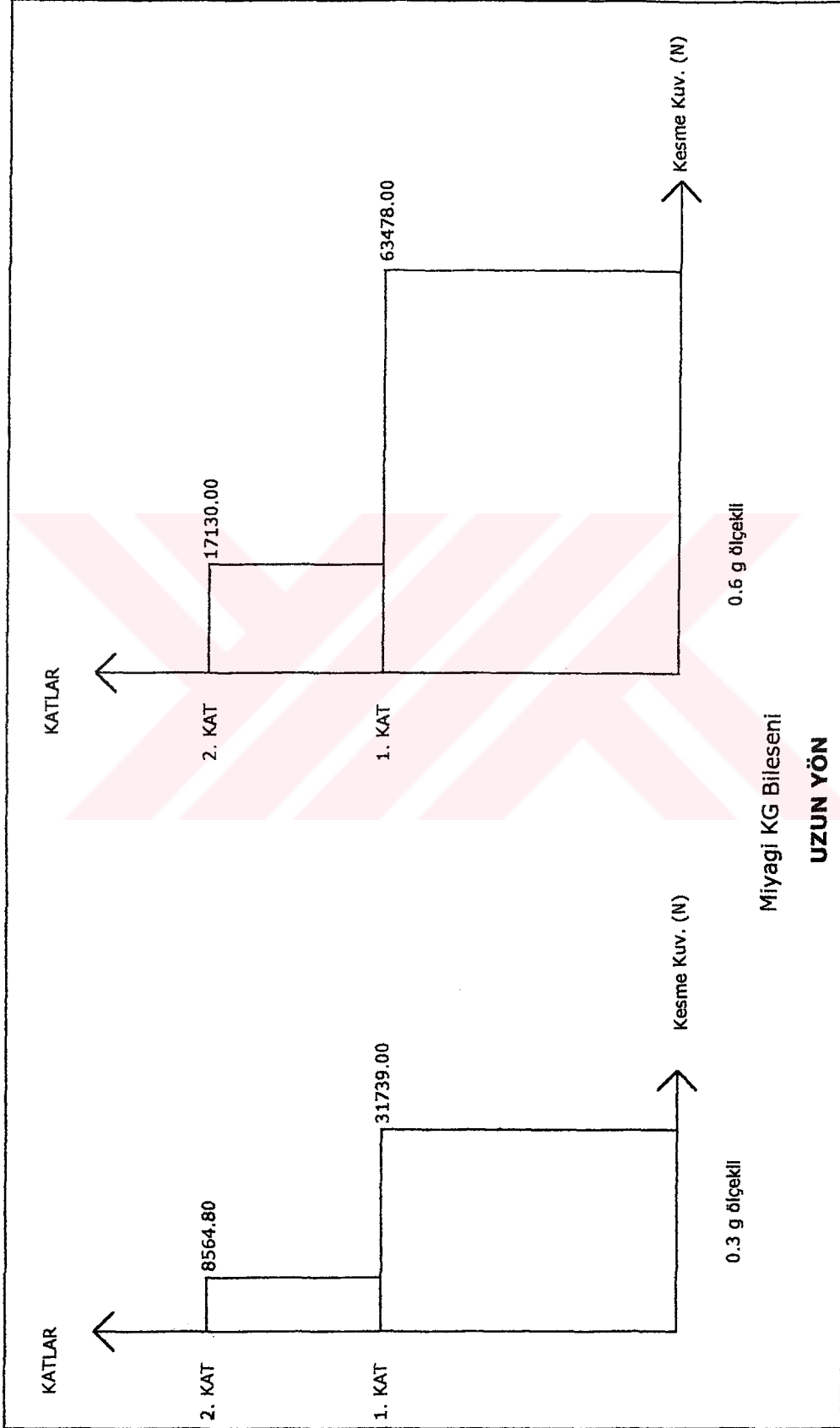


Şekil 2.19. Kısa yönde, (a) 0.3g, (b) 0.6g ölçekli Miyagi (KG) yer hareketi ve izolatörlü yapı için görel kat ötelemeleri zarfı diyagramı

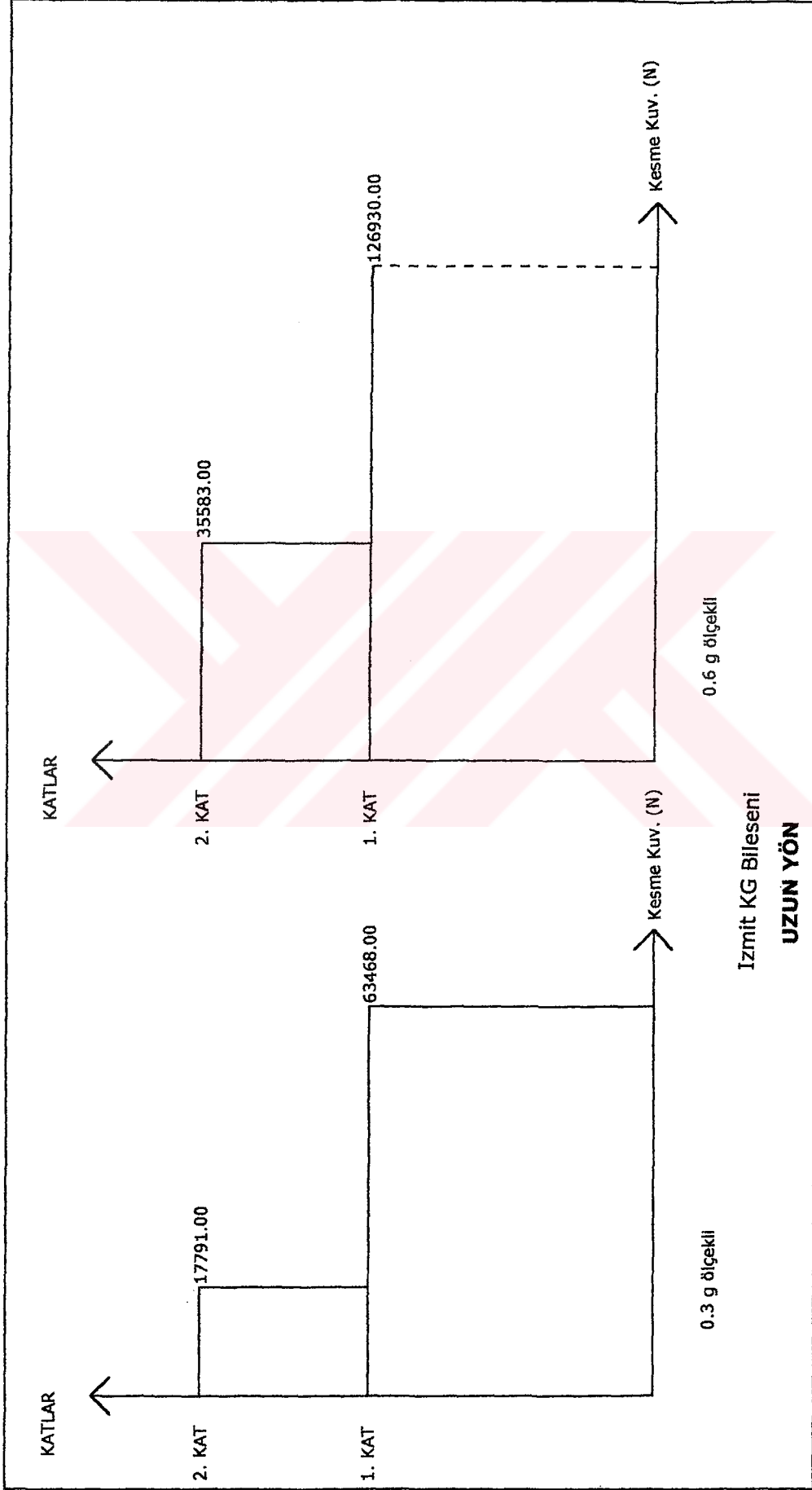


Şekil 2.20. Kısa yönde, (a) 0.3g, (b) 0.6g ölçekli İzmit (KG) yer hareketi ve izolatörlü yapı için görelle kat ötelemeleri zarfı diyagramı

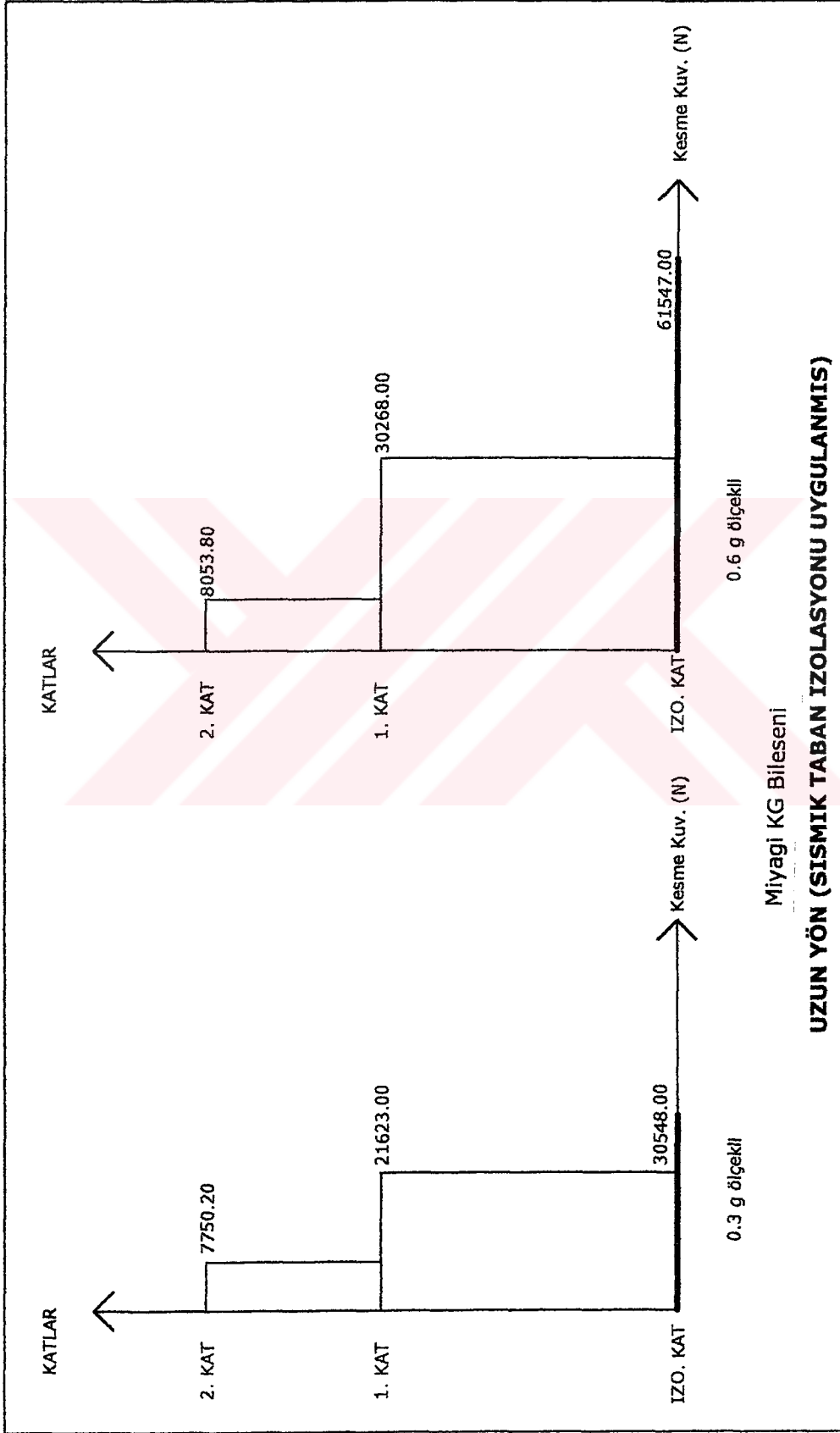




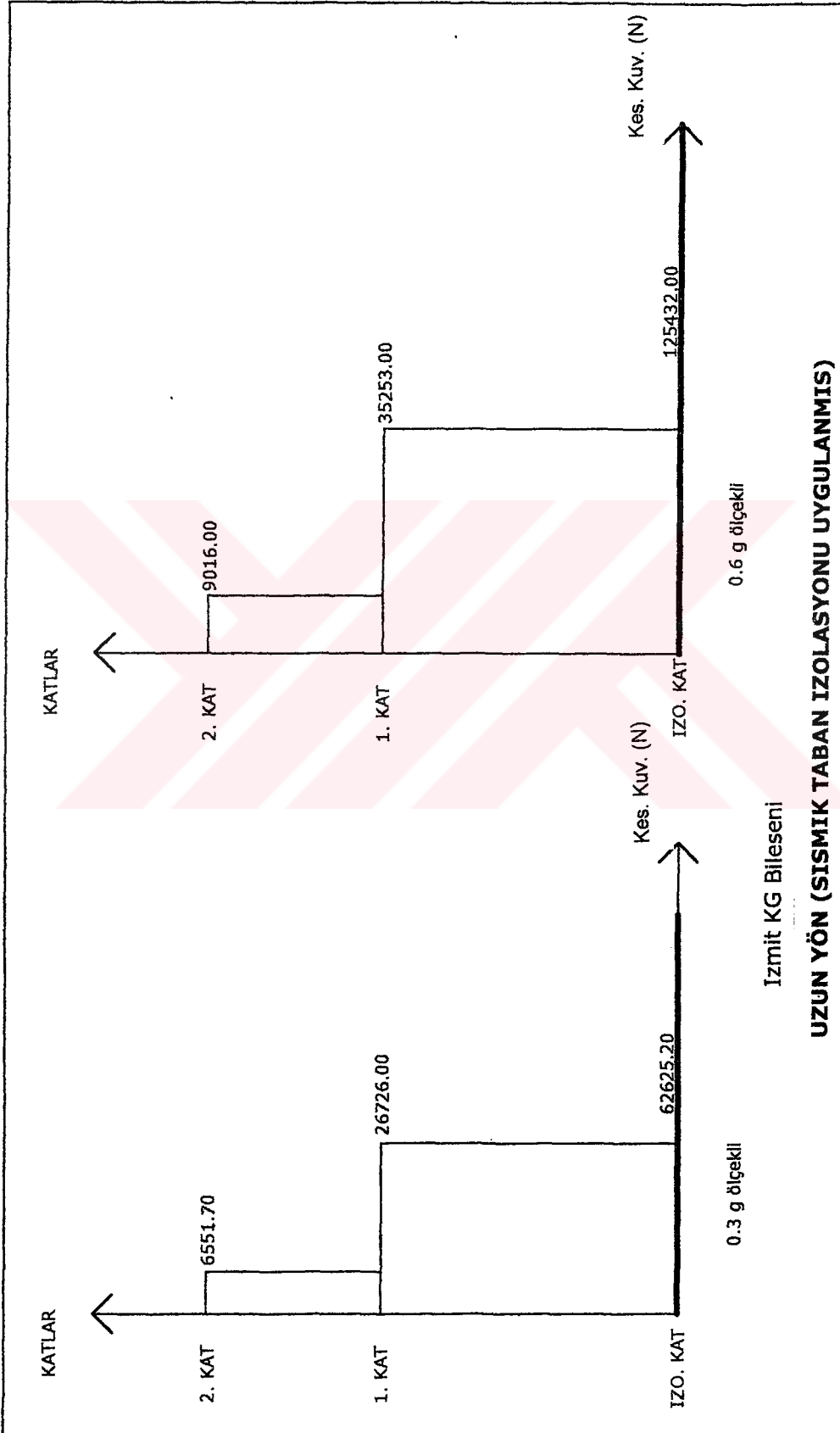
Şekil 2.21. Uzun yönde, (a) 0.3g, (b) 0.6g ölçekli Miyagi (KG) yer hareketi ve izolatörsüz yapı için kat kesme kuvvetleri diyagramı



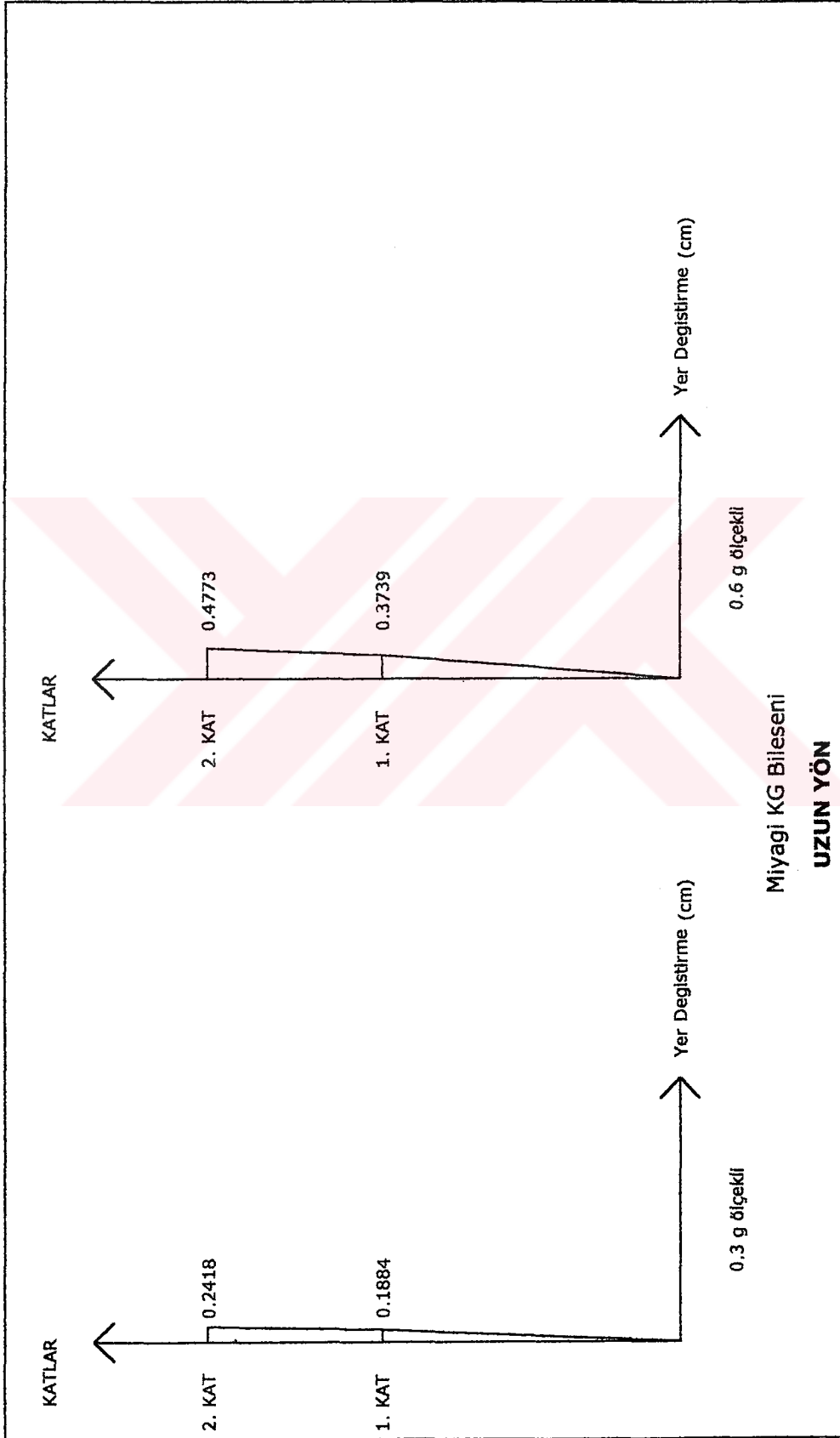
Şekil 2.22. Uzun yönde, (a) 0.3g, (b) 0.6g ölçekli İzmit (KG) yer hareketi ve izolatörsüz yapı için kat kesme kuvvetleri diyagramı



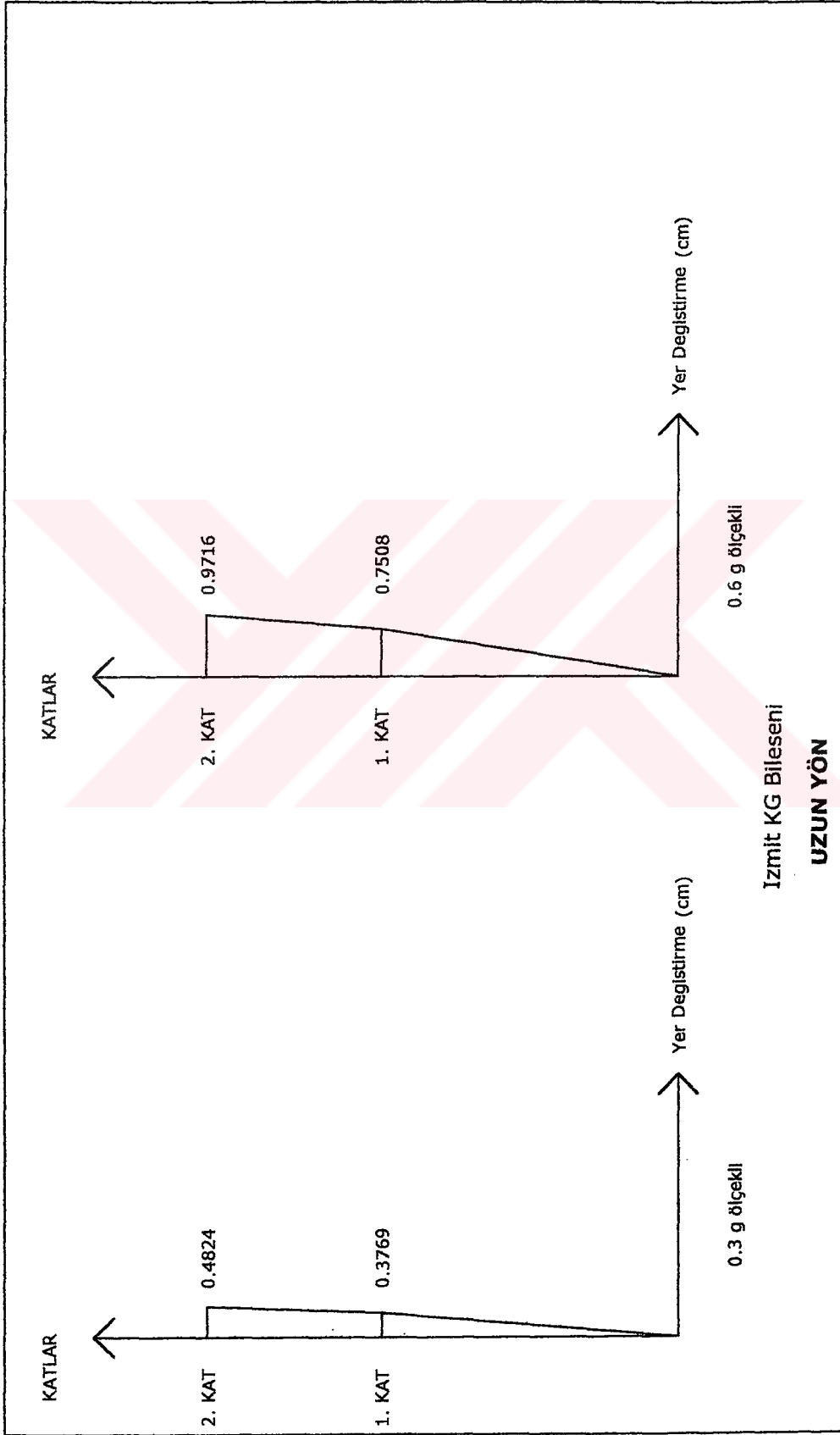
Şekil 2.2.3. Uzun yönde, (a) 0.3g, (b) 0.6g ölçekli Miyagi (KG) yer hareketi ve izolatörlü yapı için kat kesme kuvvetleri diyagramı



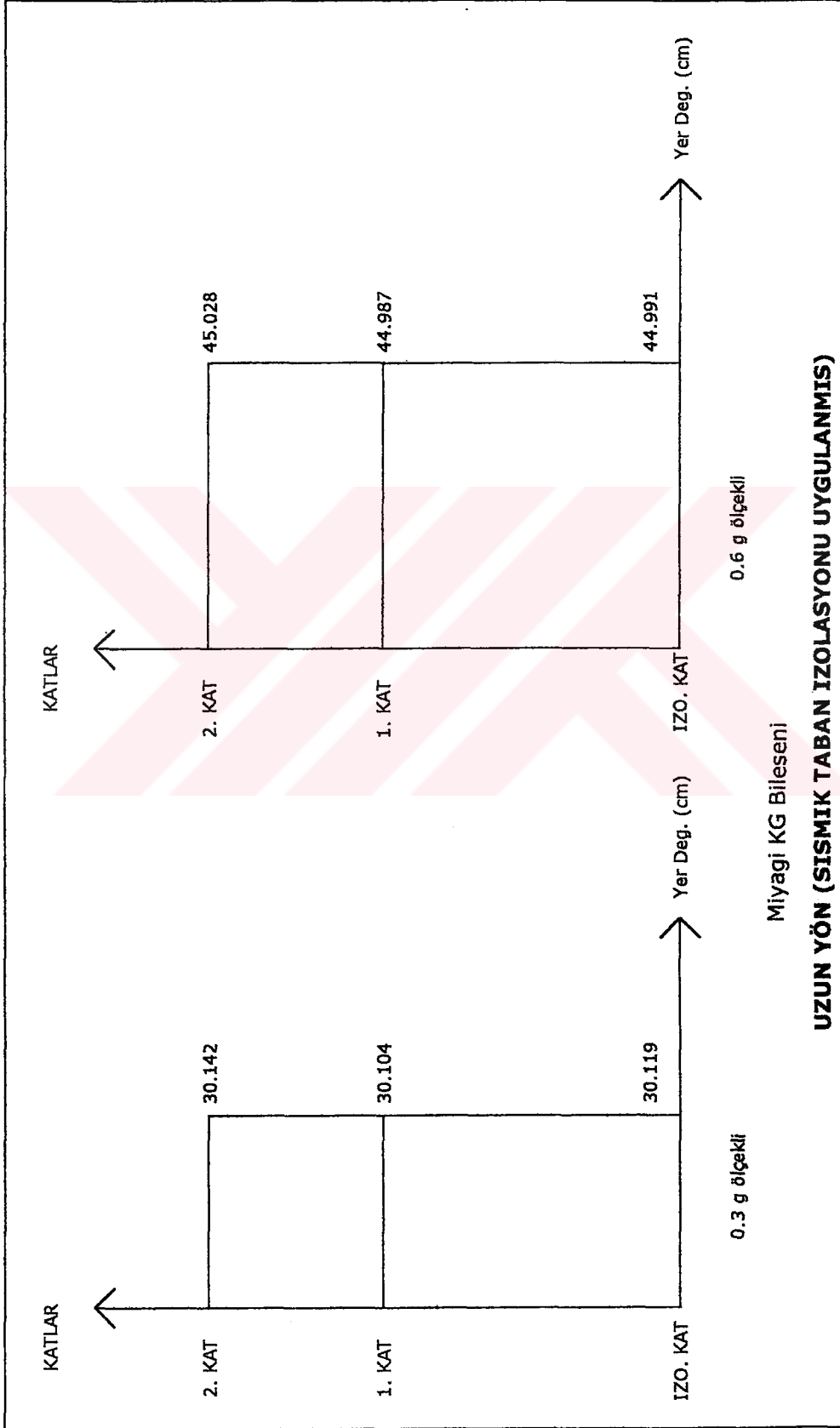
Şekil 2.24. Uzun yönde, (a) 0.3g, (b) 0.6g ölçekli İzmit (KG) yer hareketi ve izolatörlü yapı için kat kesme kuvvetleri diyagramı



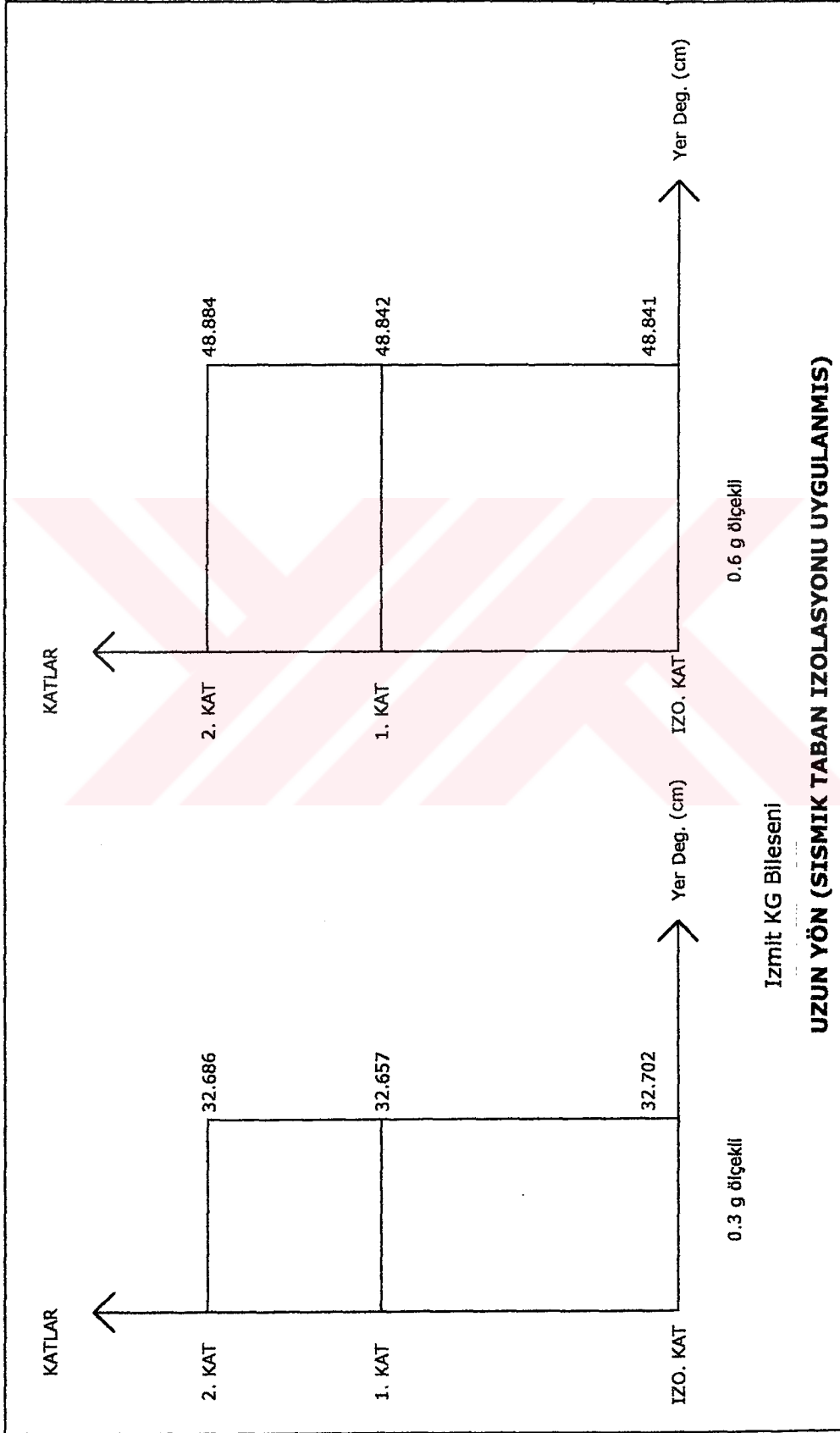
Şekil 2.25. Uzun yönde, (a) 0.3g, (b) 0.6g ölçekli Miyagi (KG) yer hareketi ve izolatörsüz yapı için kat ötelemeleri diyagramı



Şekil 2.26. Uzun yönde, (a) 0.3g, (b) 0.6g ölçekli İzmit (KG) yer hareketi ve izolatörsüz yapı için kat ötelemeleri diyagramı

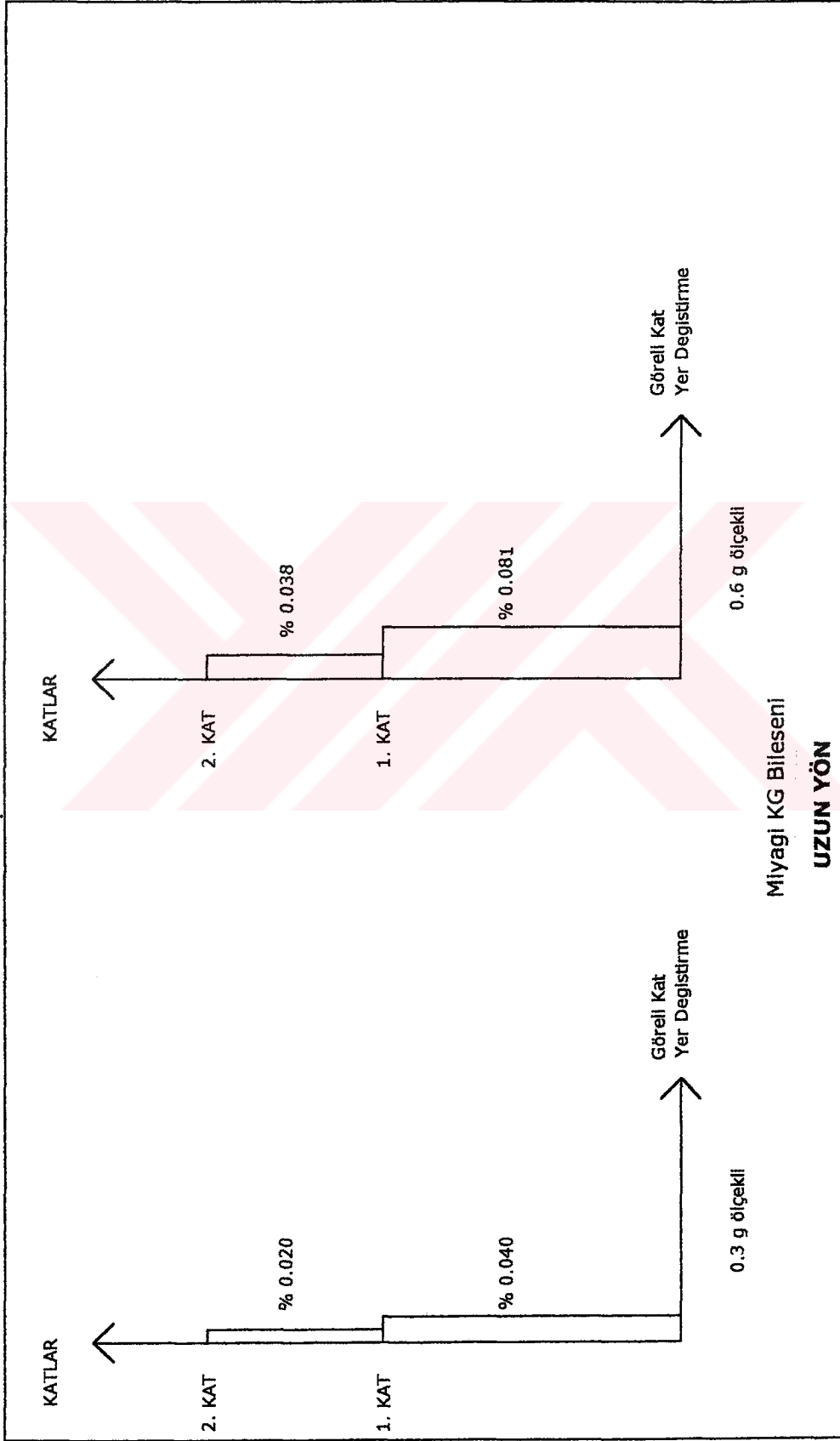


Şekil 2.27. Uzun yönde, (a) 0.3g, (b) 0.6g ölçekli Miyagi (KG) yer hareketi ve izolatörlü yapı için kat ötelemeleri diyagramı

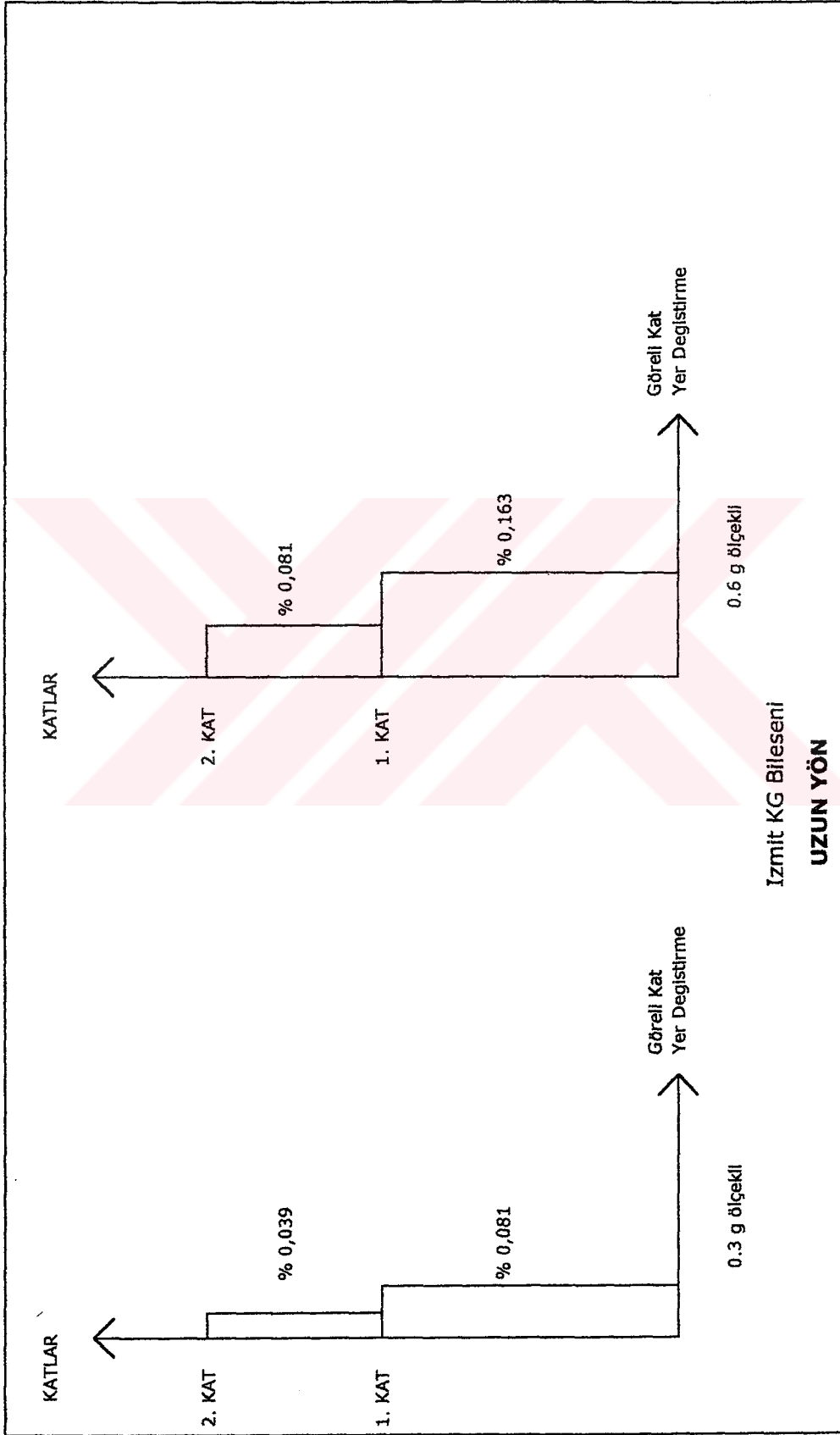


Şekil 2.28. Uzun yönde, (a) 0.3g, (b) 0.6g ölçekli İzmit (KG) yer hareketi ve izolotörlü yapı için kat ötelemeleri diyagramı

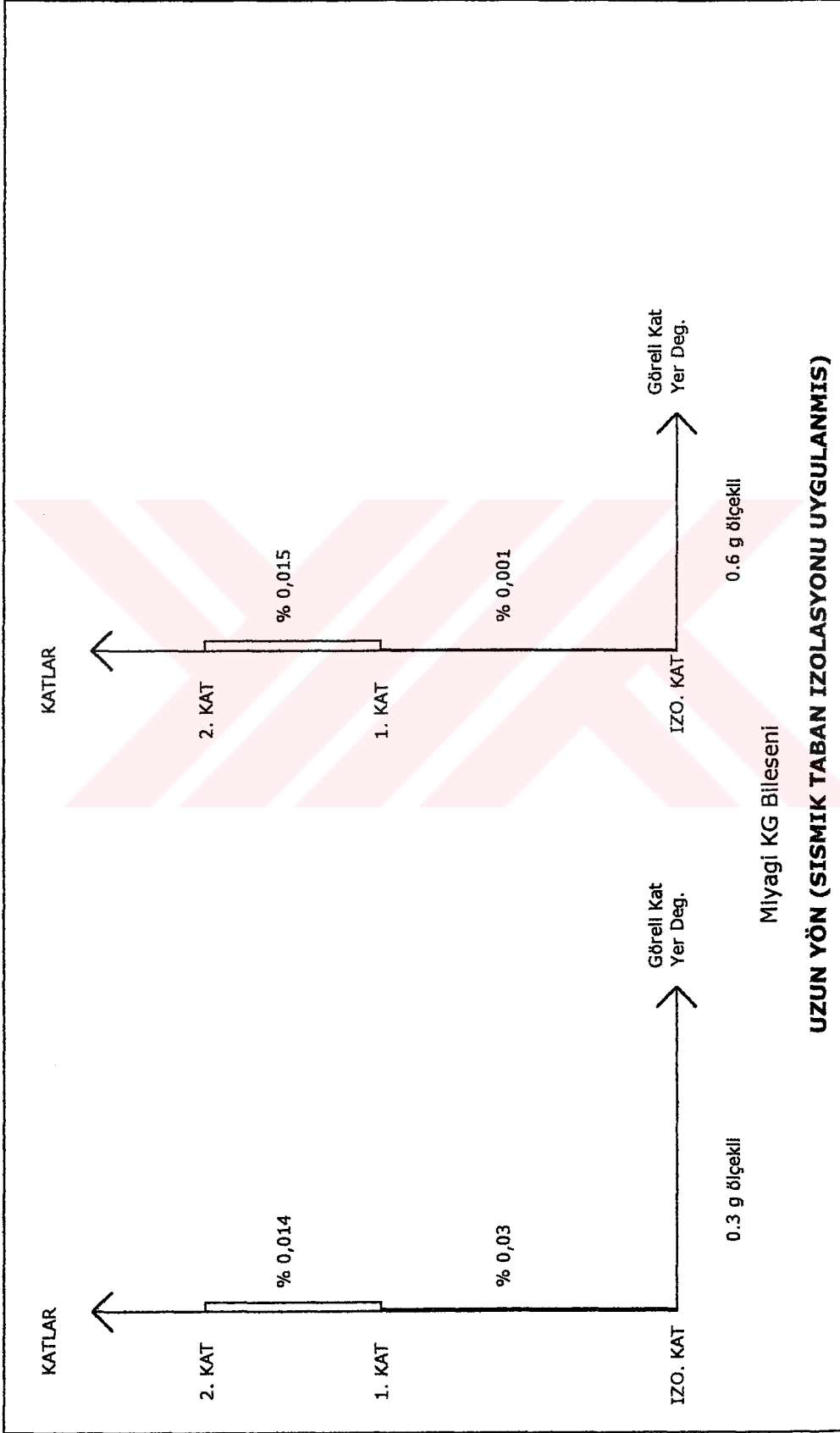




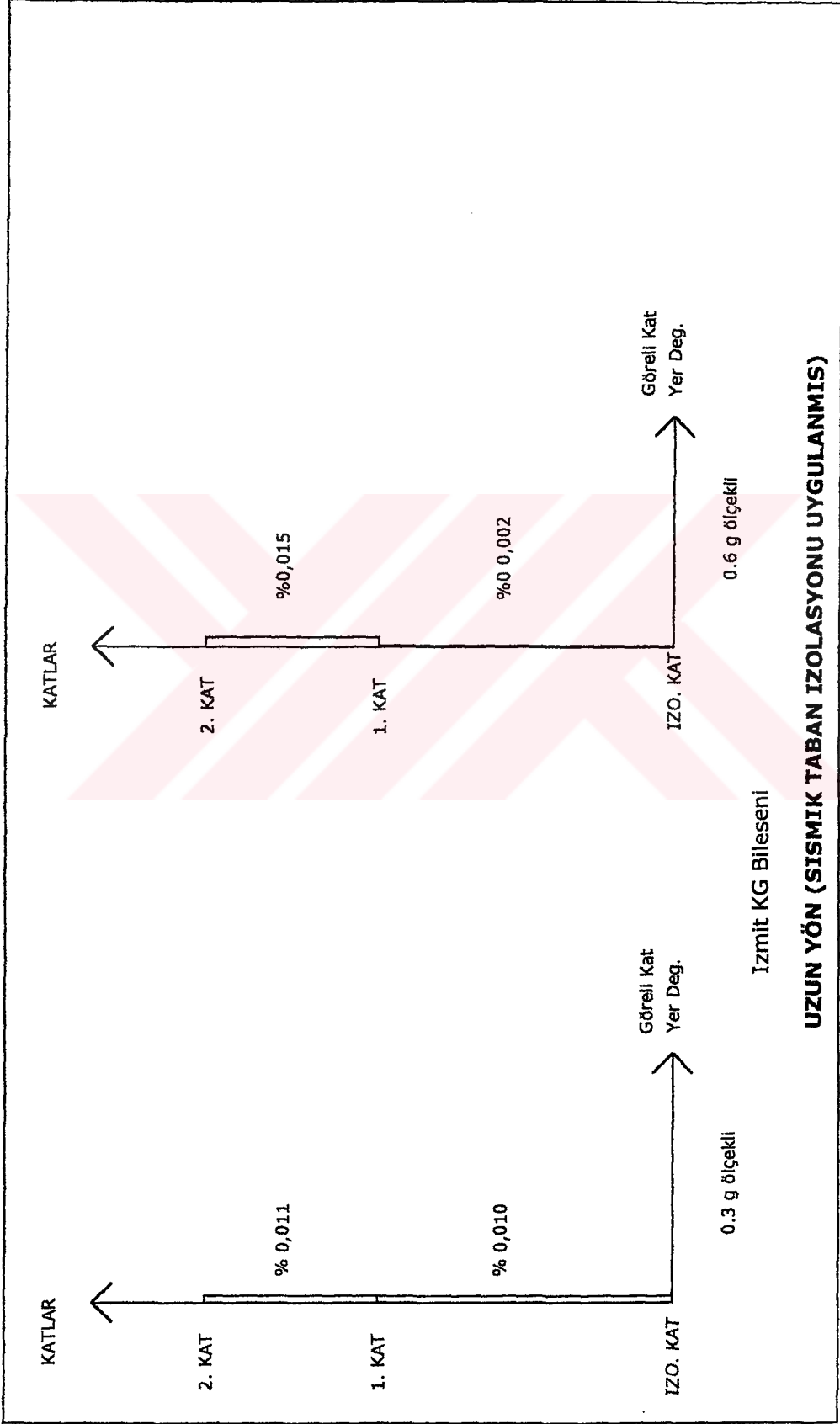
Şekil 2.29. Uzun yönde, (a) 0.3g, (b) 0.6g ölçekli Miyagi (KG) yer hareketi ve izolatörsüz yapı için görel kat ötelemeleri zarfı diyagramı



Şekil 2.30. Uzun yönde, (a) 0.3g, (b) 0.6g ölçekli İzmit (KG) yer hareketi ve izolatörsüz yapı için görelle kat ötelemeleri zarfi diyagramı



Şekil 2.31. Uzun yönde, (a) 0.3g, (b) 0.6g ölçekli Miyagi (KG) yer hareketi ve izolatörlü yapı için görelil kat ötelemeleri zarfi diyagramı



Şekil 2.32. Uzun yönde, (a) 0.3g, (b) 0.6g ölçekli İzmit (KG) yer hareketi ve izolatörlü yapı için görelil kat ötelemeleri zarfı diyagramı

### 3. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Genellikle yapı sistemleri modellenirken ankastre tabanlı olarak ele alınmaktadır. Bu durum, yapı ile zemin arasında var olan zemin-yapı etkileşiminin ihmal edilmesine karşılık gelmektedir. Oysa ki, zeminde meydana gelen oturmalar yapıyı doğrudan etkilemektedir. Fakat, ankastre mesnet kullanımından dolayı bu oturmalar ihmal edilerek yapı üzerindeki etkileri göz ardı edilmektedir.

Çalışmanın temel amacı, ankastre tabanlı olarak modellenen yapının zeminden gelecek etkiler için izole edilmesidir. Bu sayede, zemin hareketi sonucu meydana gelebilecek etkilerden yapı daha az etkilenecektir. Ve ankastre birleşim kabulü ve uygulamaları sonucu oluşabilecek hata payları düşecektir. Bu amaçla, yapı ile zemini birbirinden ayırmada kullanılan sürtünmeli ve kauçuk sistemlerden oluşan izolatörler kullanılmaktadır.

Sismik taban izolasyon sistemi seçiminde tabanı kauçuk mesnet sistemlerine bir örnek olması açısından tabakalı kauçuk mesnet sistemi bu çalışmada tercih edilmiştir.

Deprem analizlerde dış etki olarak 18 Mayıs 1940 El Centro depremine ait yer hareketi kullanılmıştır. Lineer olmayan dinamik analizlerde üst yapı için %5'lik sönüm oranı tercih edilmiştir. Çalışmada zaman artımı yöntemi kullanılmıştır. Bu yöntemi kapsayan bilgisayar programı olarak Drain 2DX kullanılmıştır.

Sayısal örnek olarak, 2 katlı, taşıyıcı sistemi çelik olan bir bina üzerinde, binanın ankastre ve taban izolasyonlu olarak lineer olmayan dinamik deprem analizleri gerçekleştirilmiştir. Bu çalışmada elde edilen sonuçları özetlemek gerekirse,

1. Taban izolasyonlu yapının yer değiştirmesinin büyük çoğunluğunu izolatörler yapmaktadır. Dolayısıyla katlar arası yatay yer değiştirmeleri oranları sismik taban izolasyonsuz yapıya göre oldukça azalmaktadır. Bunun etkisi olarak, kesit tesirleri

azaldığından yapı boyutlandırılmasında kesitler daha küçük çıkabilmektedir. Yapının ekonomiklik boyutunda olumlu sonuçlar elde edilmesinde etkili olabilmektedir.

2. Taban kesme kuvvetleri, üst yapı için sismik taban izolasyonsuz sistemlere göre oldukça azalmaktadır. Örneğin kısa kesit boyunca Miyagi (Kuzey-Güney) deprem ivme kaydı esas alınarak hesaplanan ikinci kat altı kesme kuvveti, sismik izolasyonlu yapıda sismik izolasyonsuz yapıya göre 4,684 kat azalma göstermiştir; uzun kesit boyunca İzmit (Kuzey-Güney) deprem ivme kaydı esas alınarak hesaplanan ikinci kat altı kesme kuvveti, sismik izolasyonlu yapıda sismik izolasyonsuz yapıya göre 3,947 kat azalma göstermiştir.
3. Sismik izolasyon tekniği, yapıların tasarım aşamasında düşünüldüğünde bile, toplam maliyete çok fazla bir yük getirmektedir. Örneğin Tablo 2.'de verildiği üzere, Güney Kaliforniya Üniversitesi Hastanesi'nde 1990 yılında yapılan uygulamada 350.000 sq.ft büyüklüğündeki bir yapı için kauçuk taban izolatörlerinin maliyeti 50 milyon dolar olmuştur. Mevcut bir yapının izolasyonu düşünüldüğünde toplam maliyet daha yüksektir. Dolayısıyla bu teknoloji, genellikle stratejik ve kültürel öneme sahip hastane, tarihi yapı, nükleer santral ve köprü gibi yapılar için uygulanmakta olup, daha küçük boyutlu ve dolayısıyla maliyetli yapılarda kesit tesirlerini düşürerek maliyeti azaltmak ve yer hareketi etkilerinden korunmak için kullanılabilir bir alternatif olmaktan çok uzaktır.
4. Sismik taban izolasyonsuz bir yapıda ivmeler üst katlara çıkıldıkça artmakta olup, yer hareketinin maksimum ivmesinden büyük çıkmıştır. Buna karşılık sismik taban izolasyonlu yapıda kat ivmeleri yer hareketinin maksimum ivmesinden daha küçük çıkmaktadır. Ayrıca rijit cisim hareketinin bir sonucu olarak, kat ivmeleri ilk kattan üst kata doğru fazla bir artış göstermeden artmaktadır. Dolayısıyla, taban izolasyonlu yapılarda yer hareketinden dolayı yapıya aktarılan ivmeler azalarak etkimektedir.

## KAYNAKLAR

- Akbaş B., (1999), “Yapısal Sistemlerin Doğrusal Olmayan Çözümlemesi Ders Notları”, Yıldız Teknik Üniversitesi, Bahar Yarıyılı (yayımlanmamış)
- Akbaş B., Shen J., (1996), “Energy-Based Earthquake Resistent Design”, Report, Illinois Institute of Technology, September,
- Almazan L. J., Llera J. C. D. L., Inaudi J. A., (1998), “Modelling Aspects of Structures Isolated with Frictional Pendulum System”, Earthquake Engineering and Structural Dynamics, 27, 845-867,
- Ateş Ş. Ve Dumanoglu A., (1999), “Taban İzolasyonlu Binaların Lineer Olmayan Deprem Analizi”, Türkiye Deprem Vakfı, Rapor, Eylül
- Bukle I. G., Mayes R. L., (1995), “Seismic Behavior of Base-Isolated Buildings: A State of Art Review”, Proc. Institute Civil Engineers Strcutsand Buildings, p 186-203, 110
- Bukle I. G., Mayes R. L., (1990), Seismic Isolation: History, Application and Performance- A World View, Earthquake Spectra, 6, 2, 161-201
- Ceccoli C., Mazzotti C., Savoia M., (1993), Non-linear Seismic Analysis of Base Isolated R/C Frame Structures, Earthquake Engineering and Structural Dynamics, 28, 633-653
- Celep Z., Kumbasar N., (1993), Deprem Mühendisliğine Giriş ve Depreme Dayanıklı Yapı Tasarımı, İstanbul
- Celep Z., Kumbasar N., (1996), Yapı Dinamiği ve Deprem Mühendisliğine Giriş, 2. Baskı, İstanbul
- Chen Y., Ahmadi G., (1992), Stochastic Earthquake Response of Secondary Systems in Base-Isolated Structures, Earthquake Engineering and Structural Dynamics, 21, 1039-1057
- Chopra A. K., Clough D. P., Clough R. W., (1973), Earthquake Resistance of Buildings with a Soft First Story, Earthquake Engineering and Structural Dynamics, 1, 347-355
- Constantinou M. C., (1987), A Simplified Analysis Procedure for Base-Isolated Structures on Flexible Foundation, Earthquake Engineering and Structural Dynamics, 15, 963-983
- Constantinou M. C., John C., Harris G. H., (1987), Frictional Characteristics of Teslon-Steel Inter-faces Under Dynamic Conditions, Earthquake Engineering and Structural Dynamics, 15, 751-759
- Constantinou M. C., Kneifati C. M., (1988), Dynamic of Soil-Base-Isolated-Structure Systems, Journal of Structural Engineering, ASCE, 114, 211-221
- Constantinou M. C., Mokha A. S., Reinhorn A. M., (1990), Teflon Bearings in Base Isolation II : Testing, Journal of Structural Engineering, ASCE, 116, 438-454

Constantinou M. C., Mokha A. S., Reinhorn A. M., (1991), Study of Sliding Bearing and Helical-Steel-Spring Isolation System, *Journal of Structural Engineering, ASCE*, 117, 1257-1275

Constantinou M. C., Tadjbakhsh I. G., (1985), Hysteretic Dampers in Base Isolation : Random Approach, *Journal of Structural Engineering, ASCE*, 111, 4, 705-721

Constantinou M. C., Tadjbakhsh I. G., (1985), Optimum Characteristic of Isolated Structures, *Journal of Structural Engineering, ASCE*, 111, 2733-2750

Constantinou M. C., Tadjbakhsh I. G., (1983), Probabilistic Optimum Base Isolation of Structures, *Journal of Structural Engineering, ASCE*, 109, 676-689

Constantinou M. C., Tadjbakhsh I. G., (1984), The Optimum Design of Base Isolation System with Frictional Element, *Earthquake Engineering and Structural Dynamics*, 12, 203-214

Constantinou M., Mokha A., Reinhorn A. M., (1990), Teflon Bearing in Base Isolation II : Modelling, *Journal of Structural Engineering, ASCE*, 116, 455-474

Darbre G. R., (1990), Seismic Analysis of Non-Linearly Base-Isolated Soft-Structure Interacting Reactor Building by way of the Hybrid Frequency-Time Domain Procedure, *Earthquake Engineering and Structural Dynamics*, 19, 725-738

Derham C., Kelly J. M., Thomas A. G., (1985), Non-Linear NATURALK Rubber Bearings for Seismic Isolation, *Nuclear Engineering And Design*, 84, 417-428

Drain 2DX User Guide, Anal Guide

Dumanoglu A. A., Severn R. T., (1976), The Dynamic Foundation Interaction of Multi-Storey Frames, *Earthquake Engineering and Structural Dynamics*, 4, 6

Fan F. G., Ahmadi G., (1990), Floor Response Spectra for Base-Isolated Multi-Storey Structures, *Earthquake Engineering and Structural Dynamics*, 19, 377-388

Fan F., Ahmadi G., (1990), Random Response Analysis of Frictional Base Isolation System, *Journal of Engineering Mechanics, ASCE*, 116, 1881-1901

G.W. Housner, (1956), "Limit Design of Structures to Resist Earthquakes", *Proceedings of the First World Conference on Earthquake Engineering*, pp.5-1 to 5-13, Berkeley, California, June

Henderson P., Novak M., (1989), Response of Base-Isolated Buildings to Wind Loading, *Earthquake Engineering and Structural Dynamics*, 18, 1201-1217

Inaudi J., Almansa F. L., Kelly J. M., Rodellar J., (1992), Predictive Control of Base-Isolated Structures, *Earthquake Engineering and Structural Dynamics*, 21, 471-482



Jangid R. S., Datta T. K., (1994), Non-linear Response Torsionally Coupled Base Isolated Structure, *Journal of Structural Engineering*, ASCE, 120, 1-22

Jangid R. S., Datta T. K., (1995), Performance of Base Isolated Systems for Asymmetric Building Subject to Random Excitation, *Engineering Structures*, 17, 6, 443-454

Jangid R. S., (1987), Response of Pure-Friction Sliding Structures to Bi-directional Harmonic Ground Motion, *Engineering Structures*, 19, 2, 97-104

Jangid R. S., (1995), Seismic Behaviour of Base-Isolated Buildings: A State of Art Review, *Proc. Institute Civil Engineers Structsand Buildings*, 110, 186-203

Kadir A., (1982), Rubber Properties Important in the Design of Bearings, *International Conference on Natural Rubber for Earthquake Protection of Building and Vibration Isolation*, Kuala Lumpur, 211-227

Kelly J. M., (1997), *Base Isolation: Linear Theory and Design Structures*, Computers and Structures, Inc., Berkeley, California

Kelly J. M., Beucke K. E., (1983), A Frictional Damped Base Isolation System with Fail-Safe Characteristics, *Earthquake Engineering and Structural Dynamics*, 11, 33-56

Kelly J. M., Beucke, (1983), A Friction Damped Base Isolation System with Fail-Safe Characteristics, *Earthquake Engineering and Structural Dynamics*, 11, 33-56

Kelly J. M., (1992), *The Implementation of Base Isolation in the United States*, Report No:UCB+/EERC 92-13, University of California, Berkeley

Kelly J. M., Tsai H. C., (1985), Seismic Response of Light Internal Equipment in Base Isolated Structures, *Earthquake Engineering and Structural Dynamics*, 13, 711-732

Kelly M., Henderson P., (1999), Base Isolated Building with Soil-Structure Interaction, *Earthquake Engineering and Structural Dynamics*, 28, 3-20

Koh C. G., Balendra T., (1989), Seismic Response of Base Isolated Buildings Including P- $\Delta$  Effects of Isolation Bearings, *Earthquake Engineering and Structural Dynamics*, 18, 461-473

Koh C. G., Kelly J. M., (1990), Application OF Fractional Derivatives to Seismic Analysis of Base-Isolated Models, *Earthquake Engineering and Structural Dynamics*, 19, 229-241

Lee D. M., (1980), Base Isolation for Torsion Reduction in Asymmetric Structures under Earthquake Loading, *Earthquake Engineering and Structural Dynamics*, 8, 349-359

Lee D. M., Medland I. C., (1979), Base Isolation Systems for Earthquake Protection of Multi-Storey Shear Structures, *Earthquake Engineering and Structural Dynamics*, 7, 555-568

- Liau T. C., Tian Q. L., Cheung Y. K., (1988), Structures on Sliding Base Subjected to Horizontal and Vertical Motions, *Journal of Structural Engineering, ASCE*, 114, 2119-2129
- Lin B. C., (1990), Response of Base Isolated Buildings to Random Excitation Described by C-P Spectral Model, *Earthquake Engineering and Structural Dynamics*, 18, 49-62
- Lin T., Hone C., (1990), Base Isolated by Free Rolling Rods Under Basement, *Earthquake Engineering and Structural Dynamics*, 19, 377-388
- Malangone P., Ferraioli M., (1998), A Model Procedure for Seismic Analysis of Non-Linear Base-Isolated Multistorey Structures, *Earthquake Engineering and Structural Dynamics*, 17, 397-412
- McKay G. R., Chapman H. E., Kircaldie D. K., (1990), Seismic Isolation: New Zealand Applications, *Earthquake Spectra*, 6, 2, 203-222
- Mokha A. S., Constantinou M. C., Reinhorn A. M., (1991), Further Results on Frictional Properties of Teflon Bearings, *Journal of Structural Engineering, ASCE*, 117, 622-626
- Mokha A. S., Constantinou M. C., Reinhorn A. M., (1993), Verification of Friction Model of Teflon Bearings Under Triaxial Load, *Journal of Structural Engineering, ASCE*, 119, 240-261
- Mokha A., Constantinou M. C., Reinhorn A. M., (1991), Experimental Study of Friction-Pendulum Isolation System, *Journal of Structural Engineering, ASCE*, 117, 1201-1217
- Mostaghel N., Khoverdian M., (1987), Dynamics of Resilient-Friction Base Isolator (R-FBI), *Earthquake Engineering and Structural Dynamics*, 15, 379-390
- Mostaghel N., Khoverdian M., (1988), Seismic Response Structures Supported on (R-FBI) System, *Earthquake Engineering and Structural Dynamics*, 16, 839-854
- Mostaghel N., Tanbakuchi J., (1983), Response of Sliding Structures to Harmonic Support Motion, *Earthquake Engineering and Structural Dynamics*, 11, 355-366
- Mostaghel N., Tanbakuchi J., (1983), Response of Sliding Structures to Earthquake Support Motion, *Earthquake Engineering and Structural Dynamics*, 11, 729-783
- Nagarajaiah S., reinhorn A. M., Constantinou M. C., (1991), 3D-BASIS, Nonlinear Dynamic Analysis of Three Dimensional Base Isolated Structures: Part II, Technical Report NCEER-91-0005, State University of New York at Buffalo
- Nagarajaiah S., Reinhorn A. M., Constantinou M. C., (1992), Experimental Study on Sliding Isolated Structure with Uplift Restraint, *Journal of Structural Engineering, ASCE*, 118, 1666-1682

- Nagarajaiah S., Reinhorn A. M., Constantinou M. C., (1991), Nonlinear Dynamic Analysis of 3D Base-Isolated Structures, *Journal of Structural Engineering, ASCE*, 117, 2035-2054
- Nagarajaiah S., Reinhorn A. M., Constantinou M. C., (1992), Torsion in Base-Isolated Structures with Elastomeric Isolation Systems, *Journal of Structural Engineering, ASCE*, 119, 2932-2951
- Nagarajaiah S., Reinhorn A. M., Constantinou M. C., (1993), Torsional Coupling in Sliding Base-Isolated Structures, *Journal of Structural Engineering, ASCE*, 119, 130-149
- Novak M., Henderson P., (1989), Base Isolated Building with Soil-Structure Interaction, *Earthquake Engineering and Structural Dynamics*, 18, 751-765
- Pan T. C., Kelly J. M., (1984), Seismic Response of Base Isolated Structures with Vertical Rocking Coupling, *Earthquake Engineering and Structural Dynamics*, 12, 681-702
- Pan T. C., Kelly J. M., (1983), Seismic Response of Torsionally Coupled Base Isolated Building, *Earthquake Engineering and Structural Dynamics*, 11, 749-770
- Park Y. J., Wen Y. K., Ang A. H. S., (1986), Random Vibration of Hysteretic Systems Under Bidirectional Ground Motions, *Earthquake Engineering and Structural Dynamics*, 14, 543-557
- Polat Z., (2000), "Deprem Mühendisliği Ders Notları", Yıldız Teknik Üniversitesi, Güz Yarıyılı (yayımlanmamış)
- Reinhorn A. M., Nagarajaiah S., Constantinou M. C., Tsopelas P., Li R., (1994), 3D-BASIS-TABS, Computer Program for Nonlinear Dynamic Analysis of Three Dimensional Base Isolated Structures, Technical Report NCEER-94-0018, State University of New York at Buffalo
- Roeder C. W., Stanton F. J., (1983), Elastomeric Bearings: State of Art, *Journal of Structural Engineering, ASCE*, 109, 2853-2871
- Shenton H. W., Lin A. N., (1993), Relative Performance of Fixed-Base and Base-Isolated Concrete Frames, *Journal of Structural Engineering, ASCE*, 119, 2592-2968
- Siddiqui F. M. A., (1989), Simplified Analysis Method for Multistorey Base-Isolated Structures on Viscoelastic Halfspace, *Earthquake Engineering and Structural Dynamics*, 18, 163-177
- Simo J. C., Kelly J. M., (1984), Finite Element Analysis of the Stability of Multi-layer Elastomeric Bearings, *Engineering Structures*, 6, 3, 162-174
- Skinner R. I., Beckand J. L., Bycroft G. N., (1975), A Practical System for Isolating Structures from Earthquake Attack, *Earthquake Engineering and Structural Dynamics*, 3, 297-309

- Skinner R. I., Kelly J. M., Heine A. J., (1975), Hysteretic Dampers for Earthquake Resistant Structures, *Earthquake Engineering and Structural Dynamics*, 3, 287-296
- Stanton J. F., Scroggins G., Taylor, (1990), Stability of Laminated Elastomeric Bearings, *Journal of Structural Engineering*, ASCE, 116, 1351-1371,
- Su L., Ahmadi G., Tadjbakhsh I. G., (1989), A Comparative Study of Performances of Various Base Isolation Systems, Part I: Shear Beam Structures, *Earthquake Engineering and Structural Dynamics*, 18, 11-32
- Su L., Ahmadi G., Tadjbakhsh I. G., (1990), A Comparative Study of Performances of Various Base Isolation Systems, Part II : Sensitivity Analysis, *Earthquake Engineering and Structural Dynamics*, 19, 21-33
- Su L., Ahmadi G., Tadjbakhsh I. G., (1989), Performance of Sliding Resilient-Friction Base Isolation System, *Journal of Structural Engineering*, 117, 165-181
- Şahin N., (2000), “Depreme Dayanıklı Yapı Tasarımında Enerjinin Bir Kriter Olarak Kullanılması”, Bahar Semineri, Yıldız Teknik Üniversitesi, İstanbul, Haziran
- T.F. Zahrah, W.J. Hall, (1984), “Earthquake Energy Absorption in SDOF Systems”, *Journal of Structural Engineering*, ASCE, Vol. 110, No.8, pp.1757-1773, August
- Tadjbakhsh I. G., Ma J. J., (1982), Rigid-body Response of Base Isolated Structures *Journal of Structural Engineering*, ASCE, 108, 1806-1814
- Timur T., (2000), “Edirnekapı Mihrimah Sultan Camii Taşıyıcı Sistem Deprem Davranışının İncelenmesi”, Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi, İstanbul, Şubat
- Tracis A. C., (1984), The Implementation of Base Isolation for Foothill Communities Law and Justice Center, Report NSF and Country of San Bernardino, San Francisco
- Tsai H. C., Kelly J. M., (1988), Non-Classical Damping in Dynamic Analysis of Base-Isolated Structures with Internal Equipment, *Earthquake Engineering and Structural Dynamics*, 16 29-43
- Tsai H. C., Kelly J. M., (1989), Seismic Response of the superstructure and Attached Equipment in Base-Isolated, *Earthquake Engineering and Structural Dynamics*, 18, 551-564,
- Tsopelas P. C., Constantinou M. C., Reinhorn A. M., (1994), 3D-BASIS-ME, Computer Program for Nonlinear Dynamic Analysis of Seismically Isolated Single and Multiple Structures and Liquid Storage Tanks, Technical Report NCEER-94-0010, State University of New York at Buffalo

Tsopelas P. C., Nagarajaiah S., Constantinou M. C., Reinhorn A. M., (1994), Nonlinear Dynamic Analysis of Multiple Building Base Isolated Structures, *Computer and Structures*, 50, 1, 47-57

Yang Y. B., Huang W. H., (1998), Equipment-Structure Interaction Considering The Effect of Torsion and Base Isolation, *Earthquake Engineering and Structural Dynamics*, 27, 155-171

Zayas V. A., Low S. S., Mahin S. A., (1990), A Simple Pendulum Technique for Achieving Seismic Isolation, *Earthquake Spectra*, 6, 2, 317-333,

Zayas V. A., Low S. S., Mahin S. A., Bozzo L., (1989), Feasibility and Performance Studies on Improving the Earthquake Resistance of New Existing Building Using the Friction Pendulum System, Report No.UCB/ERRC 89-09, University of California, Berkeley

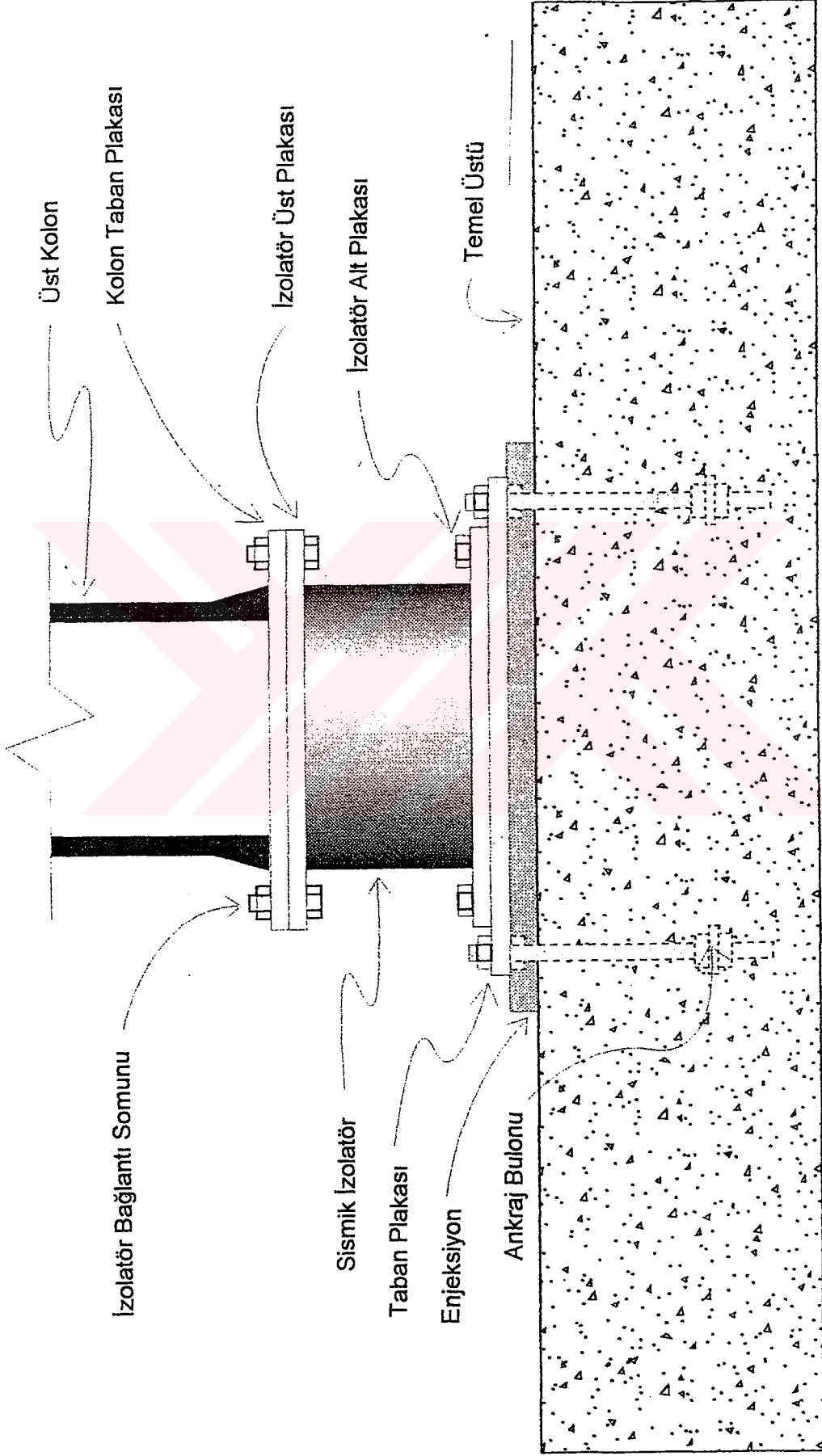


**EKLER**

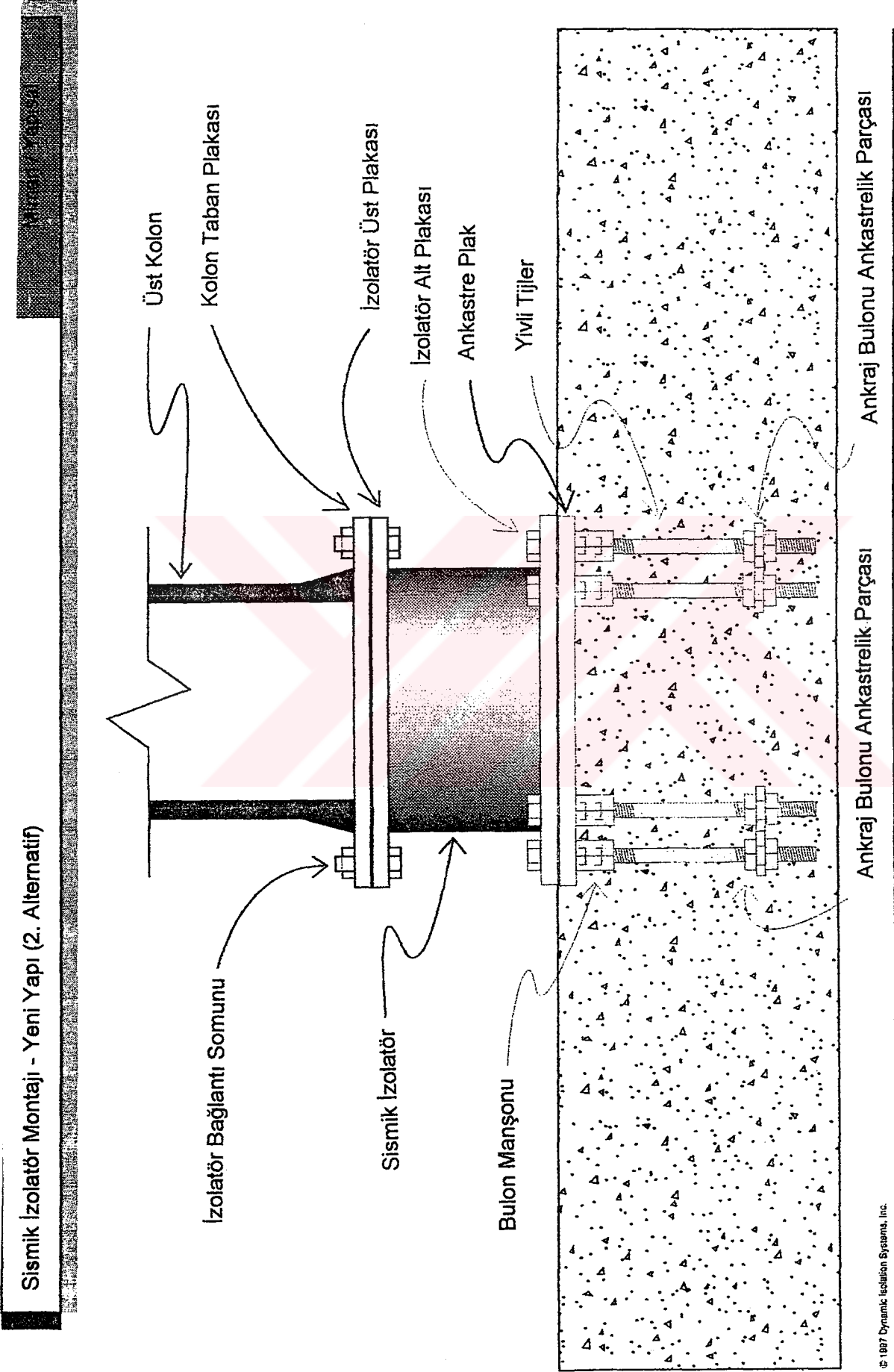
- Ek 1** Sismik Taban İzolasyonu Sistemlerinin Mesnetlenme Şekilleri ve Çeşitli Detaylara Getirilen Çözümler



Sismik İzolator Montajı - Yeni Yapı (1. Alternatif)

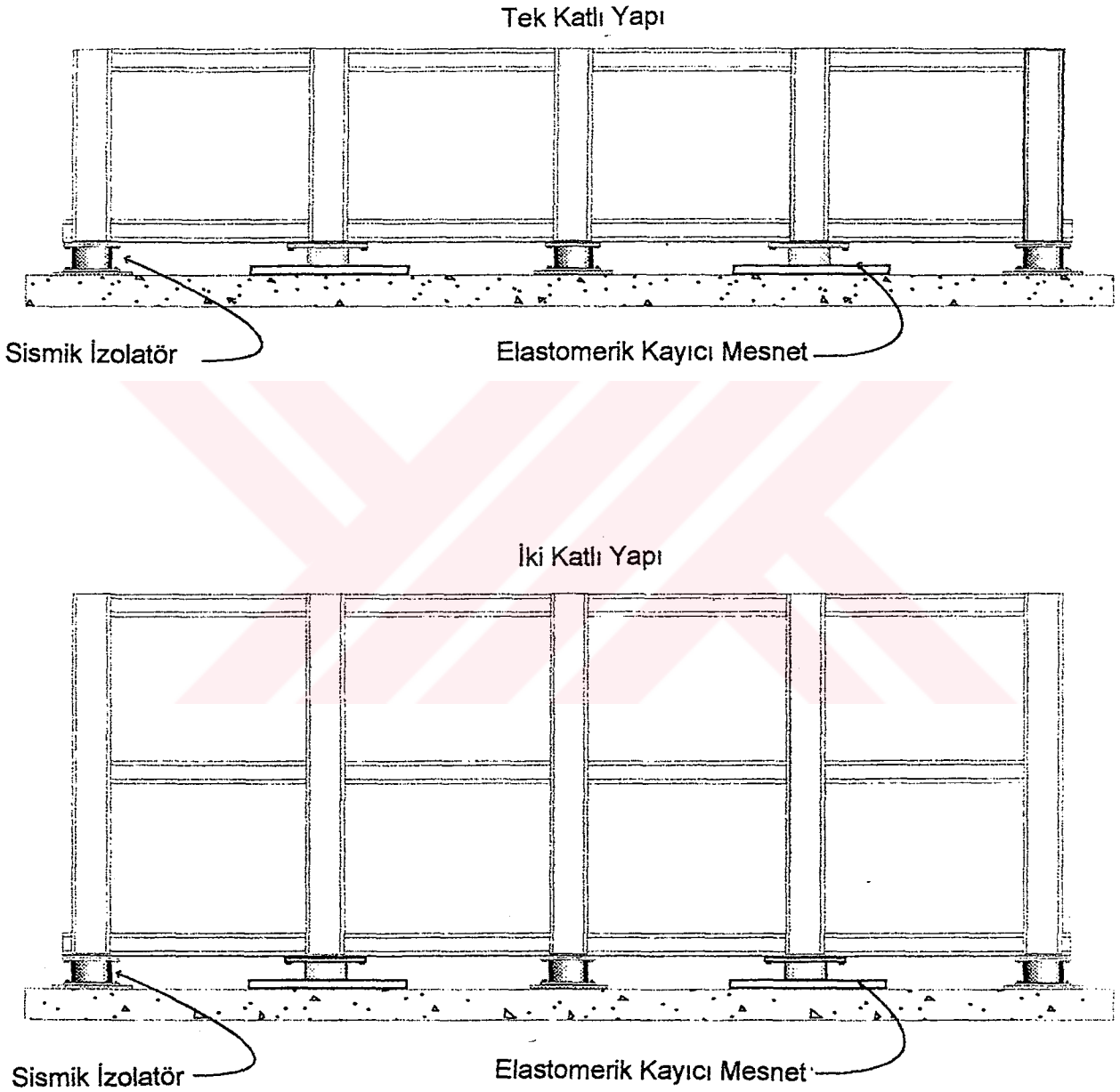


Şekil 3.1. Sismik İzolator Montajı - Yeni Yapı (Alternatif 1)



Şekil 3.2. Sismik İzolatör Montajı – Yeni Yapı (Alternatif 2)



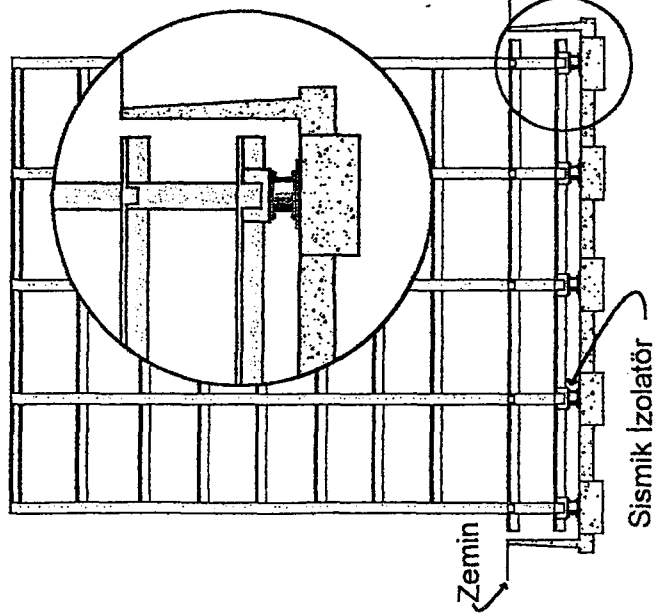


Şekil 3.3. Tek ve 2 Katlı Yapılarda Sismik İzolatör Montajı

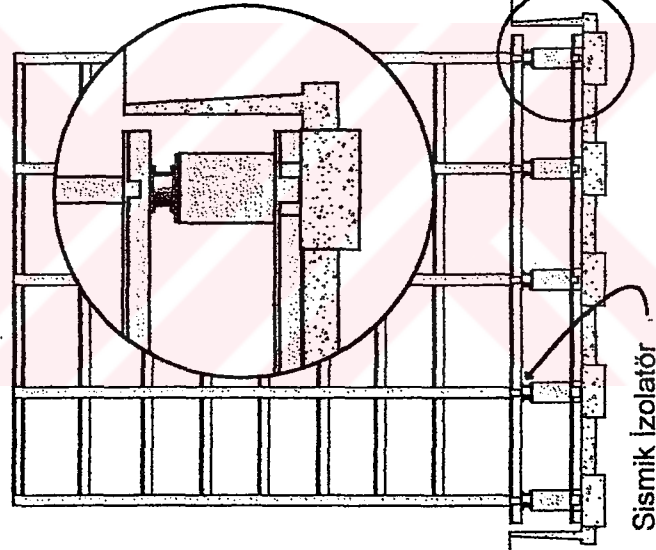
## Yapıda Sismik İzolatör Konumlandırılması (1. 2. 3. Alternatifler)

Yapısal Sistem

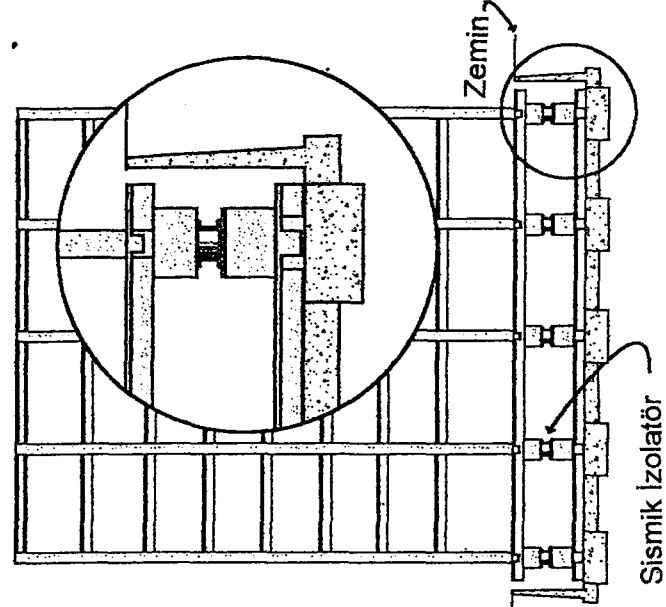
İkinci Bodrum Kata Yerleştirilmiş



Bodrum Kat Kolonlarının  
Üst Noktalarına Yerleştirilmiş

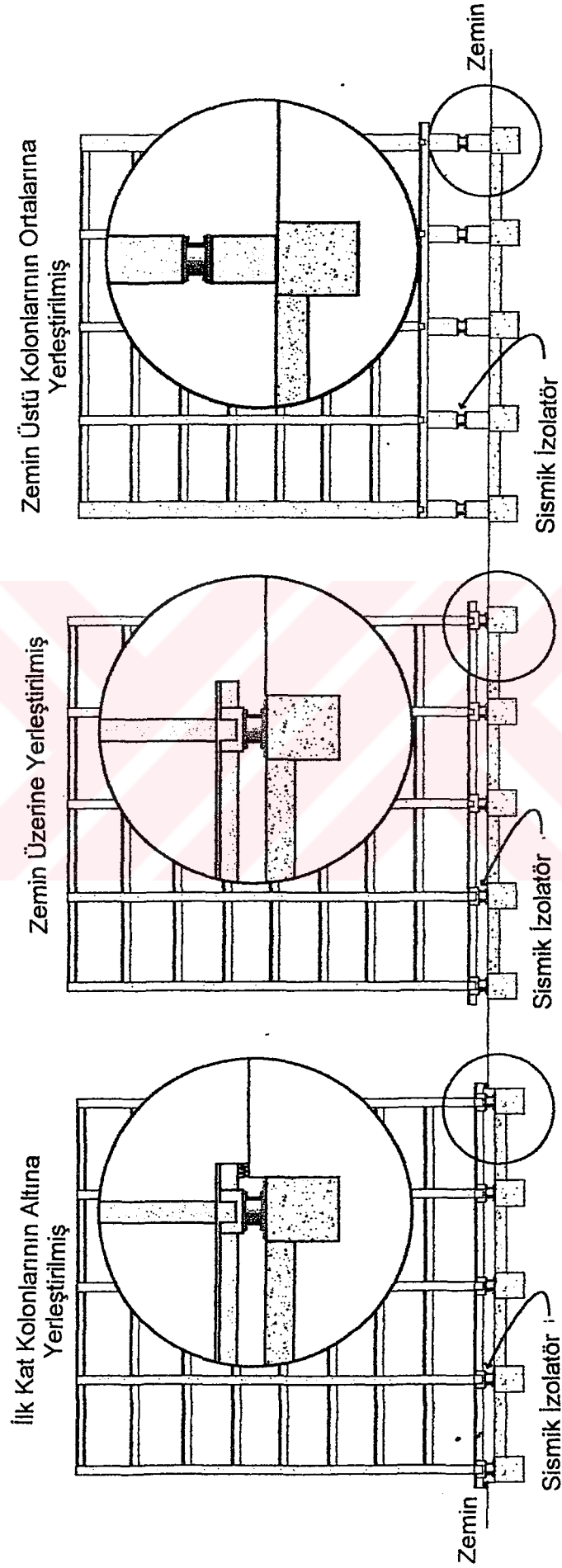


Bodrum Kat Kolonlarının  
Orta Noktalarına Yerleştirilmiş

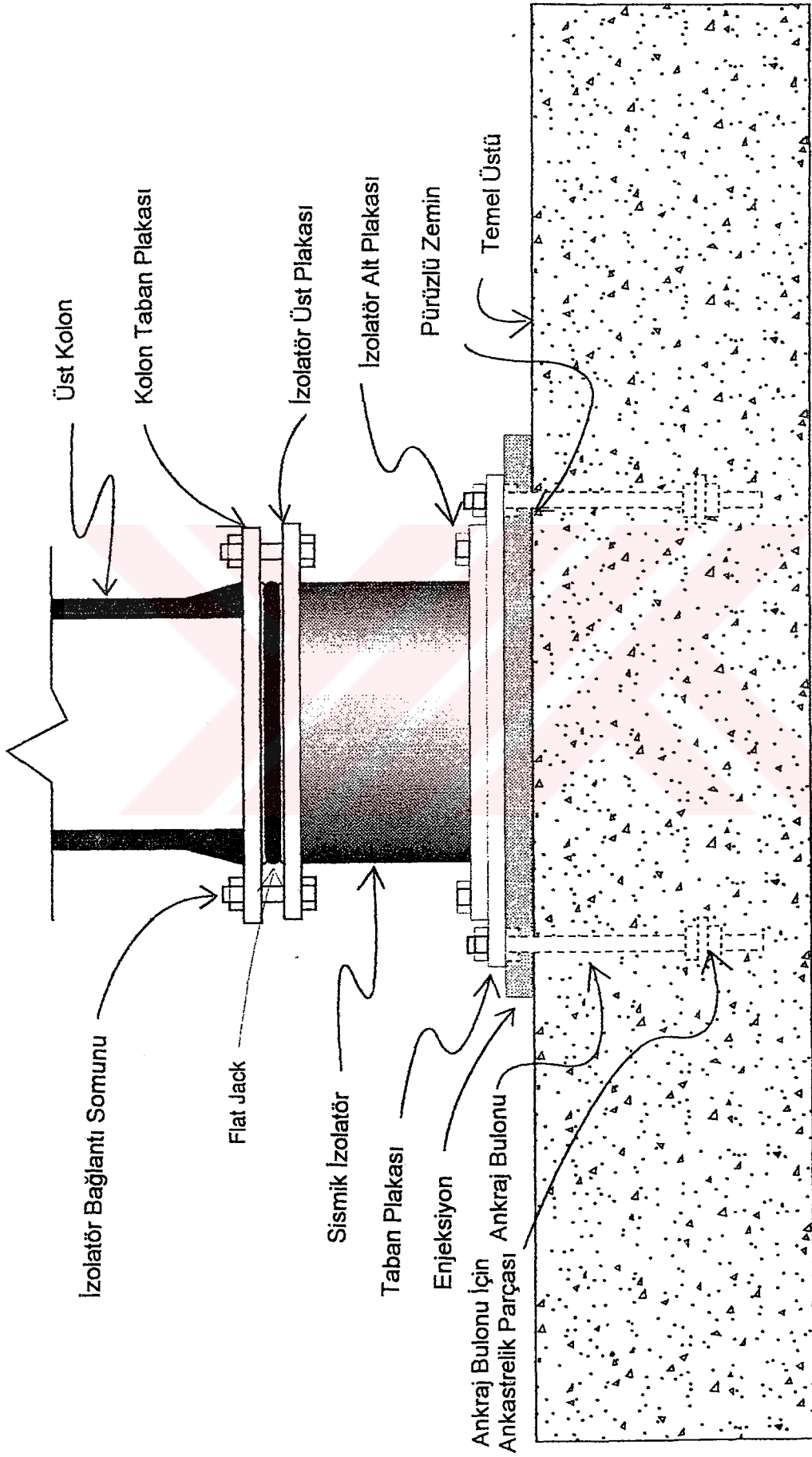


Yapıda Sismik İzolatör Konumlandırılması (4. 5. 6. Alternatifler)

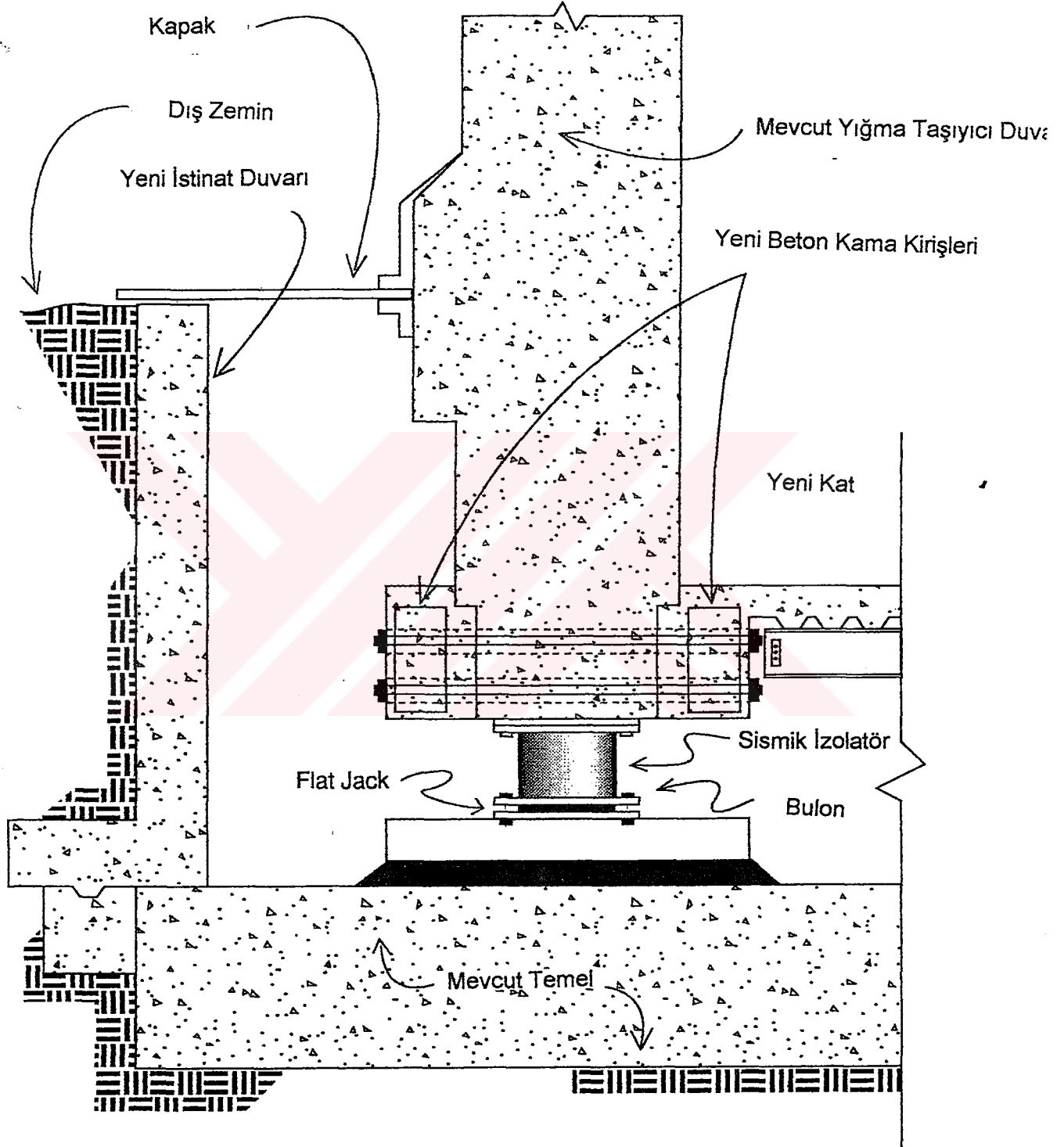
Yapıda Sismik İzolatör



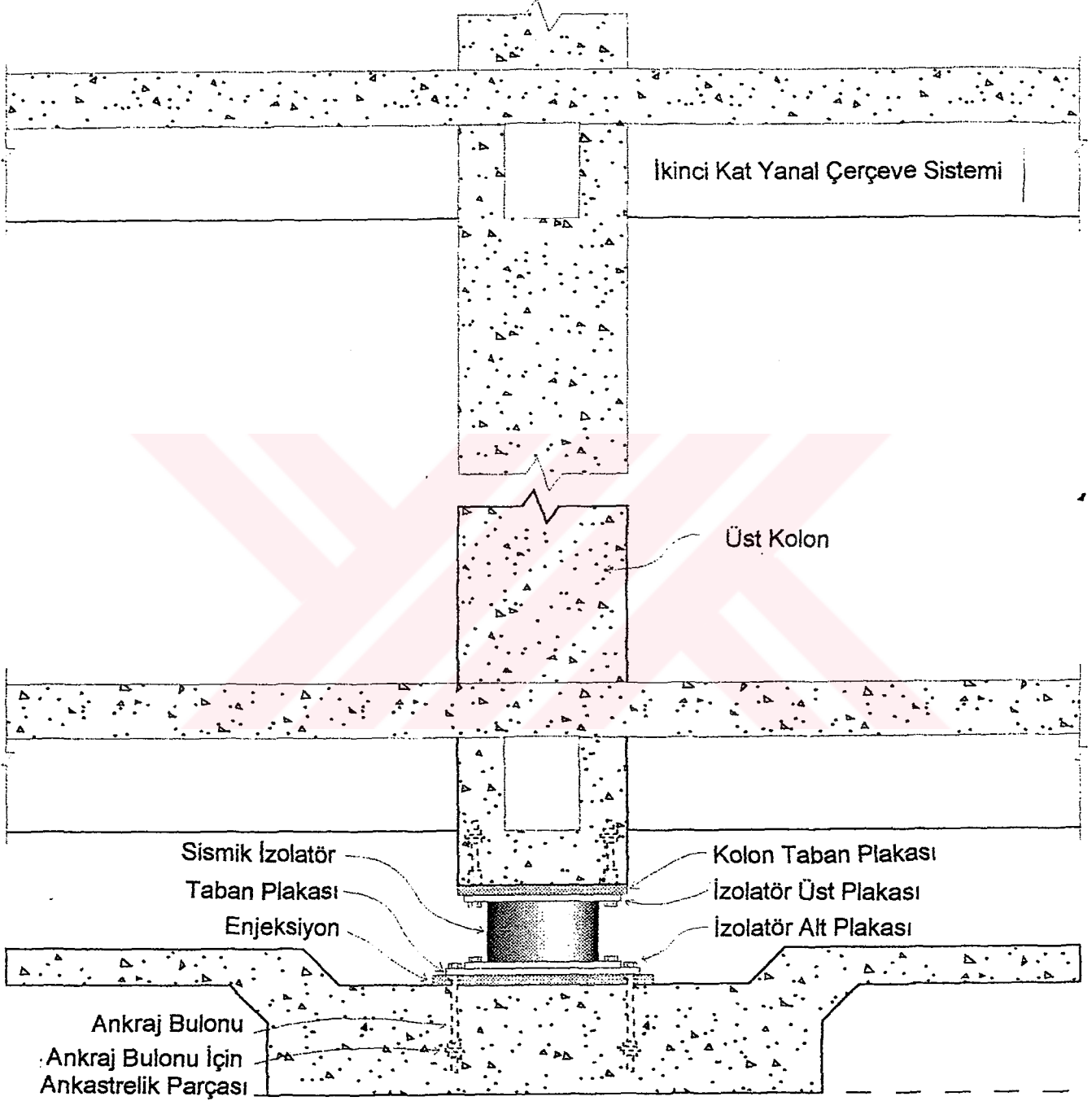
Şekil 3.5. Yapıda Sismik İzolatör Konumlandırılması (Alternatif 4-5-6)



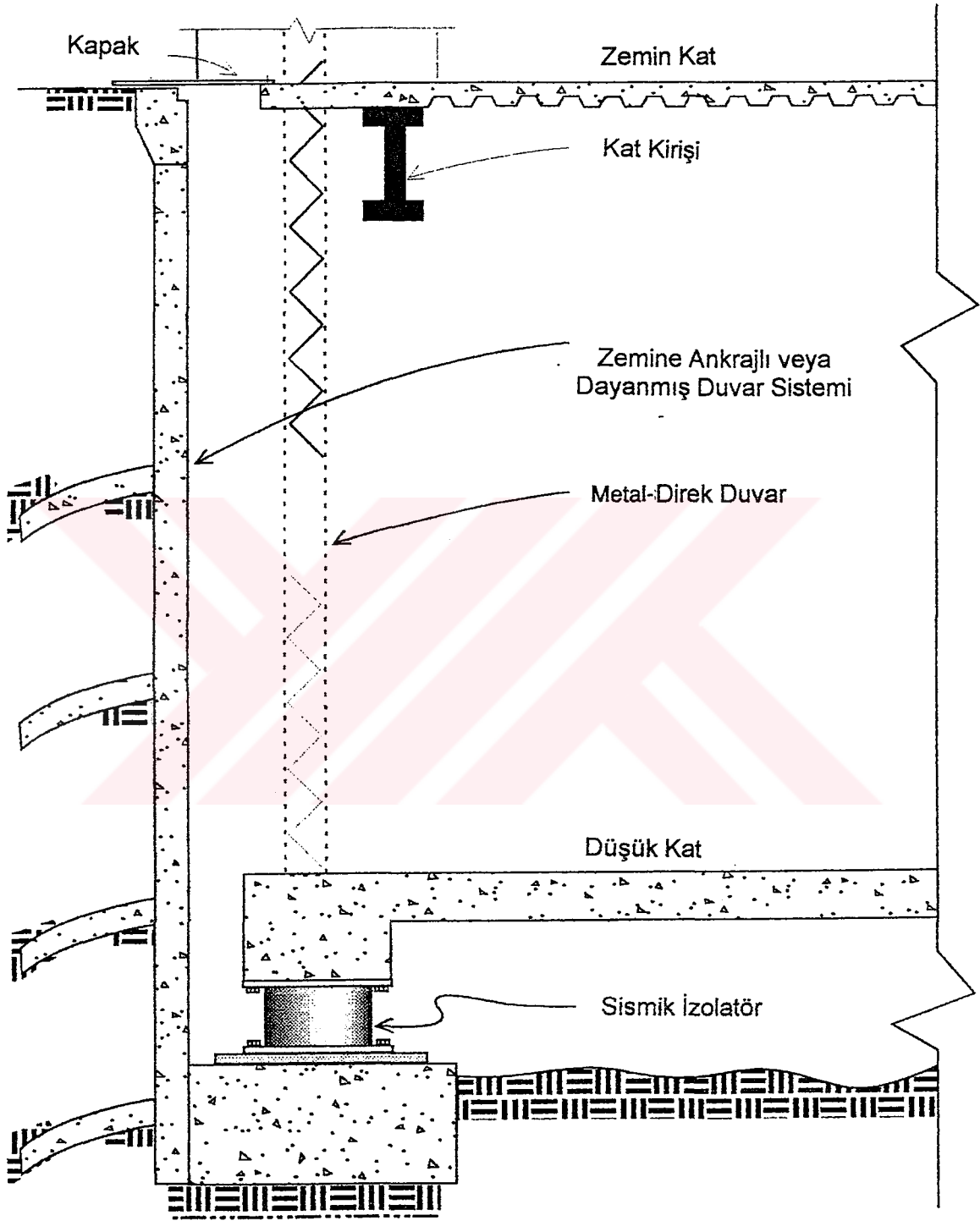
Şekil 3.6. Sismik İzolatör Montajı – Güçlendirilmiş Yapı



Şekil 3.7. Taşıyıcı Duvar Güçlendirilmesi

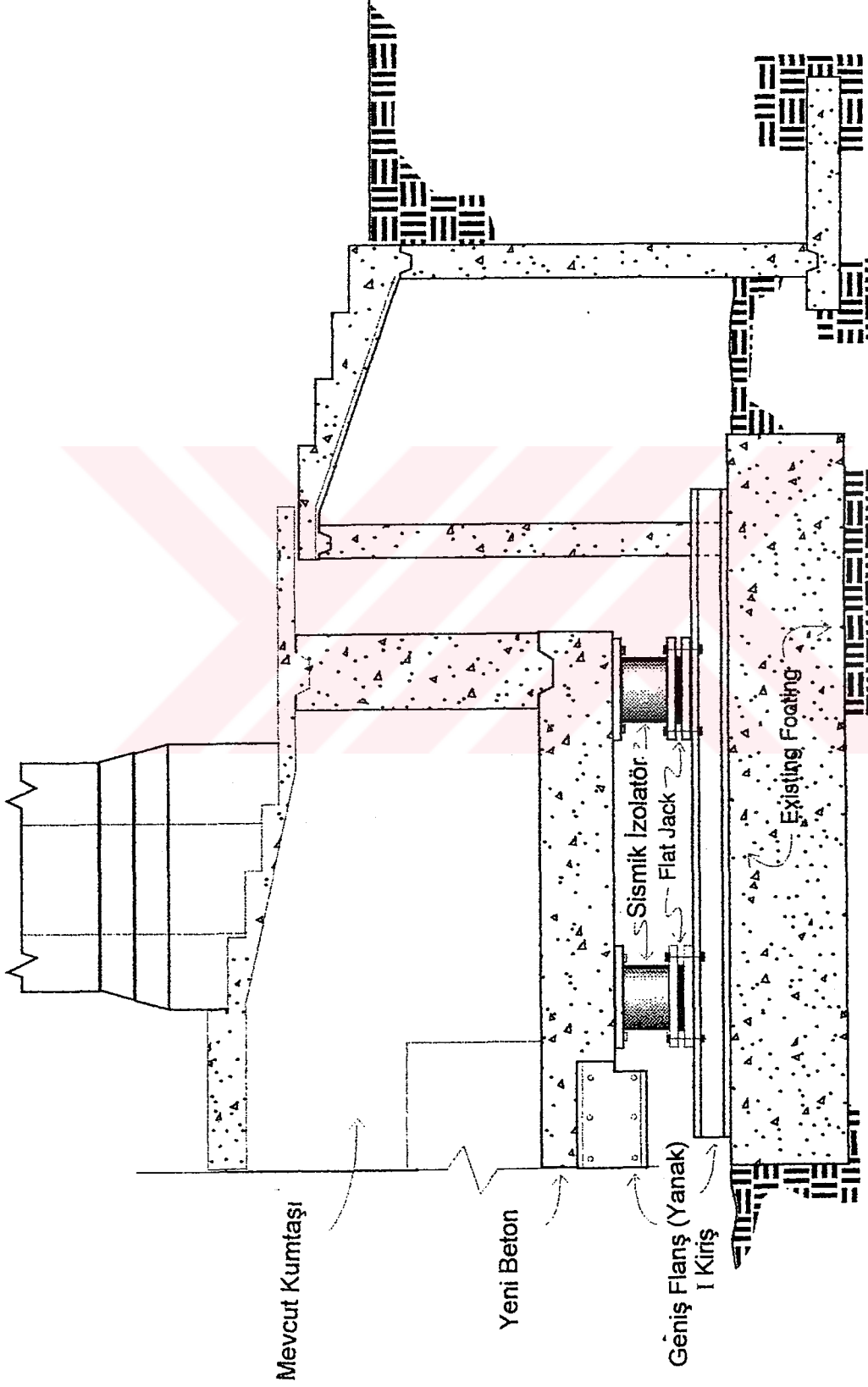


Şekil 3.8. Sismik İzolatör Montajı – Betonarme Kolona



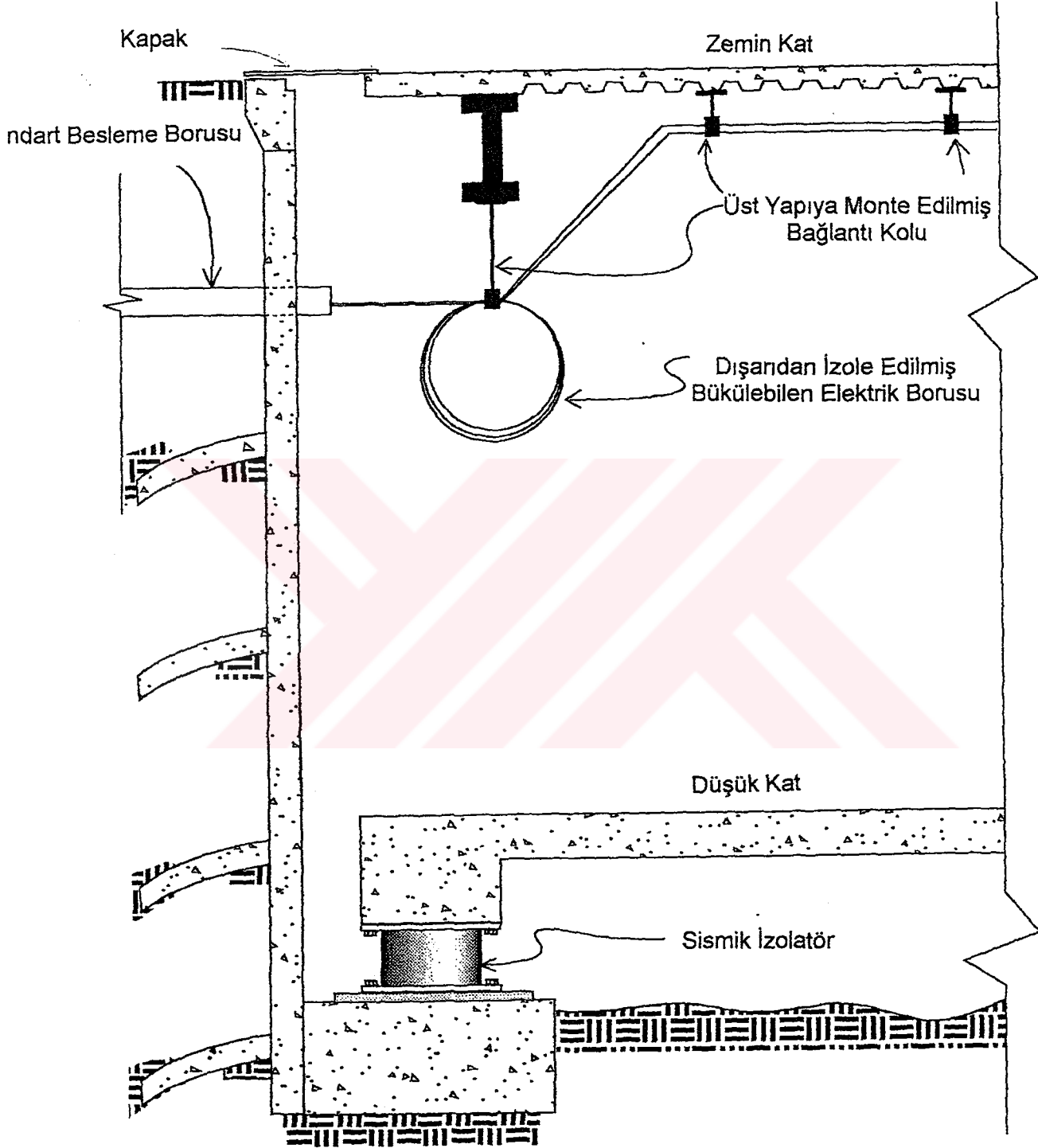
Şekil 3.9. Hendek ve İstinat Duvarı

## Güçlendirilmiş Yapı Giriş Merdivenleri

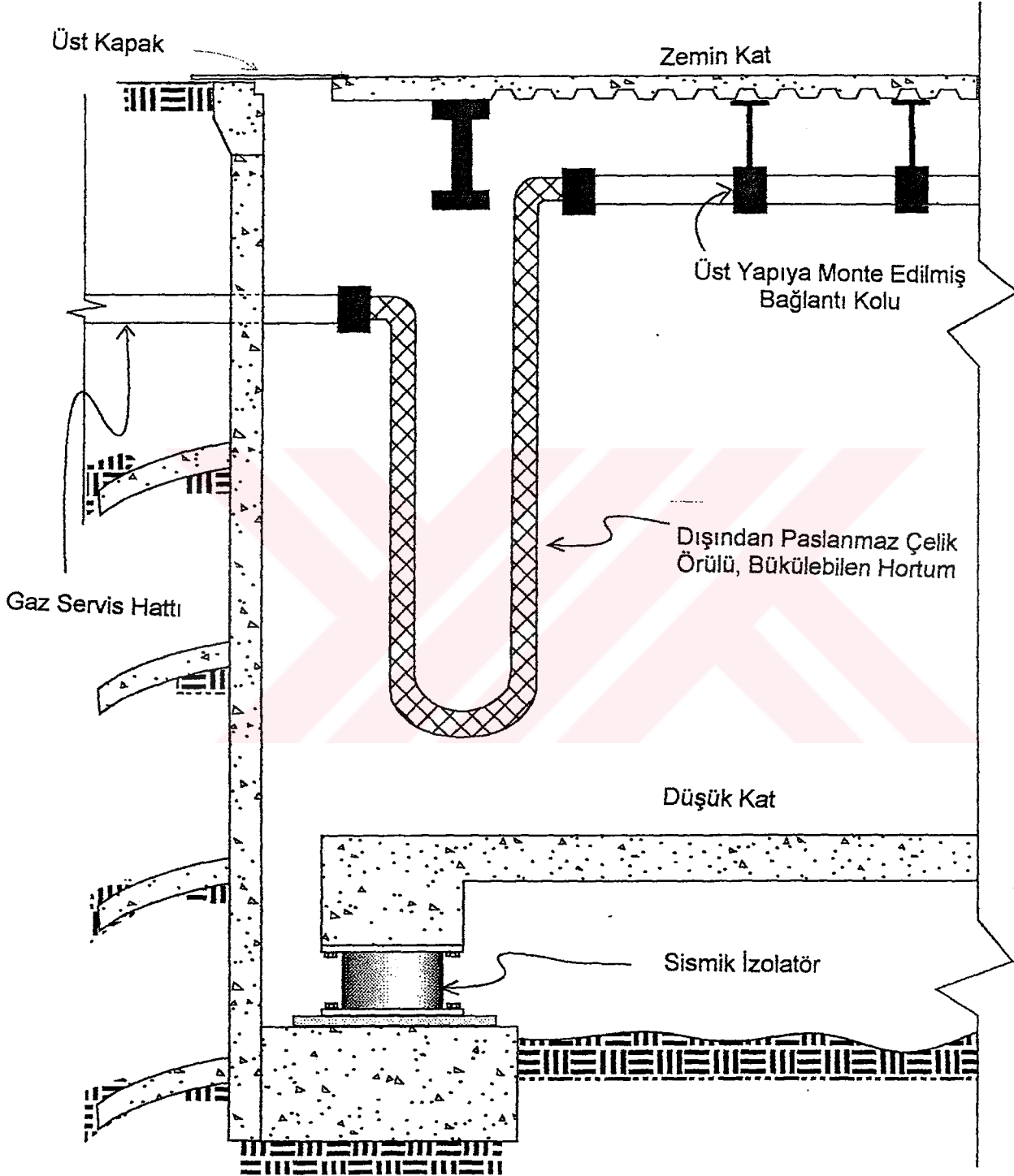


Şekil 3.10. Güçlendirilmiş Yapı Giriş Merdivenleri

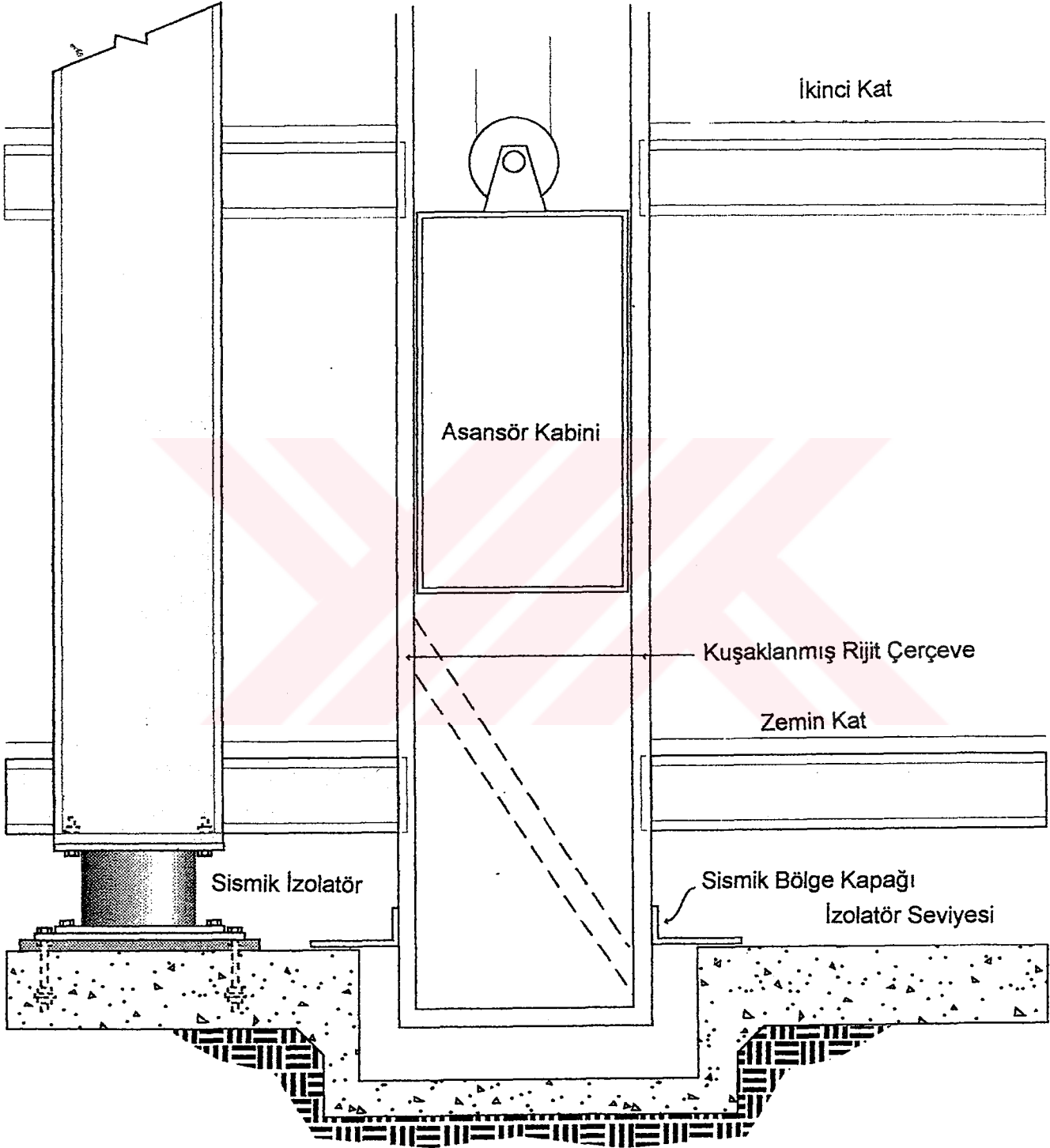




Şekil 3.11. Elektrik Bağlantıları



Şekil 3.12. Bükülebilir Gaz Hattı Bağlantıları



Şekil 3.13. Asansör Detayı

**ÖZGEÇMİŞ**

Doğum tarihi 24.04.1978

Doğum yeri İstanbul

Lise 1991-1994 Bahçelievler Lisesi

Lisans 1994-1998 Karadeniz Teknik Üniversitesi  
Gümüşhane Mühendislik Fakültesi  
İnşaat Mühendisliği Bölümü

Yüksek Lisans 1998-2001 Yıldız Teknik Üniversitesi  
Fen Bilimleri Enstitüsü  
İnşaat Müh. Anabilim Dalı, Yapı Programı

**Çalıştığı kurumlar**

1999-2000 Balcıoğlu Mümessillik Ltd. Şti.

2000-2001 Demol İnşaat Ltd. Şti.

2001-2001 Anıt Yapı İnş. Res. Elek. Ltd. Şti.

2001-Devam ediyor Nart İnş. Turz. Pers. Taş. Ltd. Şti.