

79 179

YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**1 EKİM 1995 DİNAR DEPREMİNİ HASARSIZ
ATLATMIŞ BETONARME BİR YAPININ
STATİK VE DİNAMİK ANALİZLE
YENİDEN İRDELENMESİ**

İnş. Müh. Murat Serdar KIRÇIL

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

YÜKSEK LİSANS TEZİ

3/7/98

Prof. Dr. F. Güler Örsen

79 179

Tez Danışmanı : Öğr. Gör. Dr. Mustafa ZORBOZAN

Prof. Zekiye Pinar
Murat

İSTANBUL, 1998

Öğr. Gör. Dr.
Mustafa ZORBOZAN
Uğur

Sevgili Annem'e ve Babam'a ...



İÇİNDEKİLER

İÇİNDEKİLER	II
TEŞEKKÜR.....	IV
ÖZET	V
ABSTRACT	VI
1. GİRİŞ.....	1
2. DEPREM	2
3. DİNAR KENTİ VE DEPREM	5
3.1. Bölgenin Jeolojik ve Tektonik Yapısı	6
3.2. Dinar Depreminin Muhtemel Mekanizması	7
3.3. Dinar Yöresinin Depremselliği ve Deprem Sismoteknik Özellikleri	8
4. DİNAR DEPREMİ YER HAREKETİ ÖZELLİKLERİ	14
5. GEOTEKNİK DEĞERLENDİRMELER VE ZEMİN HASARLARI.....	21
5.1. Zemin Yapısı ile İlgili Bilgiler	21
5.2. Geoteknik Açısından Hasar Değerlendirmesi	21
6. YAPISAL HASARLARIN GENEL DEĞERLENDİRMESİ	24
7. İNCELENEN YAPININ ÖZELLİKLERİ VE HASAR DURUMU.....	25
8. TAŞIYICI SİSTEM DAVRANIŞ KATSAYISININ BELİRLENMESİ.....	31
8.1. Burulma Düzensizliği	31
8.2. Komşu Katlar Arası Dayanım Düzensizliği (Zayıf Kat)	33
8.3. Komşu Katlar Arası Rijitlik Düzensizliği (Yumuşak Kat)	35
8.4. Görelî Kat Ötelemelerinin Sınırlandırılması	36
8.5. Kolonların Kirişlerden Daha Güçlü Olması Koşulunun İrdelenmesi	38
8.6. Kirişlerin Kesme Güvenliği.....	40
8.7. Kolonların Kesme Güvenliği	46
8.8. Yapılan Hesapların Değerlendirilmesi	49
9. DİNAMİK ANALİZ.....	52
9.1. Spektral Analiz ve Modların Süperpozisyonu	52
9.1.1. Tek Serbestlik Dereceli Sistemler	52
9.1.2. Çok Serbestlik Dereceli Sistemler ve Yer Hareketi	52
9.2. Yapı Modeli.....	56
9.3. 1997 Deprem Yönetmeliği Esas Alınarak Yapılan Dinamik Analizler.....	69

9.4. Dinar Depremi İvme Kayıtları Esas Alınarak Yapılan Dinamik Analiz.....	89
9.4.1. Tepki Spektrumu	89
9.4.2. Dinamik Analiz	90
SONUÇLAR VE ÖNERİLER.....	117
KAYNAKLAR.....	120
ÖZGEÇMİŞ	121



TEŐEKKÖR

Çalıőmalarım sırasında beni yönlendiren ve tecrübeleriyle yardımcı olan tez danışmanım Dr. Mustafa ZORBOZAN'a, yapı modelinin oluşturulmasında yardımlarını esirgemeyen Prof. Zekeriya POLAT'a teşekkürü bir borç bilirim.



ÖZET

Bu çalışmanın amacı Ekim 1995 Dinar depremini hasarsız atlatmış ve 1975 Deprem Yönetmeliğine göre projelendirilmiş betonarme bir yapının deprem sırasında gösterdiği performansı incelemek, aynı yapıya 1997 Deprem Yönetmeliğini dikkate alarak yeniden dinamik analize tabi tutmak ve sonuçları karşılaştırmaktır.

Yapı uygulama projesine bağlı kalınarak yeniden modellenmiş ve analizler bu model üzerinde yapılmıştır. Dinamik analizler SAP 90 yapı analiz programı ile yapılmış ve bu analizlerde modların süperpozisyonu yöntemi kullanılmıştır.

İlk olarak taşıyıcı sistemin süneklik düzeyi belirlenmeye çalışılmış, bunun için 1997 Deprem Yönetmeliğinde verilen ve süneklik düzeyi yüksek taşıyıcı sistemle süneklik düzeyi normal taşıyıcı sistemi birbirinden ayıran önemli koşullar kontrol edilmiştir. Elde edilen sonuçlar doğrultusunda taşıyıcı sistem süneklik düzeyi normal olarak ele alınıp yapının 1997 Deprem Yönetmeliğine göre analizi yapılmıştır. Daha sonra Dinar depremi ivme kayıtlarından elde edilen tepki spektrumundan yararlanılarak yapının analizi yapılmış ve depremde meydana gelen iç kuvvetler elde edilmiştir. Son olarak bu değerlere projelendirilmede esas alınan ve 1975 Deprem Yönetmeliği dikkate alınarak elde edilen değerler eklenmiş ve karşılaştırılmıştır.

ABSTRACT

This article is a report on the analysis of the performance of building which was not affected from the Dinar Earthquake of October 1995 and designed according to 1975 Earthquake Code. Building model was developed according to the final project and this model was used for analysis. SAP 90 structural analysis program was used for analysis. Building was analysed with mode superposition method.

First of all, ductility of bearing system was researched and then this bearing system was analysed twice. First analyse is according to spectrum coefficients of 1997 Earthquake Code and second analyse was done by using response spectra which was obtained from the acceleration records for Dinar Earthquake. The results of final project of buildings which was performed to the 1975 Earthquake Code are attached and was compared with the results of these analysis.



1. GİRİŞ

Önceden bir uyarı olmadan meydana gelmesi yönünden deprem, doğal afetler arasında kendine has bir özelliğe sahiptir. Deprem meydana gelmeden önce bazı ön işaretler görülebilirse de, günümüzde depremin önceden tahmin edilmesi konusunda güvenilir sonuçlar henüz mevcut değildir. Bu durum insanları, depreme dayanıklı yapılar üretmeye zorlamıştır. Dünyanın bazı şehirleri deprem nedeniyle birkaç defa harap olmuş ve yeniden inşa edilmiştir. Ülkemiz topraklarının %92'si de deprem riski taşımaktadır. Ülkemizdeki bazı şehirler deprem nedeniyle birkaç defa yıkılıp, yeniden inşa edilmiştir. Ülkemizdeki yapılar, bugüne kadar olan büyük depremlerde çok büyük çoğunlukla başarısız bir sınav geçirmişlerdir. Bu durum doğal olarak deprem yönetmeliklerini ve tasarımı, uygulama ve denetim sorunlarını gündeme getirmektedir.

Bu çalışmanın amacı 1975 Deprem Yönetmeliği esas alınarak projelendirilmiş ve Ekim 95 Dinar Depremini hasarsız atlattmış bir yapıda deprem sırasında oluşan iç kuvvetleri belirlemek, 1997 deprem yönetmeliğini aynı taşıyıcı sisteme uygulayarak oluşacak deprem momentlerini belirlemek ve bunları karşılaştırmaktır.

Yapı, uygulama projesine bağlı kalarak yeniden modellenmiş ve analizler bu model üzerinde yapılmıştır. İlk olarak 1997 Deprem Yönetmeliğinin I. Derece deprem bölgesi için verdiği etkin yer ivmesi değeri ve spektrum katsayıları kullanılarak dinamik analiz yapılmış ve deprem momentleri elde edilmiştir. Daha sonra Dinar depremi ivme kayıtları kullanılarak bu depremin tepki spektrumu elde edilmiş ve bu spektrumu kullanarak yapılan dinamik analizle de, deprem sırasında oluşan momentler elde edilmiştir.

Yapılan dinamik analizlerde modların süperpozisyonu yöntemi kullanılmıştır. Bu yöntemle yapılan çözümde yapının özel değerleri de elde edilebilmektedir.

Elde edilen momentler önce kendi arasında karşılaştırılmış, daha sonra her üç durum için elde edilen değerler bir arada verilmiştir.

2. DEPREM

Depremlerin önemli bir bölümü yeryüzünden yaklaşık 12 km derinliklere kadar uzanan elastik kısımda, üst kabuk içinde meydana gelmektedir. Buradan daha derinlerde sıcaklık 400 derecenin üzerine olduğu için yer değiştirme hareketi depremsiz, krip denilen yavaş plastik şekil değiştirme enerjisi içinde yutulur. Buna karşılık elastik üst kısımda ise her yıl birkaç cm.lik yer değiştirme yüzyıllarca birikerek birkaç metre yer değiştirmeye sebep olan depremler meydana getirebilmektedir. Depremler sırasında ilk kırılma başlangıcının bu elastik alan sınırında meydana geldiği anlaşılmaktadır.

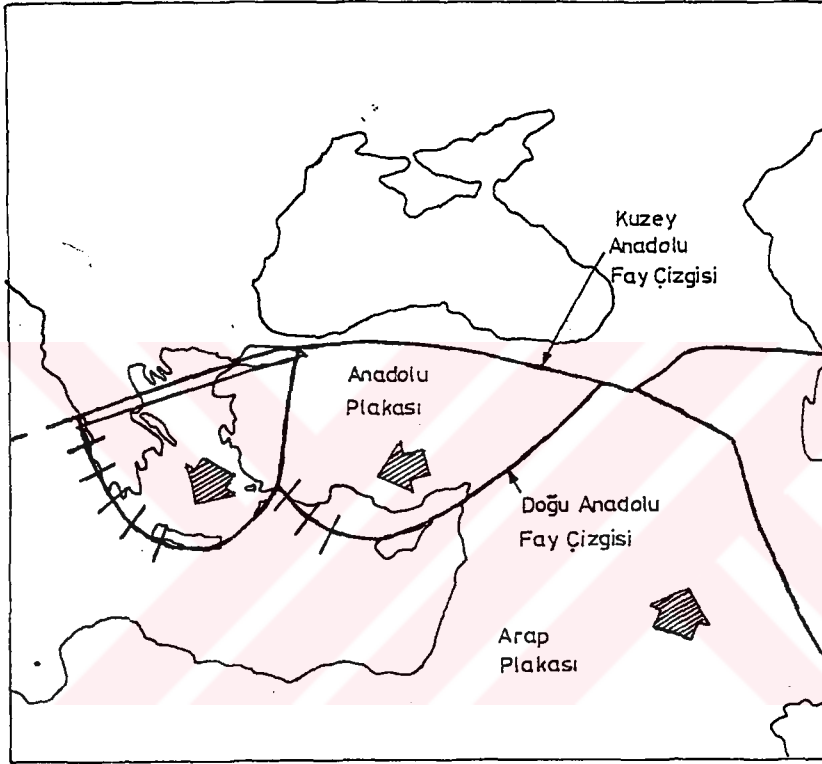
Deprem yer içinde fay olarak adlandırılan kırıklar üzerinde biriken şekil değiştirme enerjisinin aniden boşalması sonucunda meydana gelen yerdeğiştirme hareketinin neden olduğu karmaşık elastik dalga hareketidir. Bu yerdeğiştirme miktarı depremin büyüklüğü ile doğru orantılı olup, özellikle sığ depremlerde belli bir büyüklükten sonra faylanma ile ilgili kırıklar yeryüzünde de görülmektedir.

Bazı depremler, volkanik hareketlere, yer altı mağaraların çökmesine ve hatta yer altına basılarak uzaklaştırılan kullanılmış suların ortaya çıkardığı gerilmelere bağlı olarak da oluşabilmektedir. Ancak tektonik olmayan bu depremlerin sayı ve şiddetleri azdır.

Fayları depremlerin nedenleri değil sonuçları olarak kabul etmek uygundur. Aktif faylar, geçmişte şekil değiştirmeye uğrayan ve gelecekte de uğraması muhtemel olan fay çeşididir. Bunlar bölgenin jeolojik ve topografik olarak incelenmesi ve hava fotoğraflarının değerlendirilmesi sonucu tespit edilebilir. Depremler genellikle aktif fay boyunca meydana geldiği için, önemli yapıların projelendirilmesinde aktif faya uzaklık ve diğer sismolojik parametrelerin göz önünde bulundurulması gerekir.

Bir bölgenin depremden etkilenme derecesi fay hattına olan uzaklığı, fay hattının aktivitesi ile ilgilidir. Bu anlamda dünyada Pasifik Okyanusunu çevreleyen bütün kıyıların bir deprem kuşağı olduğu anlaşılır. Daha ayrıntılı incelemelerde Himalayalar'dan başlayıp İran, Kafkasya, Türkiye ile bütün Akdeniz ülkelerini içine alan bir kuşak daha görülür.

Türkiye’de ise, Şekil 2.1’de verilen Kuzey Anadolu ve Doğu Anadolu fay çizgileri Anadolu’daki iki büyük fay çizgisini oluşturmaktadır. Bununla beraber özellikle doğu ve Güney Anadolu Bölgesinde, Marmara ve Ege bölgelerinde pek çok yerel fay çizgilerinin de varlığı tespit edilmiştir. Depremın sıkça olduğu Erzincan, Kuzey Anadolu Fay Hattı üzerinde, Dinar ise Dinar Fay hattı üzerinde yer almaktadır.



Şekil 2.1. Türkiye Fay Haritası

Topraklarının %92’si aktif deprem kuşağında yer alan Türkiye’de, ülke nüfusunun %95’i bu bölgelerde yaşamaktadır. Bundan da Türkiye’nin çok büyük bir bölümünün deprem kuşağının üzerinde bulunduğu anlaşılmaktadır. Tarihsel süreç içinde depremlere baktığımızda, can ve mal kaybına neden olacak ağır şiddette depremler oluşmuştur ve oluşmaya devam edecektir. Aşağıdaki çizelgede Türkiye 5 deprem bölgesine ayrılmış ve her deprem bölgesinde muhtemel deprem şiddeti gösterilmiştir. Yine bu bölgelerde yaşayan nüfus ve bölge alanı ile önemli endüstri merkezleri ve barajlar gösterilmiştir.

Çizelge 2.1. Türkiye’de Deprem Bölgeleri

Bölge	Muhtemel Deprem Şiddeti	Nüfus (%)	Alan (%)	Önemli endüstri Merkezleri (%)	Barajlar (%)
I	I > IX	22	14.8	24.7	10.4
II	I = VIII	29	28.4	48.8	20.8
III	I = VII	24	28.8	12.0	33.3
IV ve V	I = VI	25	28	14.3	35.5

3. DİNAR KENTİ VE DEPREM

Dinar ilçesi idari olarak Afyon iline bağlıdır. İlçe merkezi ve güneydeki köyleri Akdeniz bölgesinde, kuzeyindeki köyleri ise Ege bölgesinde yer almaktadır. Göller bölgesinde bulunan Dinar ilçesi, kuzeyde Sandıklı, kuzey doğuda Şuhut, doğuda Isparta, güney batıda ise Dazkırı ile komşudur. İlçe 1286 km²'lik alanda 2 bucak ve 63 köyden oluşmuştur.

Dinar ilçe merkezi 30° 09' doğu boyları ve 38° 04' kuzey enlemindedir. Kuzeyinde Samsun dağları, doğu ve güneyinde Akdağ, batıda ise Dinar ovasının yer aldığı engebeli bir alanda kurulmuştur.

Dinar'ın tarihi M.Ö. 12. yüzyıla, Friglere kadar uzanmaktadır. Frig döneminde (M.Ö. 1200-660) adı Celaini'dir. M.Ö. 8. yüzyılda büyük bir depremle yıkılmış, yeniden imar edilmiştir. Depremde yerden sular fıskırdığı Anhoros efsanesinde rivayet edilmektedir.

Pers döneminden (M.Ö.660-33) sonra Hellenistik dönemde yerleşim yeri değişmiş ve M.Ö. 281 yılında Apameia adıyla şimdiki Suçikan (Marsiyas) yöresinde kurulmuştur. Apameia M.Ö. 84 yılında bir depremle yıkılmıştır. Roma döneminde (M.Ö. 72-M.S.395) bölgede yerleşim tekrar kurulup gelişmiştir. M.S. 225-235 yılları arasında meydana gelen bir başka büyük depremde Apameia yıkılmış, civarda göller oluşmuştur.

Roma ve Bizans dönemlerinin ardından bölge Selçuklu egemenliğine geçmiştir. Türkmen boylarını yerleştiği bölge Geyikler adını almıştır. Osmanlı döneminde 1853 yılında Geyikler büyük bir depremle tahrip olmuş ve terk edilmiştir.

1856-1896 arasında yapılan İzmir-Aydın-Denizli demiryolunun bir istasyonunun 1889'da açılması bölgeye yeniden canlılık kazandırmıştır. Dinar ve Çivril arasında 1875'de meydana gelen Deprem 1300 kişinin ölümüne neden olmuştur. Cumhuriyet döneminde 1946'da Geyikler adı Dinar olarak değiştirilmiştir.

Kentin nüfusu 1955'de 7.081, 1980'de 20.869 iken 1990'da 34.900 olmuştur. İlçe nüfusu ise 1980'de 62.496'dan 1990'da 90.952'ye ulaşmıştır. Yıllık ortalama yüzde 4.5 nüfus artışı ilçenin göç aldığını göstermektedir.

Dinar ovası 1994'e kadar bataklık olduğundan kent tepelik alanda gelişmiştir. 1944-1948 yılları arasında ovanın kanal açılarak kurutulması ile yerleşim ovaya kaymıştır. Büyük Menderes nehrinin kaynağı Dinar'ın içindedir.

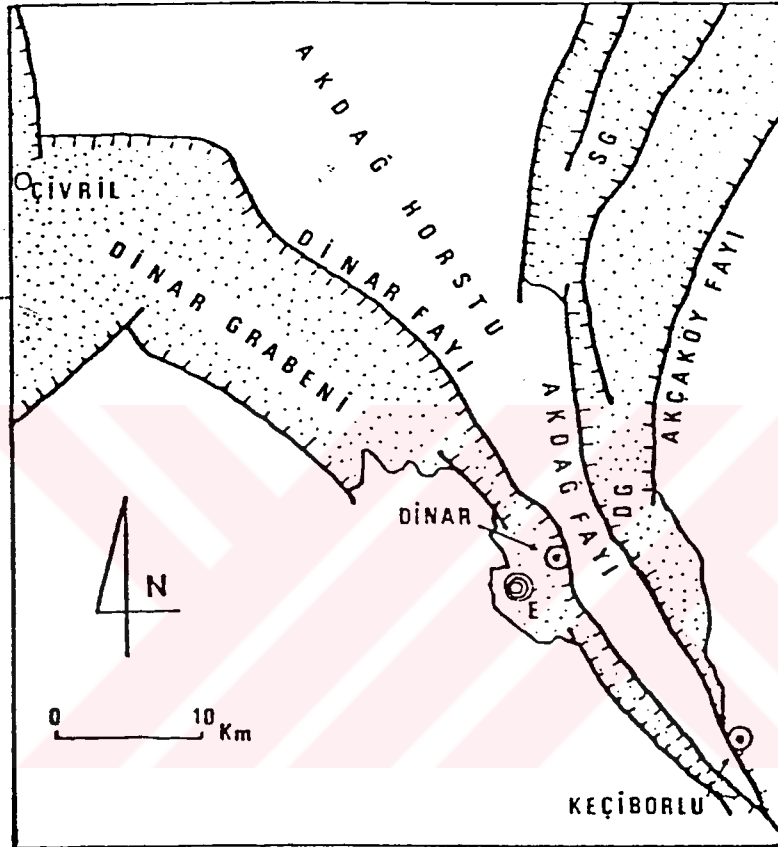
Bölgede 1900-1994 yılları arasında meydana gelen ve büyüklükleri 4.0 ile 6.9 arasında değişen 212 deprem aletsel olarak kaydedilmiştir. Kenti etkileyen son büyük deprem 1925 yılında olmuştur ve 6.0 büyüklüğündedir.

Dinar'ın tarihi adeta büyük depremlerle yazılmıştır. Geçmişte beş kez yıkılıp yeniden kurulan kent, 1995 depreminden sonra artık depreme dayanıklı olarak bir kez daha kurulmayı ve bir daha bu tür felaketlerle karşılaşmamayı umut etmektedir.

3.1. Bölgenin Jeolojik ve Tektonik Yapısı

Dinar ilçesi ve yakın çevresinde yaklaşık K-GD ve KKD-GGD doğrultulu iki ana fay sistemi yer alır. Bunlar Dinar ve Akdağ fay sistemleridir (Şekil 3.1). Bu faylar nedeniyle Dinar ve çevresi iki büyük çöküntü (graben) ve onları birbirinden ayıran bir yapısal yükselim alanına (horst) bölünmüştür. Grabenlerden doğudaki Dombayova (DG), batıdaki ise Dinar Grabeni olarak adlanmıştır (Koçyiğit, 1984; Öztürk, 1982). Dinar grabeni güneydoğu-kuzeybatı uzanımlıdır ve kuzeybatıya doğru genişliği 1.5 km den 15 km ye değin artar. Dinar grabeninin doğu-kuzeydoğu kenarını, yaklaşık K40°-50°B doğrultusunda uzanan Dinar Fayı sınırlar. Dinar Fayı çok az yatay bileşeni olan eğim atımlı normal bir faydır. Fay güneydoğuda Keçiborlu ilçesinin yaklaşık 2-2.5 km batısından başlar ve kuzeybatıya doğru, Dinar ilçesinin doğu kenarından ve kısmen de içinden geçerek kuzeybatıdaki Çivril ilçesinin yaklaşık 3-4 km kuzeydoğusunda değin uzanır (Şekil 3.1). Bu uzanım içindeki uzunluğu yaklaşık 75 km dir. Dinar Fayı güneybatı yöne eğimli olup, batı bloğu düşen, doğu bloğu ise yükselen bloktur. Bu nedenle, Dinar

Fayı'ndan batı bloğu bir grabene (Dinar grabeni), doğu bloğu ise bir horsta (Akdağ horstu) karşılık gelmektedir. Grabeni çok genç yaşlı, henüz pekişmemiş, oldukça kalın (30-80 m) sedimanlar (çakıl, kum, silt, kil) doldururken, horst tümüyle yaşlı ve göreceli olarak daha sağlam kayalardan (kireçtaşı, çakıltası vb.) oluşur. Ayrıca graben içinde yeraltı su seviyesi oldukça yüzeye yakın, hatta bazı kesimlerde yüzeydedir.



Şekil 3.1. Dinar ve Çevresinin Yalınlaştırılmış Fay Haritası

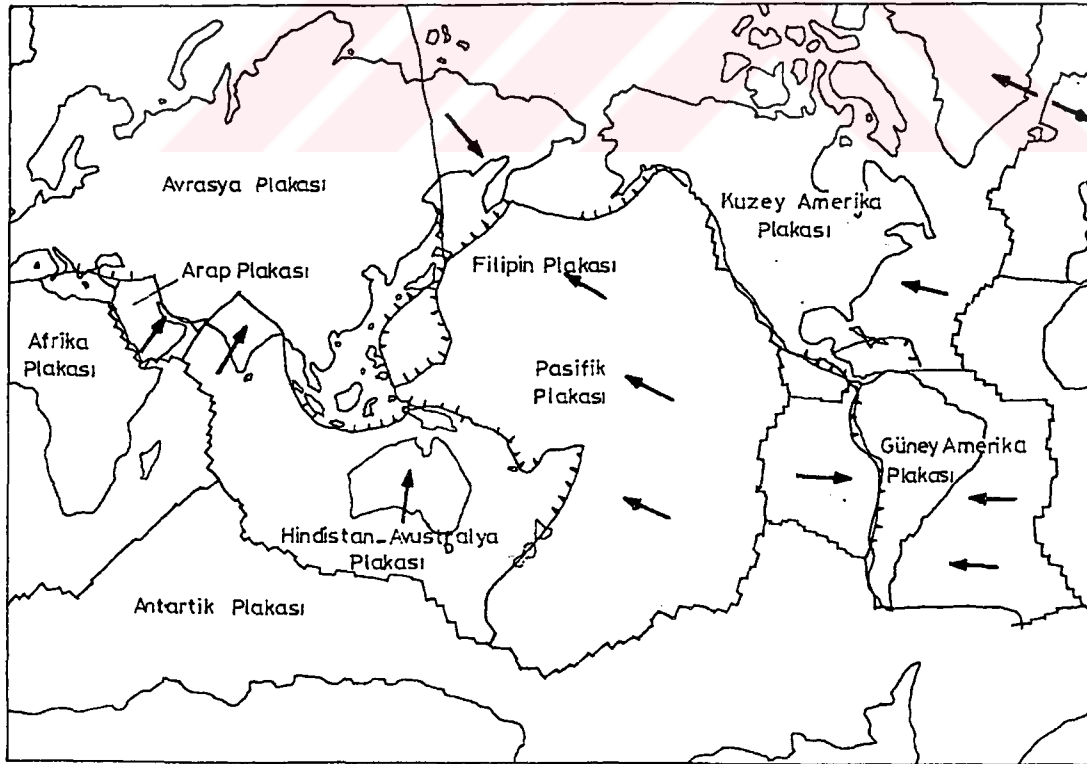
3.2. Dinar Depreminin Muhtemel Mekanizması

Dinar ilçe merkezi yukarıda kısaca anlatılan Dinar Fayı'nın kısmen yüzeyindeki izi üzerinde, fakat büyük kesimi fayın aşağı düşen bloğu üzerinde kurulmuştur. Dinar Fayı'nın yaklaşık 20-25 km uzunluğundaki bir kesimi, fay üzerinde ve derinde (33 km) gerçekleşen bir kırılma ile aktivite kazanmış ve bu hareket, Dinar Depremi olarak, 1 Ekim 1995 pazar günü saat 17:57'de tüm göller bölgesinde hissedilmiştir. Ayrıca deprem sırasında yaklaşık 13 km uzunluğunda yüzey kırık zonu oluşmuştur. Deprem episantırı

Dinar ilçesine çok yakındır ve ilçede normal bir fayın tavan (aşağı düşen) bloğu üzerinde bulunan alüvyon formasyonunda inşa edilmiş yapılar önemli hasar görmüştür. Buna karşın, Dinar Fayı'nın doğu-kuzeydoğu bloğu üzerindeki konut ve benzer binalarda önemli hasar yoktur.

3.3. Dinar Yöresinin Depremselliği ve Depremin Sismoteknik Özellikleri

Yerkabuğunun tektonik haritası Şekil 3.2'de gösterilmektedir. Anadolu'nun tektoniği Arabistan ve Afrika plakalarından etkilenmektedir. Arap plakasının kuzeye doğru hareketi ile Doğu Anadolu'da meydana gelen sıkışma sonucu Anadolu bloku batıya doğru hareket etmeye başlamıştır. Hareket 1200 km uzunluğundaki Kuzey Anadolu Fayı ve 400 km uzunluğundaki Doğu Anadolu Fayı boyunca olmaktadır. Anadolu bloğunun batıya hareketi diğer yandan Yunan Makaslama Zonunun engellemesi sonucu batıda yön değiştirmiş ve blok Akdeniz kabuğu üzerinde güney-batı yönünde hareket etmeye başlamıştır (Şekil 3.2). Bu sıkışma sonucu Anadolu bloku içsel deformasyona uğramış, bileşik fay sistemleri ve küçük iç bloklar ortaya çıkmıştır.



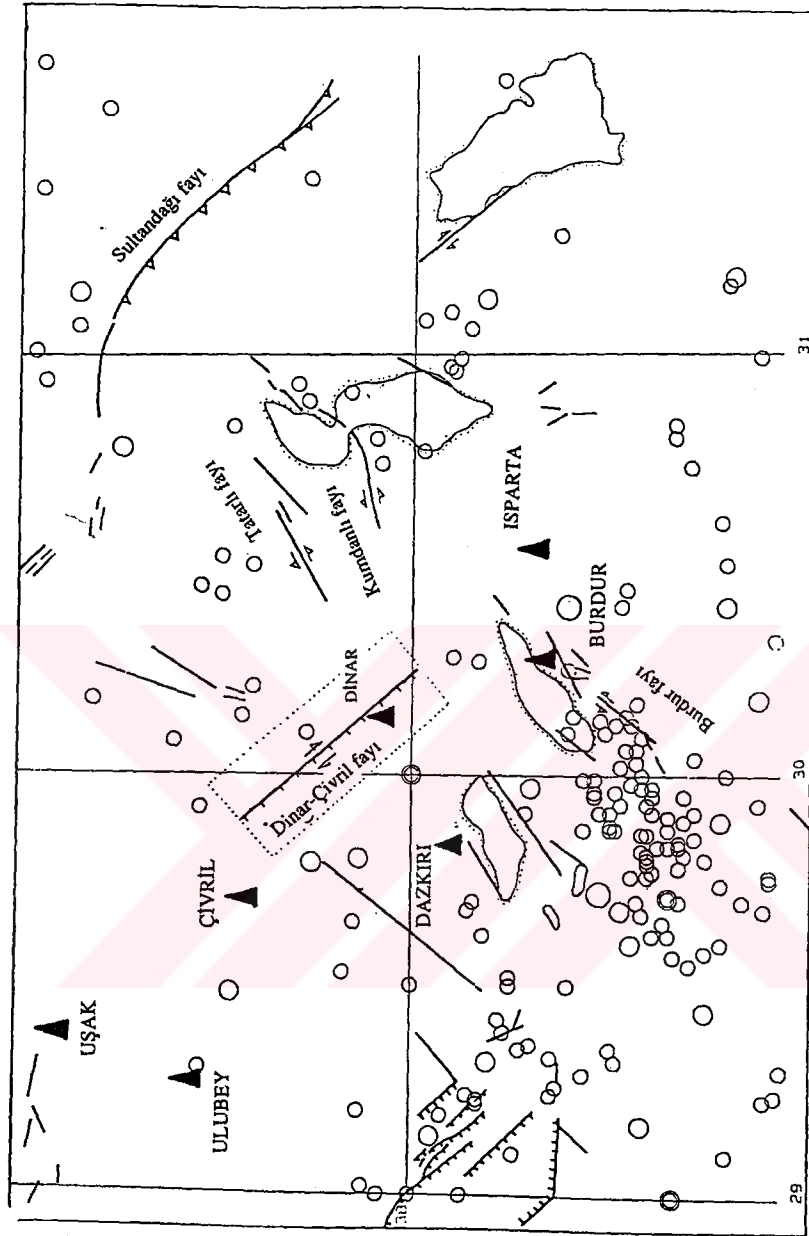
Şekil 3.2. Yer Kabuğu Fay Haritası

Aynı zamanda Afrika plakası Hellenik ark boyunca Ege plakasının altına dalmaktadır. Hellenik Ark Rodos adasının yanından kuzey doğu yönünde Anadolu blokuna girerek yırtma etkisi yapmaktadır Dinar yöresi bu karmaşık etkiler altında kuzeydoğu-güneybatı yönünde açılmaya, kuzeybatı-güneydoğu yönünde ise sıkışmaya maruzdur.

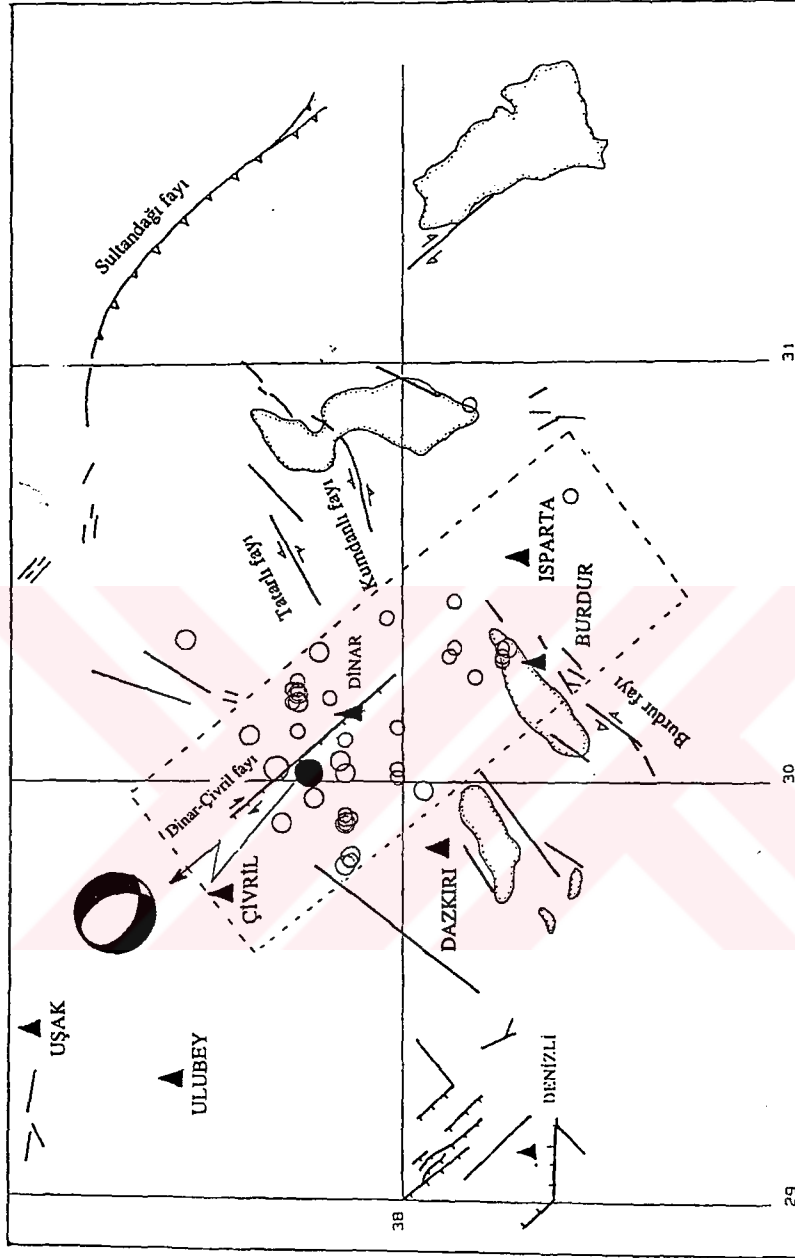
Şekil 3.3'de Dinar ve yöresinde 1900-1994 yılları arasında izlenen sismik aktivitenin doğuda sol yönlü doğrultu atımlı Tatarlı ve Kumdanlı fayları ile güney batıda sol yönlü doğrultu atımlı Burdur ve Acıgöl fayları civarında yoğunlaştığı görülür. Ancak 1 Ekim 1995 Dinar Depremi u fayların üzerinde meydana gelmemiştir. Depreme Keçiörlü-Dinar-Çivril arasında uzanan 55 km uzunluğu ve geçmişte aktivite göstermemiş olan Dinar-Çivril fayı neden olmuştur.

1990-1994 yılları arasında Dinar'ın 40-50 km lik çevresinde pek az sismik aktivite gözlenmiştir. Şekil 3.3'de Dinar yakınında işaretlenen deprem merkezleri 1914 ve 1925 depremlerine aittir. Son 70 yılda Dinar'ı etkileyen önemli bir deprem yoktur ve Dinar-Çivril fayı suskun bir dönem geçirmiştir. Bu durum aktif olduğu öne sürülen fayda bir enerji birikimi olduğuna işaret etmektedir.

Sonuçta 26 Eylül günü fay hareketlenmeye başlayıp önce küçük kırılmalarla hafif depremlere neden olmuş, 1 Ekimde saat 17:57'de en büyük kırılma oluşmuş ($M_L=5.9$), bunu iki saat sonra ikinci büyük kırılma ($M_L=5.0$) izlemiştir. 5.9 büyüklüğündeki ana deprem, yaklaşık 50 km uzunluğundaki Dinar-Çivril fayında 33 km derinlikte başlayan 20 km uzunluğundaki bir kırılma sonucu olmuştur. Kırılma 25 saniye sürmüştür. Sonraki günlerde artçı depremler ($M_L<4.5$) 9 ekim gününe kadar sürmüştür. Ondört gün süresince kaydedilen depremlerin merkezleri Şekil 3.4'de gösterilmektedir. Büyüklüğü 4.4 ve üzerinde olan 7 deprem ile ilgili bilgiler Çizelge 3.1'de verilmiştir.



Şekil 3.3. Dinar ve Çevresinin Fay Haritası ve 1900-1994 Arası Depremselliği



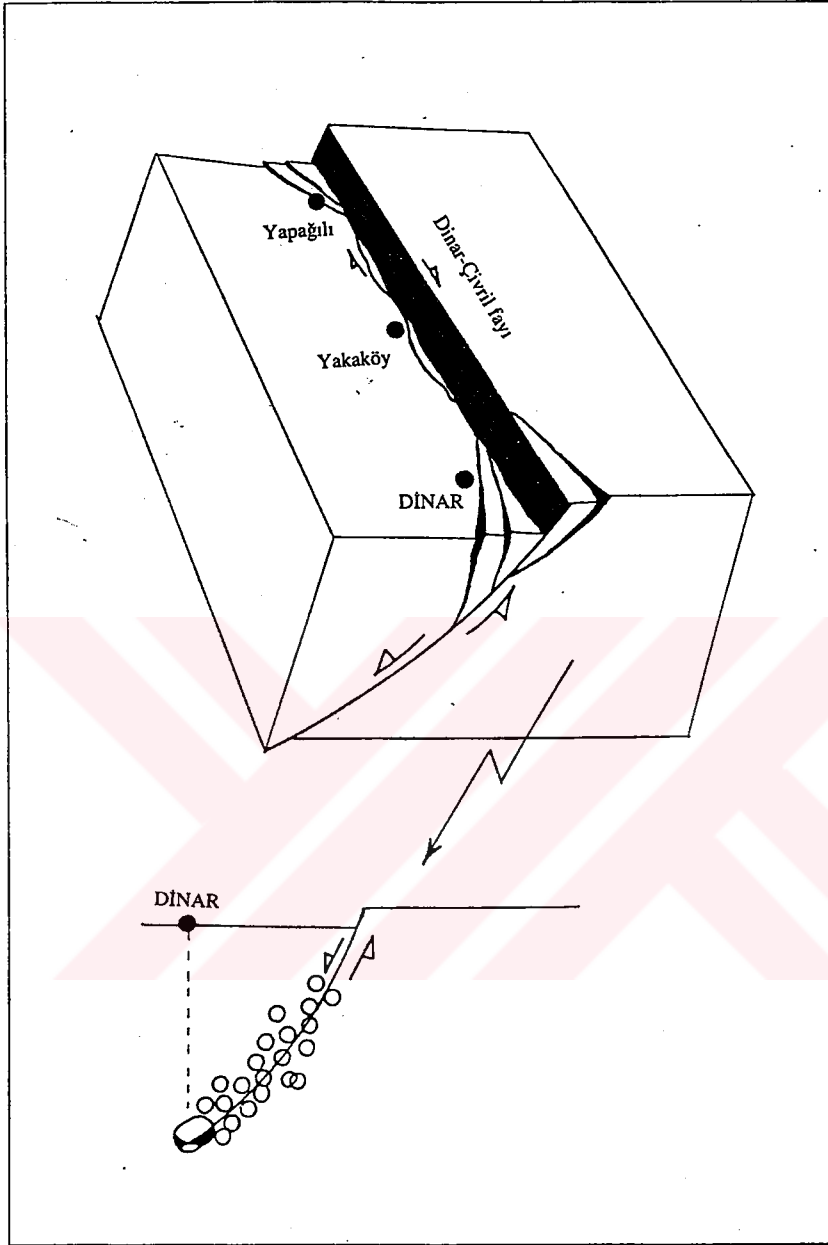
Şekil 3.4. 1 Ekim 1995 Dinar Depremi Öncü ve Artçı Şokların Episantr Dağılımı

Çizelge 3.1. Dinar'da kaydedilen 4.5'den büyük depremler

Tarih	Zaman	Büyüklik (M_L)
26.9.1995	16.58	4.6
27.9.1995	16.16	4.8
1.10.1995	17.57	5.9
1.10.1995	20.03	5.0
3.10.1995	9.38	4.4
5.10.1995	18.15	4.6
6.10.1995	18.16	4.5

Dinar depremlerinin en büyük özelliği ana depremden önce öncü depremlerin meydana gelmesidir. Pek sık rastlanmayan bu durumun bir ana şok öncesi depremleri olduğunu kestirmek mümkün değildir. Zira bölge genelinde sürekli bir sismik aktivite her zaman vardır. Diğer yandan 5.9 büyüklüğünde bir deprem bu bölgede her zaman beklenebilecek ve ancak orta büyüklükte sayılabilecek bir depremdir. Çizelgede verilen diğer öncü ve artçı depremler ise enerjileri bakımından ani depremle kıyaslanmayacak ölçüde küçüktür. Tüm bu depremlerin yarattığı yer hareket şiddetleri izleyen bölümde açıklanacaktır

Dinar depremine neden olan fay hareketinin düşey yöndeki atımı 20-50 cm arasında değişmektedir. Sağ yönlü doğrultu atımı ise 5-10 cm arasındadır. Dinar-Çivril fayı kırılma mekanizması Şekil 3.5'de şematik olarak sunulmuştur. Fay kırılması yüzeyde 13 km uzunluğunda bir iz yapmış ve yüzey kırığı Dinar ilçesinin içine dek uzanmıştır



Şekil 3.5. Dinar-Çivril Fayının Kırılma Mekanizması

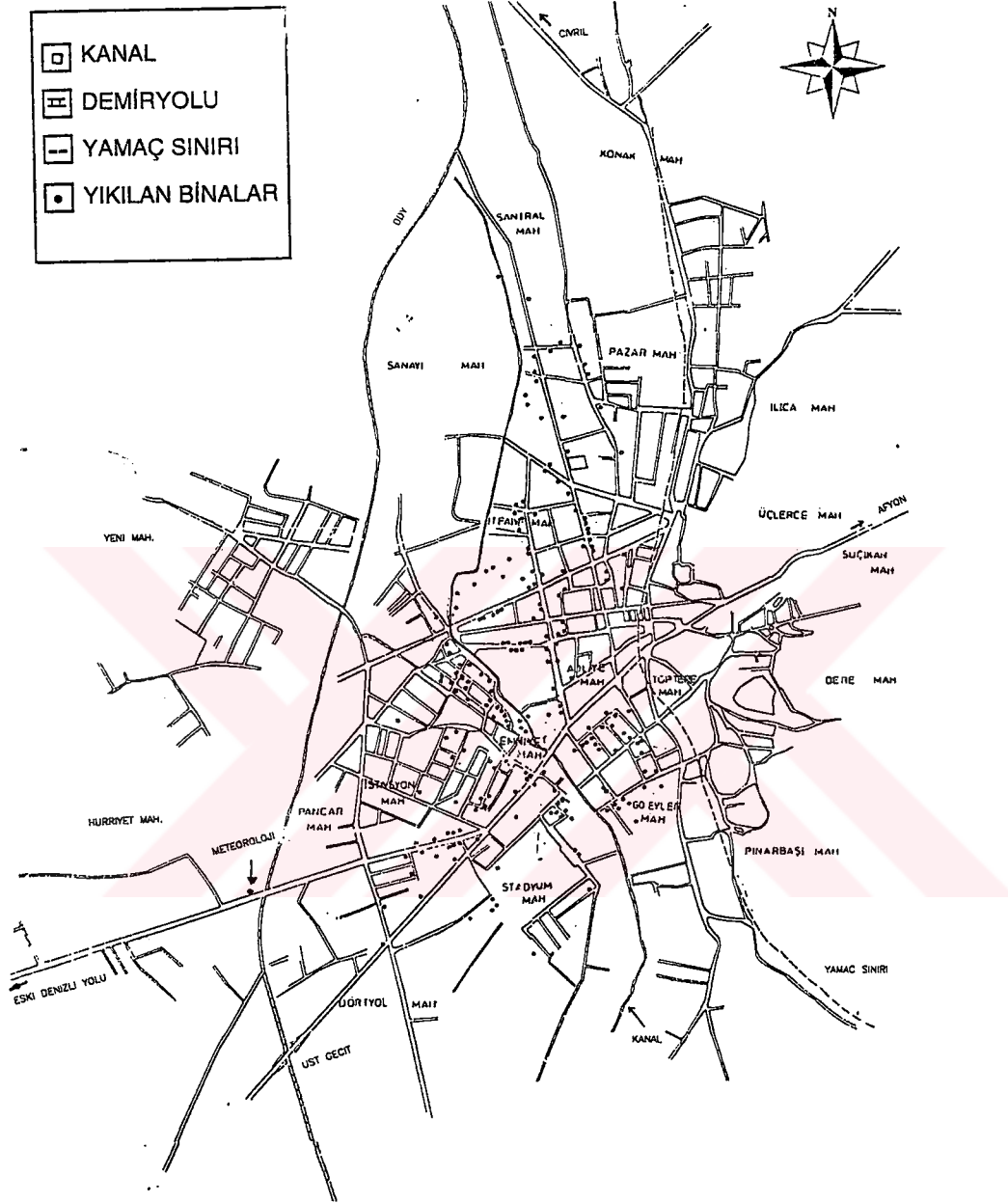
4. DİNAR DEPREMİ YER HAREKETİ ÖZELLİKLERİ

Dinar'da ondört gün boyunca meydana gelen depremlerin yarattığı yer hareketleri, Dinar Meteoroloji İstasyonu'nda kurulu bulunan Kinematics SMA-1 tipi kuvvetli ivme cihazı tarafından kaydedilmiştir. Ayrıca ana şokun uzakta yarattığı yer hareketleri Çardak, Burdur, Denizli, Balıkesir ve Bursa'daki cihazlar tarafından da kaydedilmiştir. Ancak bu uzak istasyonlardaki kayıtların maksimum ivmeleri oldukça düşüktür. Ana şokta yer hareketi kaydeden istasyonlar, deprem merkezinden uzaklıkları ve maksimum ivmeleri Çizelge 4.1'de verilmektedir.

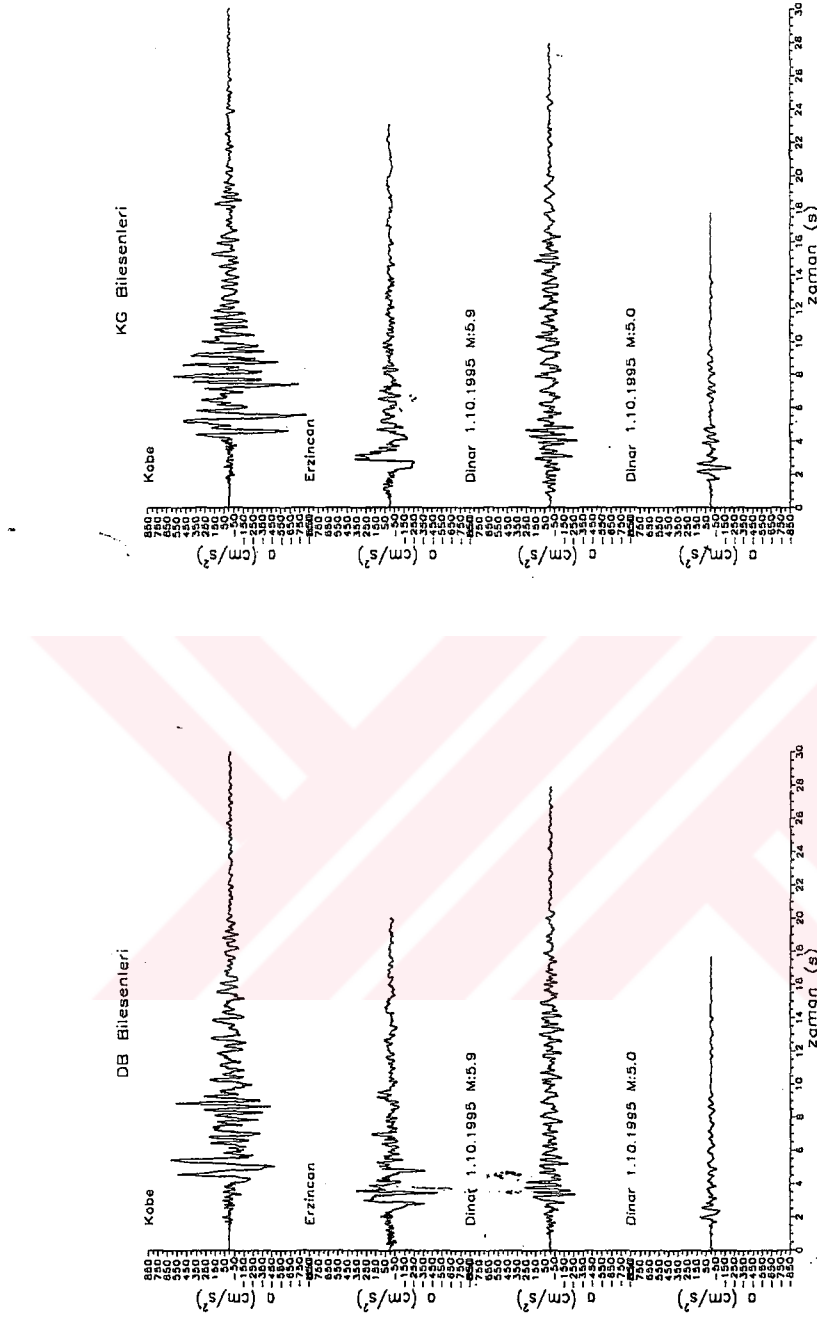
Çizelge 4.1. 1 Ekim 1995 Dinar Depreminin Farklı İstasyonlardaki İvme Değerleri

İstasyon	Uzaklık (km)	Maksimum İvme (g)
Dinar	10	0.290
Çardak	54	0.069
Burdur	70	0.050
Denizli	87	0.013

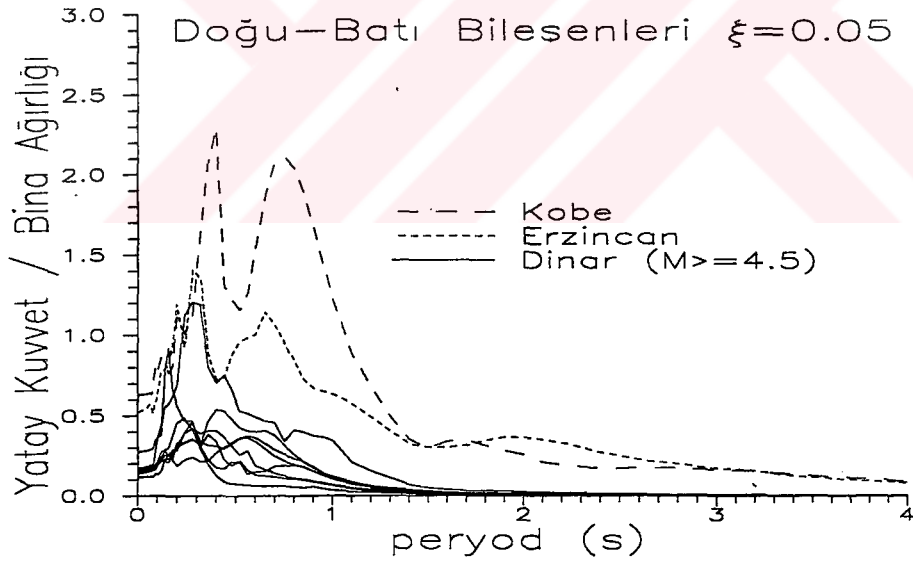
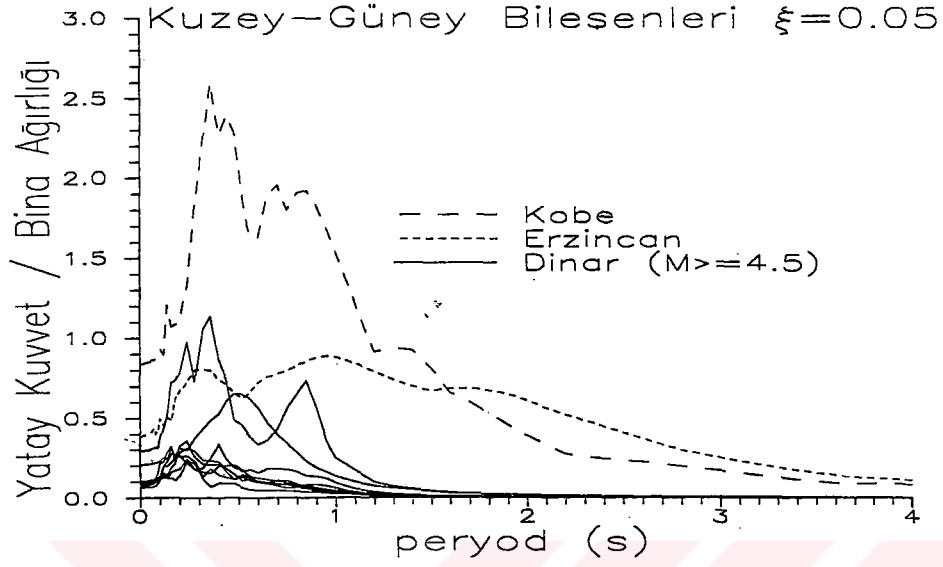
Dinar depremleri sırasında yer hareketleri, konumu Şekil 4.1'de gösterilen Meteoroloji binasının bodrumunda bulunan SMA cihazı ile kaydedilmiştir. Kayıtlar kentte hasarın yüksek olduğu alüvyon zemin üzerinde alınmıştır. Dolayısıyla kentteki en şiddetli yer hareketini göstermektedir. Yer ivmesi kayıtlarının iki yatay bileşeni (Kuzey-Güney ve Doğu-Batı) Şekil 4.2'de Erzincan ve Kobe kayıtları Dinar gibi hasarın en yüksek olduğu alüvyon zemin üzerinde ve deprem merkezinden yaklaşık aynı uzaklıklarda alınmıştır. Yer hareket şiddetinin en basit göstergesi yer ivmesinin maksimum değeridir. Bu değer her iki yönde yerçekimi ivmesine orantılı olarak Kobe'de (0.62, 0.82), Erzincan'da (0.51, 0.40), Dinar'da ise $M_L=5.9$ için (0.28, 0.29) ve $M_L=5.0$ için (0.12, 0.20) ölçülmüştür. Ancak maksimum yer ivmesi hareket şiddetini göstermekte yeterli değildir. binalara etki eden yatay kuvvetlerin spektrumu, bina ağırlığının oranı olarak Şekil 4.3'de verilmektedir.



Şekil 4.1. Dinar Kent Haritası ve Hasar Dağılımı



Şekil 4.2. Dinar Depremi Yer İvmesi Kayıtlarının Erzincan ve Kobe Kayıtları ile Karşılaştırılması

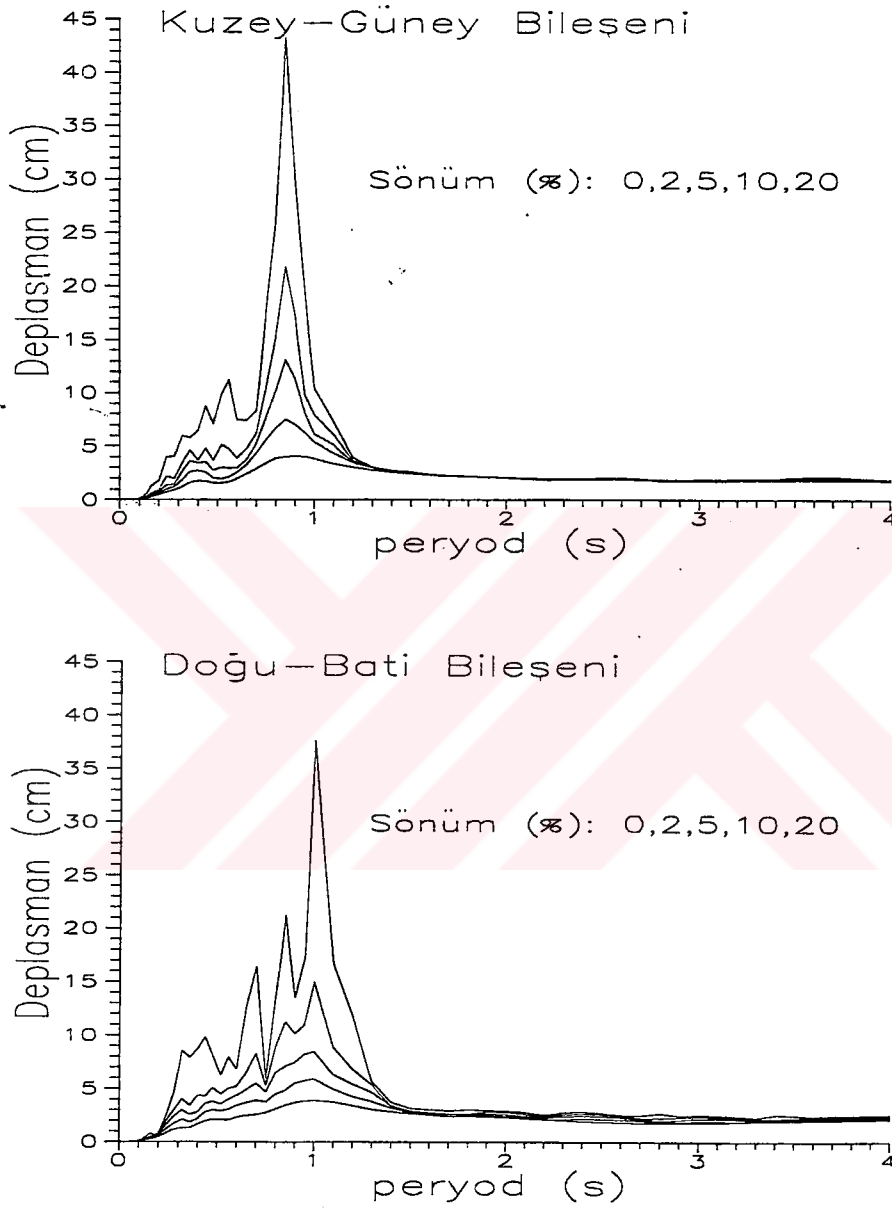


Şekil 4.3. Yatay Kuvvet Spektrumları

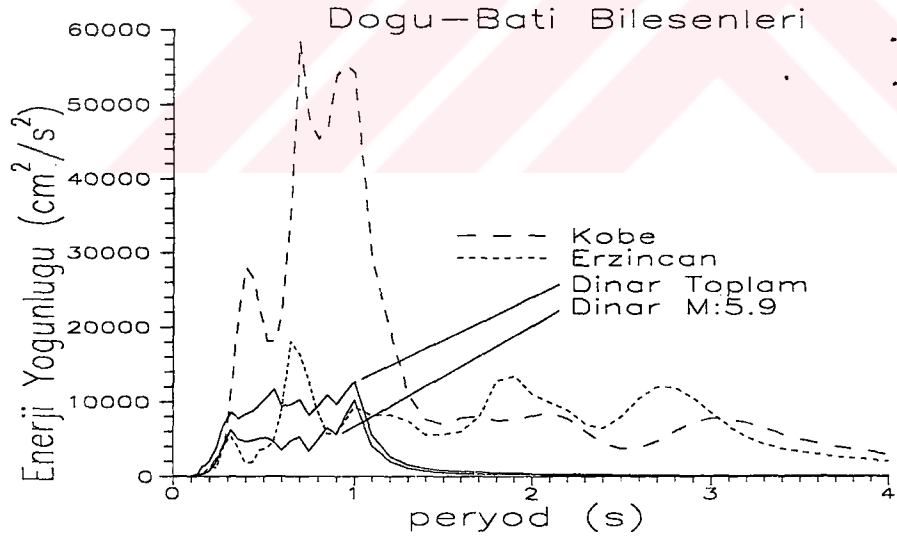
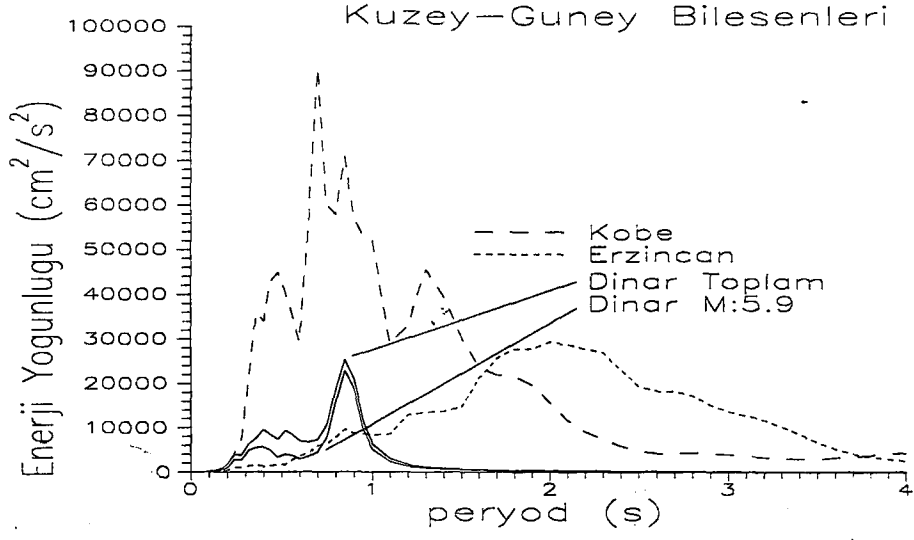
Görüldüğü gibi Şekil 4.3'de verilen 5.9 büyüklüğündeki Dinar depremi çok kısa peryodlu (1-2 kat) yapılarda Kobe ve Erzincana oranla oldukça düşük yatay kuvvetler yaratmakta, 3-5 katlı binalarda ise Erzincana eşit bir yatay kuvvet düzeyine ulaşmaktadır. Daha yüksek binalarda etkisi hiç yoktur. Zaten Dinar'da 6 kattan yüksek yapı da yoktur. Aynı yer hareketinin iki yöndeki deplasman spektrumları da Şekil 4.4'de çeşitli sönüm oranları için verilmektedir. Dinar'da kaydedilen diğer öncü ve artçı depremlerin yarattığı yatay kuvvetler oldukça düşük düzeydedir. Ancak bu kuvvetler önceden hasar görmüş bir yapıdaki hasarı arttırabilirler. Öncü depremlerde hafif hasar görerek peryodu uzayan bir yapı Şekil 4.4'deki deplasman spektrumundan anlaşılacağı gibi ana depremde karşılayamayacağı mertebelerde deplasman yapmak zorunda kalabilecektir.

Yer hareket şiddetinin yapılardaki hasarlarla ilişkisi sismik enerjili spektrumu ile daha tutarlı şekilde ifade edilmektedir. Zira bir yapıya deprem sırasında tabandan giren ve deprem sonunda yapı tarafından tüketilen sismik enerji yapıdaki hasarla doğrudan ilişkilidir (Sucuoğlu ve diğerleri, 1995). Enerji spektrumu yer hareketinin süresini ve darbesel özelliklerini içermektedir. Sismik enerji spektrumu Kobe, Erzincan, Dinar ($M_L=5.9$) ve Çizelge 4.1'deki Dinar depremlerinin toplamı için Şekil 4.5'de gösterilmektedir. Art arda olan depremler için yatay kuvvet spektrumlarını toplamak mümkün değildir, ama enerji spektrumları toplanabilir. Bu şekillerden bazı basit sonuçlara ulaşmak mümkündür. Birincisi, kısa ve orta peryodlu yapılarda (1-10 kat) Dinar depremleri Erzincan depremi ile eşit hasar gücüne sahiptir. İkincisi, ana depremden önce ve sonra daha küçük depremler bu yapılardaki hasara önemli katkıda bulunmuşlardır. Üçüncüsü ise Dinar ve Erzincan yer hareketlerinin hasar gücü Kobe'ye göre oldukça azdır.

Gerek Dinar, gerekse Erzincan 1. derece deprem bölgelerinde bulunmaktadırlar. 1992 ve 1995 depremlerinin yatay kuvvet düzeyleri ve hasar güçleri 1. derece deprem bölgelerinde beklenebilecek büyük bir depremin şiddetine ulaşmamıştır. Deprem yönetmeliğine uygun olarak tasarlanmış ve inşa edilmiş yapıların bu deprem şiddetleri altında yıkılmaları, ağır ve hatta orta derecede hasar görmeleri mümkün değildir. Nitekim Dinar'da perdeli yapılan veya gerekli yapım kalitesine sahip tek tük birkaç bina alüvyonla kaplı ova üzerinde olmalarına karşın çok az hasara uğramış veya hiç hasar görmemiştir. Kentin bir kısmının ovada, bir kısmının kayada olması bu sonucu hiç ama hiç değiştirmez. Türkiye'nin her tarafı fay kırıkları ile kuşatılmış ve alüvyonlarla kaplı ovalarla doludur.



Şekil 4.4. Deplasman (Ötelenme) Spektrumları



Şekil 4.5. Enerji Spektrumları

5. GEOTEKNİK DEĞERLENDİRMELER VE ZEMİN HASARLARI

5.1. Zemin Yapısı ile İlgili Bilgiler

Dinar ilçe merkezinin büyük bir bölümünün yer aldığı Dinar Grabeni üzerinde ve Küçük Sanayi Sitesi yakınında (merkeze yaklaşık 3 km) yapılan bir kuyu sondajında taban kayasını oluşturan konglomera 103 m. de tespit edilmiştir. Yine bu kuyudan edinilen bilgilere göre zemin, taban kayasına kadar kil / killi kum / çakıl / çakıllı kumlu kil katmanlarından oluşmaktadır. Yeraltı suyu seviyesi yüksek bölgelerde genellikle 20 m. den daha derinde olup yer yer -7 m ye kadar yükselebilmektedir. Şehir merkezinde ise 4-7 m derinliklerde seyretmekte, ancak şehrin içerisinden geçen kanal civarında yüzeye çok yaklaşmaktadır. Bu bölgede tamamen çöken ve enkazları kaldırılan binaların temellerinde yeraltı suyunun yüzeye 2 m. den daha yakın olduğu gözlenmiştir.

Şehir içinde deprem etkisi ile göçmeye uğrayan su kanalı şevlerinden alınan örnekler, şevi oluşturan zeminin çakıllı kil olduğunu göstermektedir.

5.2. Geoteknik Açısından Hasar Değerlendirmesi

Dinar'da hasar dağılımı Kuzey-güney doğrultusunda uzanan ve ilçe merkezinden geçen bir hat üzerine yoğunlaşmaktadır. Ayrıca şehrin büyük bir bölümünün yer aldığı alüvyon zemin üzerindeki yapılarda hasar çok yüksek, doğu/kuzey-doğu istikametindeki nisbeten yüksek kesimlerde ise yok denecek kadar azdır.

Dinar ve yakın çevresinde Dinar ilçe merkezinde son depreme kadar zemin parametrelerinin belirlenmesi amacıyla herhangi bir sondaj veya laboratuvar testi yapılmamıştır. Mevcut temel kazılarında, zemin, kumlu-çakıllı kil olarak gözlenmiş olup, yer yer kum/çakıl bantları mevcuttur. Zeminin emniyetli taşıma gücü $1-1.5 \text{ kg/cm}^2$ dolayında alınmaktadır. Temel derinliği iki veya daha çok katlı binalar için 1.50-1.70 m. arasındadır. Temel sistemi genellikle münferit temel olup nadiren yapının ağırlığına bağlı olarak sürekli yapılmaktadır.

Sonuç olarak Dinar'da deprem sonrasında yapılan incelemelerde Geoteknik açıdan hasara ilişkin olarak yapılan gözlemler ve bu kısıtlı bilgiler ışığında varılan görüşler aşağıda özetlenmiştir.

* Dinar'da hasar dağılımındaki ani değişikliklerin zemin formasyonundaki değişikliklerden kaynaklanmış olması mümkündür. Alüvyon zemin üzerindeki çok katlı yapıların daha fazla hasar görmüş olması, bu yapıların zemin-yapı etkileşimi sonucu daha büyük zorlamalara maruz kalmış olabileceğini düşündürmektedir. Ancak bu varsayımların doğrulanabilmesi için gerekli zemin profil detayları ve zemin parametreleri henüz bilinmemektedir.

* Dinar depremde zemin taşıma gücünün aşılması veya zeminde sıvılaşma meydana gelmesi sonucu temel göçmesi tesbit edilememiştir. Yapılan incelemelerde kayda değer temel deformasyonları gözlenememiştir. Alüvyon zemin üzerindeki bazı yapılarda kaykılma görülmüş, ancak, nedenin zemindeki deformasyonlar olmayıp yumuşak giriş katı etkisiyle meydana gelen yapısal hasarlardan kaynaklandığı belirlenmiştir.

* Çivril istikametinde, Dinar şehri merkezinden 1.5 km. mesafede alüvyon zemin üzerinde deprem etkisi ile yüzeye çamur fışkırması şeklinde sıvılaşma belirtileri görülmüştür. Bu gözlem, yeraltı suyu seviyesinin yüzeye yakın olduğu bölgelerde kohezyonsuz zeminlerde potansiyel sıvılaşma tehlikesi olduğunu da göstermektedir.

* Deprem sırasında şehrin doğuda yaslandığı ve Akdağ Horstunu oluşturan tepelerin yamaçlarında şev kayması meydana gelmemiştir. Aynı şekilde Dinar civarındaki karayolu ve demiryolu dolgu ve şevlerinde önemli sayılabilecek bir oturma veya kayma tesbit edilememiştir. Ancak, yüzeyde yer yer çatlaklar görülmüştür.

* Şehir merkezinde kanal boyunca kanal içerisine doğru şevlerde kaymalar meydana gelmiştir. Sonuçta kanal boyunca uzanan bazı caddelerde kısmi hasar olmuştur. Yollardaki bu kaymaların genişliği yer yer 2 m. ye kadar ulaşmaktadır.

Sonuç olarak, Dinar ilçesinde yapılan incelemeler, zemin yapısı ile hasar oranı arasında belirgin bir ilişki olduğunu göstermektedir. Bu etkinin içeriğinin ve mekanizmasının anlaşılabilmesi için zemin özelliklerinin ve yapısal zemin farklılıklarının etüd edilmesi gerekmektedir. Bu bilgiler ışığında yapılacak bir dinamik davranış analizi, zemin yapısındaki farklılıkların deprem hasarına etkisini açıklayabilecektir.



6. YAPISAL HASARLARIN GENEL DEĞERLENDİRMESİ

Deprem sonrası Dinar’da yapılan incelemeler, deprem hasarlarının en fazla betonarme çerçeveler, tuğla yığma ve ahşap çerçevesi olmayan kerpiç yapılarda yoğunlaştığını göstermektedir. Dinar’daki betonarme yapıların bir bölümünün 1975 Deprem yönetmeliğinin yürürlüğe girmesinden önce yapılmış olması, betonarme yapılarda görülen hasarın açıklanmasına bir dereceye kadar yardımcı olabilmektedir. O tarihlerde inşa edilen ve deprem detaylandırması eksik olan yapıların Dinar depreminden etkilenmelerini normal karşılamak mümkündür. Ancak betonarme yapıların büyük bir bölümünün 1975’ten sonra inşa edilmiş olduğu gözönüne alınırsa, aletsel büyüklüğü 5.9 olan ve orta şiddette bir yer hareketi yaratan bir depremin betonarme binaların önemli bir bölümünün göçmesine veya ağır hasar görmesine neden olabileceğini kabul etmek mümkün değildir. Ne yazık ki yörede yapılan yapıların büyük bir kısmında 1975 Deprem Yönetmeliği göz önüne alınmamıştır. Bu durum Dinar’da yaşanan felaketin büyüklüğünün nedenlerinden birisini oluşturmaktadır.

Deprem sonrası yapılan incelemeler sırasında, kat sayısı ve taban alanı birbirine benzeyen komşu iki binadan birisinin ağır deprem hasarına uğramış olduğu gözlemlenirken diğerinin depremden hafif hasarla veya hasar görmeden çıkmış olduğu durumlarla da karşılaşmıştır. Bu durum, mühendislik gereklerine göre projelendirilmiş, depreme karşı gerekli detaylandırılması yapılmış ve imalatı sırasında kontrollük hizmeti almış yapıların Dinar depremi gibi orta büyüklükteki bir depremden etkilenmeyeceklerini göstermektedir. Bu nokta, deprem hasarlarının azaltılmasına yönelik alınması gereken önlemler arasında öncelikli sıraya sahiptir.

7. İNCELENEN YAPININ ÖZELLİKLERİ VE HASAR DURUMU

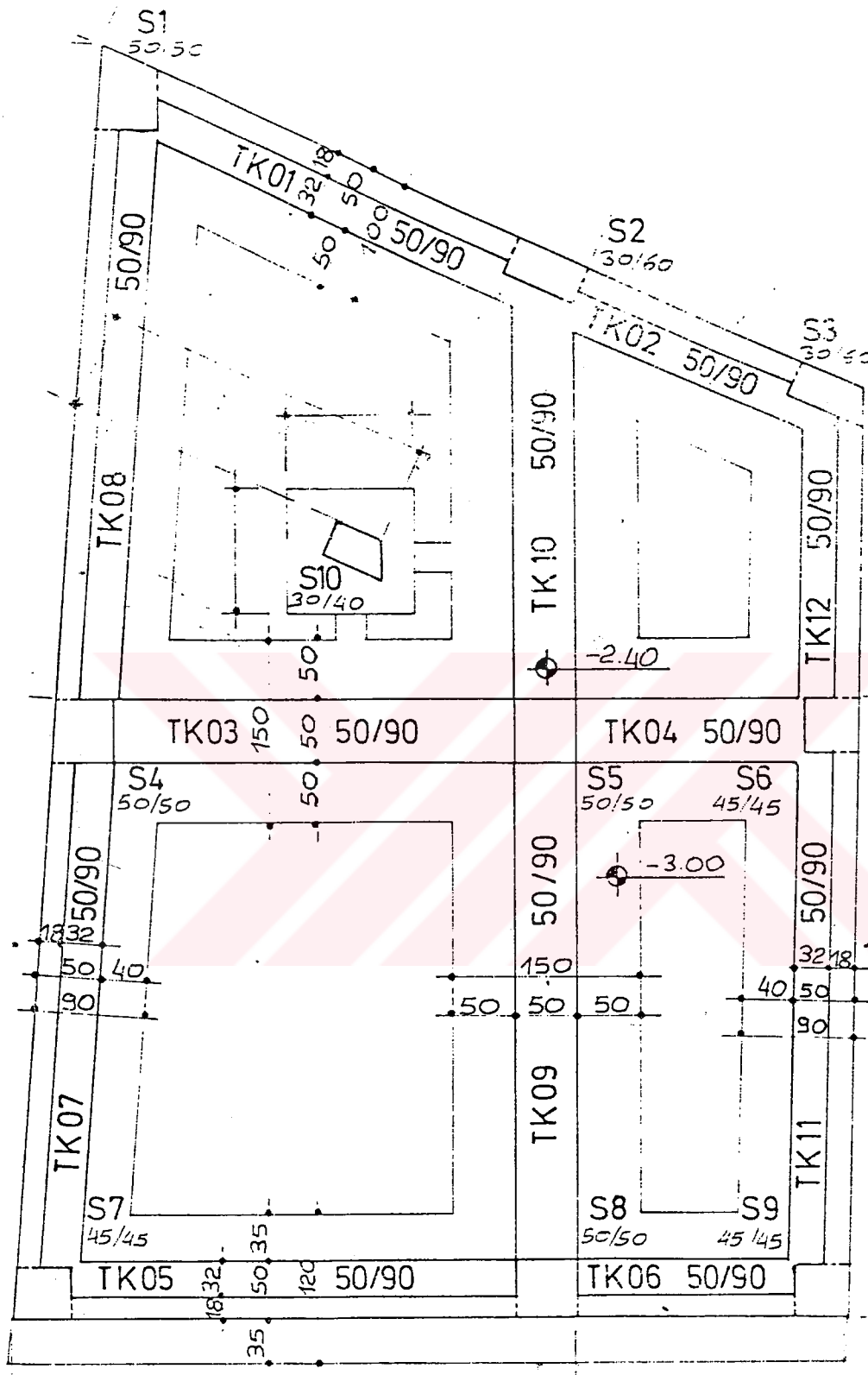
Avukat Metin Arıkan İşhanı Dinar kent merkezinde, Adliye mahallesinde, Adliye caddesi üzerindedir. (Şekil 4.1)

Yapı bodrum, zemin ve üç normal kattan oluşan toplam beş katlı betonarme bir yapıdır. Bodrum kat yüksekliği 3.20 m, diğer kat yükseklikleri de 3.05 m dir. Binaın temel üstünden itibaren toplam yüksekliği 15.40 m dir. Döşeme sistemi betonarme plak, temel tipi ise her iki yönde sürekli dir. Bodrum kat çepeçevre rijit perdelerle çevrilidir. Kat hizalarında merdiven boşluğu dışında, döşemenin rijit diyafram davranışını engelleyecek herhangi bir boşluk yoktur.

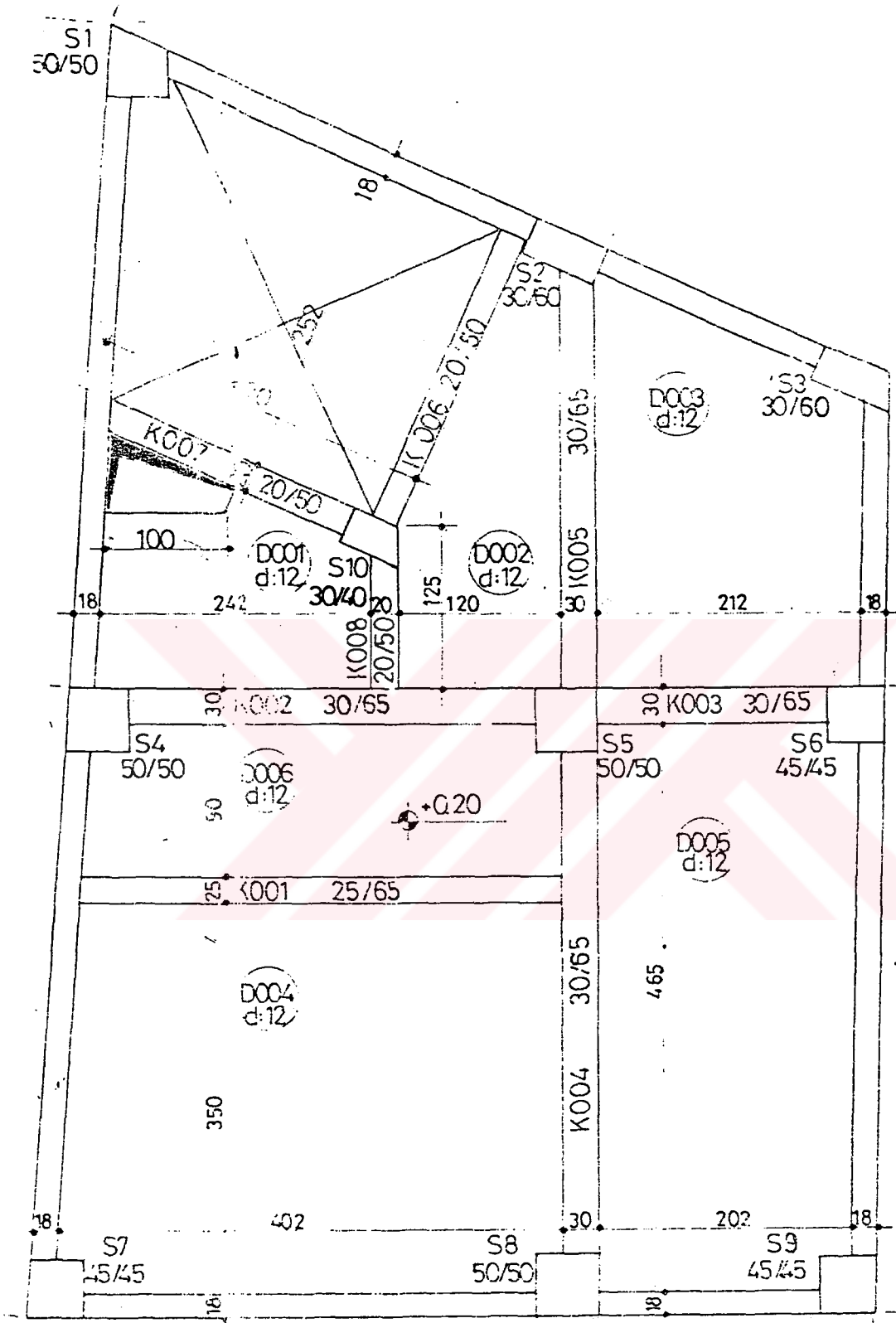
Yapının düşey yüklere göre statik hesabı herhangi bir bilgisayar programı kullanılmadan tamamen geleneksel yöntemlerle yapılmış, deprem hesabında ise 1975 deprem yönetmeliği esas alınmıştır. Betonarme kesit hesapları elastik teoriye göre yapılmıştır. Projelendirme aşamasında 1975 deprem yönetmeliğinin öngördüğü hesap kurallarına ve konstrüktif kurallara titizlikle uyulmuştur.

Yapı konumu itibariyle alüvyonlu dolgu zemin üzerindedir. Binada birkaç kılcal çatlak dışında en ufak bir hasar yoktur. Herhangi bir mafsallaşma ya da göçme belirtisi görülmemiştir.

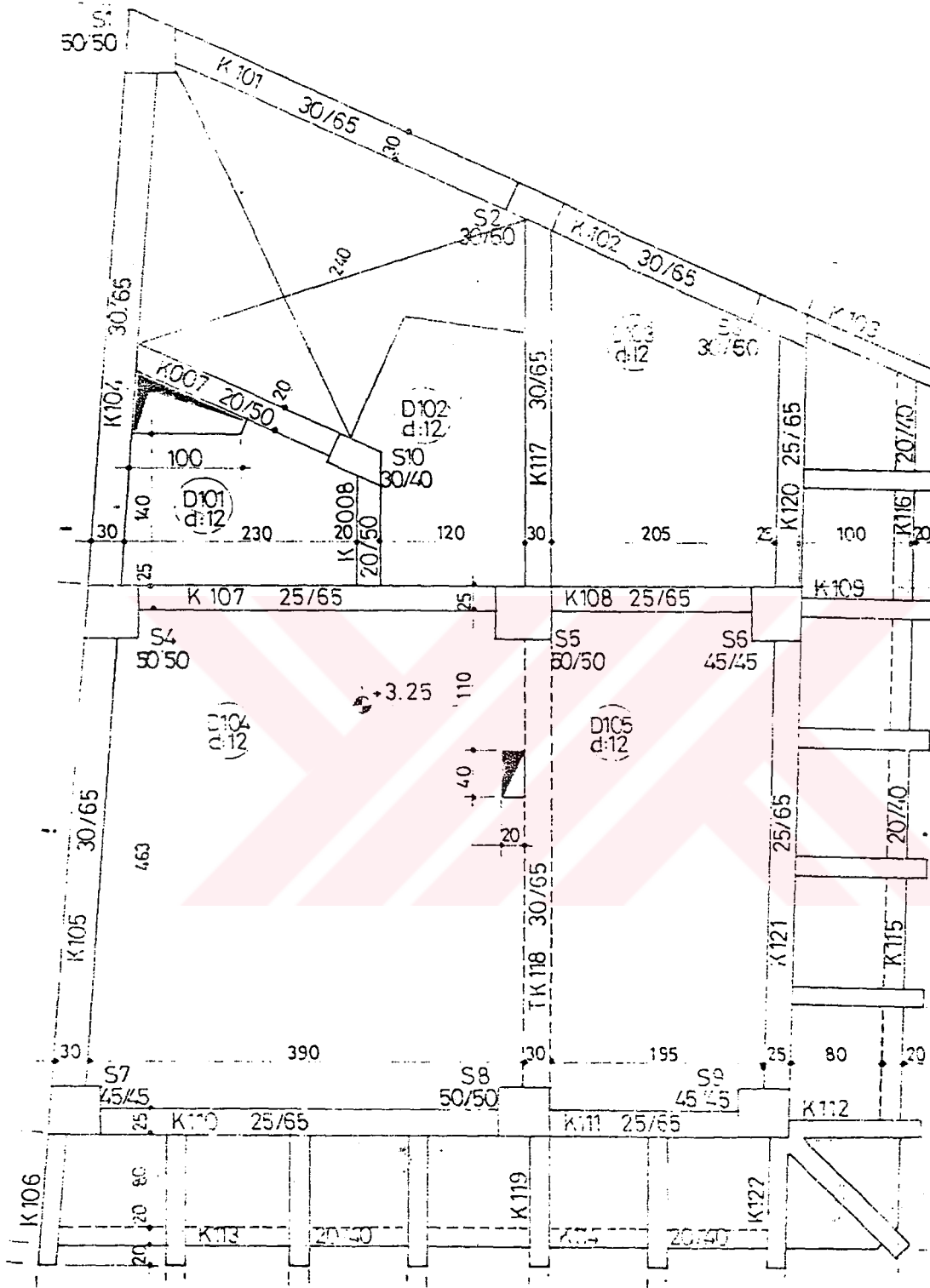
Yapının kat planları ve temel planı tanıtıcı olması bakımından izleyen sayfalarda verilmiştir.



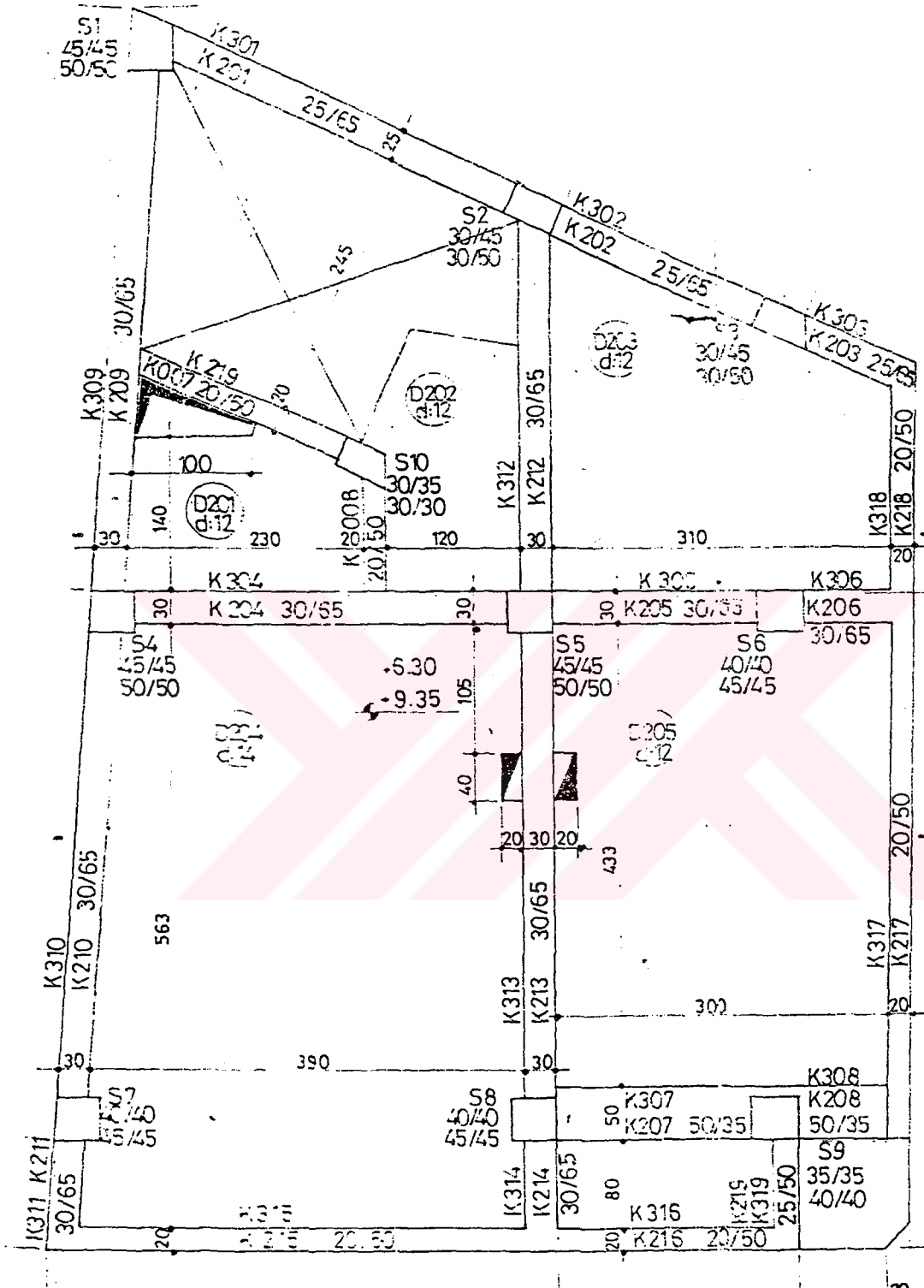
Şekil 7.1. Temel Planı



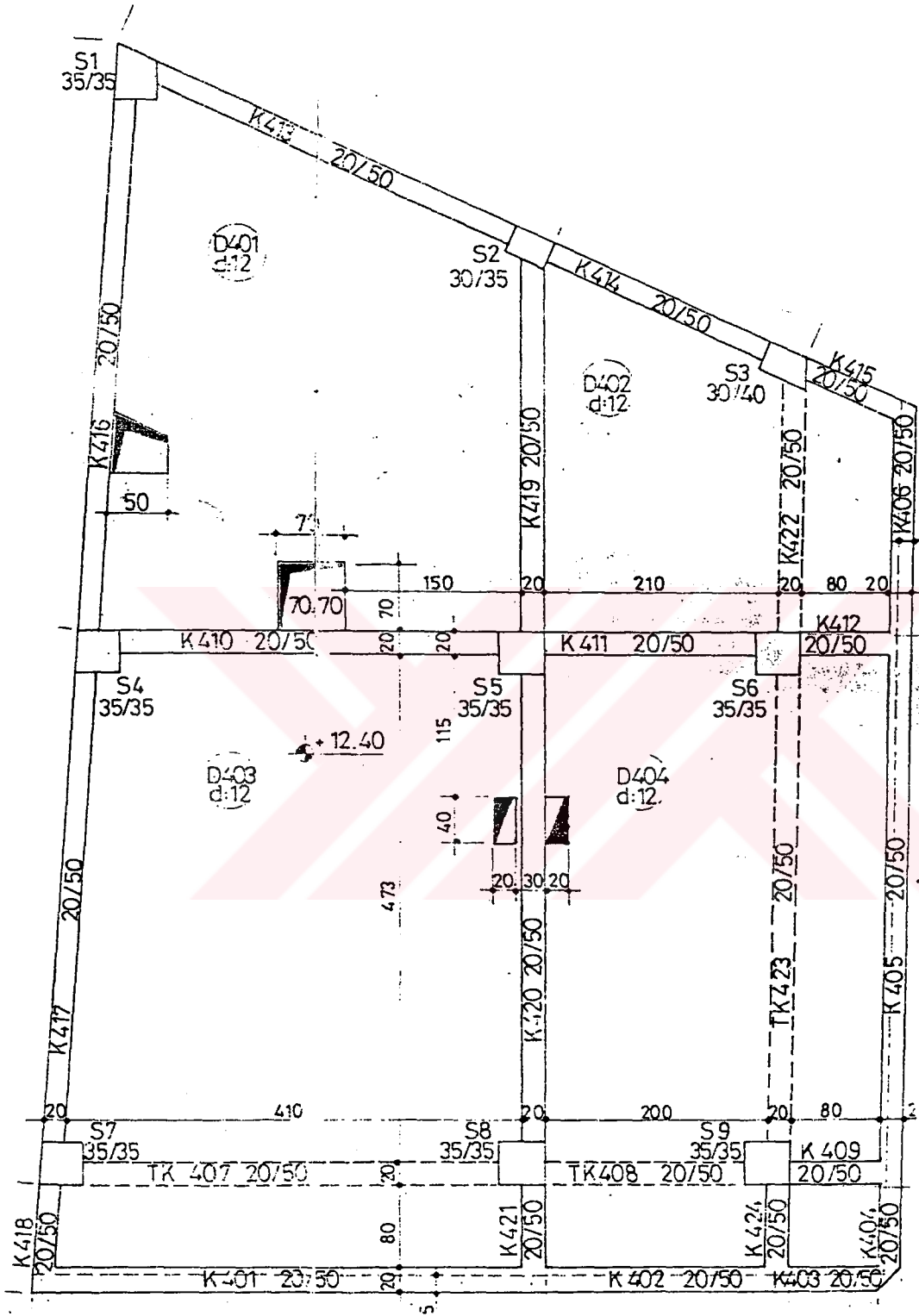
Şekil 7.2. Bodrum Kat Tavanı Kalıp Planı



Şekil 7.3. Zemin Kat Tavanı Kalıp Planı



Şekil 7.4. 1. ve 2. Normal Kat Tavanı kalıp Planı



Şekil 7.5. 3. Normal Kat Tavanı Kalıp Planı

8. TAŞIYICI SİSTEM DAVRANIŞ KATSAYISININ BELİRLENMESİ

Yapının deprem hesabını 1997 Deprem Yönetmeliğine göre yapmadan önce, sonuçların doğru elde edilebilmesi, karşılaştırmaların sağlıklı yapılabilmesi ve taşıyıcı sistem davranış katsayısının belirlenmesi için bir takım çalışmalar yapılmıştır. Bu çalışmaların amacı 1997 Deprem Yönetmeliğinde süneklik düzeyi yüksek sistemler için verilmiş olan bazı önemli koşulların söz konusu yapı için sağlanıp sağlanmadığının araştırılmasıdır. Bu çalışmalarda ilk olarak yapısal düzensizlikler incelenmiş ve elde edilen sonuçlar çizelgelerde verilmiştir. Ötelemelerin belirlenmesi için yapılan deprem hesabında taşıyıcı sistem davranış katsayısı dört olarak öngörülmüştür. Daha sonra 1997 Deprem Yönetmeliğinin görel kat ötelemeleri için getirmiş olduğu sınırlamalar kontrol edilmiştir. Bu bölümde son olarak taşıyıcı sistemin süneklik düzeyini belirlemek amacıyla, 1997 Deprem Yönetmeliğinde süneklik düzeyi yüksek kiriş ve kolonlar için tanımlanmış olan bazı koşullar irdelenmiştir.

8.1. Burulma Düzensizliği

1997 Deprem Yönetmeliğinde bu düzensizlik, birbirine dik iki deprem doğrultusunun herhangi biri için, herhangi bir katta en büyük görel kat ötelemesinin o katta aynı doğrultudaki ortalama görel kat ötelemeye oranının 1.2 den büyük olması durumu olarak tanımlanmıştır.

$$\eta_{bi} = (\Delta_i)_{\max} / (\Delta_i)_{\text{ort}} > 1.2 \quad (8.1)$$

Bu bağıntıda $(\Delta_i)_{\max}$ binanın i. inci katındaki maksimum görel kat ötelemesi, $(\Delta_i)_{\text{ort}}$ binanın i. inci katındaki ortalama görel kat ötelemesidir. η_{bi} ise i. inci katta tanımlanan burulma düzensizliği katsayısını ifade etmektedir. Her iki deprem doğrultusu ve dört zemin cinsi için bu düzensizlik incelenmiş ve elde edilen sonuçlar çizelge 8.1 ve 8.2 de verilmiştir.

Çizelge 8.1 X doğrultusu burulma düzensizliği katsayıları

Kat No	$\delta_{\min}$	$\delta_{\max}$	δ_{ort}	$\Delta_{\max}$	Δ_{ort}	η_{bi}
Zemin sınıfı 1						
Zemin	0.0030	0.0056	0.0044			
1	0.0066	0.0134	0.0100	0.0080	0.0056	1.43
2	0.0094	0.0210	0.0154	0.0076	0.0054	1.41
3	0.0116	0.0276	0.0198	0.0066	0.0044	1.50
Zemin sınıfı 2						
Zemin	0.0034	0.0070	0.0052			
1	0.0074	0.0168	0.0122	0.0098	0.0070	1.40
2	0.0108	0.0264	0.0186	0.0096	0.0064	1.50
3	0.0136	0.0348	0.0240	0.0084	0.0054	1.56
Zemin sınıfı 3 ve 4						
Zemin	0.0038	0.0082	0.0060			
1	0.0078	0.0200	0.0139	0.0118	0.0079	1.51
2	0.0115	0.0314	0.0210	0.0114	0.0071	1.61
3	0.0142	0.0400	0.0270	0.0090	0.0060	1.50

$\delta_{\min}$: Kat içindeki ötelemelerin en küçüğü

$\delta_{\max}$: Kat içindeki ötelemelerin en büyüğü

δ_{ort} : Kat içindeki ötelemelerin ortalama değeri

Çizelge 8.2 Y doğrultusu burulma düzensizliği katsayıları

Kat No	$\delta_{\min}$	$\delta_{\max}$	δ_{ort}	$\Delta_{\max}$	Δ_{ort}	η_{bi}
Zemin sınıfı 1						
Zemin	0.0034	0.0044	0.0039			
1	0.0078	0.0094	0.0085	0.0050	0.0046	1.09
2	0.0120	0.0142	0.0131	0.0048	0.0046	1.04
3	0.0156	0.0174	0.0165	0.0032	0.0032	1.00
Zemin sınıfı 2						
Zemin	0.0042	0.0054	0.0048			
1	0.0096	0.0118	0.0107	0.0064	0.0059	1.08
2	0.0150	0.0180	0.0165	0.0062	0.0058	1.07
3	0.0195	0.0220	0.0210	0.0040	0.0045	0.89
Zemin sınıfı 3 ve 4						
Zemin	0.0048	0.0064	0.0056			
1	0.0112	0.0136	0.0124	0.0072	0.0068	1.06
2	0.0174	0.0206	0.0190	0.0072	0.0067	1.08
3	0.0224	0.0254	0.0238	0.0048	0.0048	1.00

8.2. Komşu Katlar Arası Dayanım Düzensizliği (Zayıf Kat)

1997 Deprem Yönetmeliğinde komşu katlar arası dayanım düzensizliği, birbirine dik iki deprem doğrultusunun herhangi birinde, herhangi bir kattaki etkili kesme alanının, bir üst kattaki etkili kesme alanına oranının 0.8 den küçük olması durumu olarak tanımlanmaktadır. Herhangi bir kattaki etkili kesme alanı ise 8.2 deki gibi tanımlanmaktadır.

$$\Sigma A_e = \Sigma A_w + \Sigma A_g + 0.15 \Sigma A_k \quad (8.2)$$

Bu bağıntıda ΣA_e herhangi bir kattaki etkili kesme alanı, ΣA_w herhangi bir katta, kolon enkesiti gövde alanları toplamı, ΣA_g herhangi bir katta göz önüne alınan deprem doğrultusuna paralel doğrultuda perde olarak çalışan taşıyıcı sistem elemanlarının enkesit alanlarının toplamı, ΣA_k ise herhangi bir katta, göz önüne alınan deprem doğrultusuna paralel kargir dolgu duvarlarının alanıdır. Dayanım düzensizliği katsayısı η_{ci} nin tanımı da 8.3 deki gibi yapılmıştır.

$$\eta_{ci} = (\Sigma A_e)_i / (\Sigma A_e)_{i+1} < 0.80 \quad (8.3)$$

Bu yapısal düzensizlikle ilgili olarak elde edilen sonuçlar çizelge 8.3 te verilmiştir.

Çizelge 8.3 Komşu katlar arası dayanım düzensizliği katsayıları

	$\Sigma A_w(m^2)$	$\Sigma A_k(m^2)$	$\Sigma A_e = \Sigma A_w + 0.15 \Sigma A_k (m^2)$	η_{ci}
X doğrultusu				
Zemin kat	1.720	2.475	2.09	
1. Normal kat	1.9225	2.345	2.27	0.92
2. Normal kat	1.480	2.345	1.83	1.24
3. Normal kat	1.083	2.345	1.43	1.28
Y doğrultusu				
Zemin kat	1.720	2.559	2.10	
1. Normal kat	1.9225	2.6235	2.32	0.91
2. Normal kat	1.480	2.6235	1.87	1.24
3. Normal kat	1.083	2.7835	1.50	1.25

8.3. Komşu Katlar Arası Rijitlik Düzensizliği (Yumuşak Kat)

1997 Deprem Yönetmeliğinde yapılan tanıma göre, bu yapısal düzensizlik birbirine dik iki deprem doğrultusunun herhangi biri için, herhangi bir i. inci kattaki ortalama görelî kat ötelemesinin bir üst kattaki ortalama görelî kat ötelemesine oranının 1.5 tan büyük olması durumudur.

$$\eta_{ki} = (\Delta_i)_{ort} / (\Delta_{i+1})_{ort} > 1.5 \quad (8.4)$$

(8.4) bağıntısında η_{ki} rijitlik düzensizliği katsayısını tanımlamaktadır. Bu yapısal düzensizlikle ilgili olarak elde edilen sonuçlar çizelge 8.4 ve 8.5 de verilmiştir.

Çizelge 8.4 X doğrultusu komşu katlar arası rijitlik düzensizliği katsayıları

Kat No	Δ_{ort}	η_{ki}
Zemin sınıfı 1		
Zemin		
1	0.0056	
2	0.0054	1.04
3	0.0044	1.23
Zemin sınıfı 2		
Zemin		
1	0.0070	
2	0.0064	1.09
3	0.0054	1.19
Zemin sınıfı 3 ve 4		
Zemin		
1	0.0079	
2	0.0071	1.10
3	0.0060	1.37

Çizelge 8.5 Y doğrultusu komşu katlar arası rijitlik düzensizliği katsayıları

Kat No	Δ_{ort}	η_{ki}
Zemin sınıfı 1		
Zemin		
1	0.0048	
2	0.0046	1.00
3	0.0032	1.44
Zemin sınıfı 2		
Zemin		
1	0.006	
2	0.0058	1.02
3	0.0045	1.28
Zemin sınıfı 3 ve 4		
Zemin		
1	0.0068	
2	0.0067	1.01
3	0.0048	1.38

Elde edilen sonuçlardan görüleceği gibi söz konusu yapıda burulma düzensizliği hariç 1997 Deprem Yönetmeliğinde tanımlanan yapısal düzensizlikler için verilmiş olan koşullar sağlanmaktadır.

8.4. Göreli Kat Ötelemelerinin Sınırlandırılması

1997 Deprem Yönetmeliği göreli kat ötelemeleriyle ilgili olarak, herhangi bir i. inci kattaki kolon veya perdelerde hesaplanan göreli kat ötelemelerinin kat içindeki en büyük değeri $(\Delta_i)_{max}$ ın 8.5 ve 8.6 da verilen koşullardan olumsuz olanını sağlaması koşulunu zorunlu kılmıştır.

$$(\Delta_i)_{\max} / h_i \leq 0.0035 \quad (8.5)$$

$$(\Delta_i)_{\max} / h_i \leq 0.02 / R \quad (8.6)$$

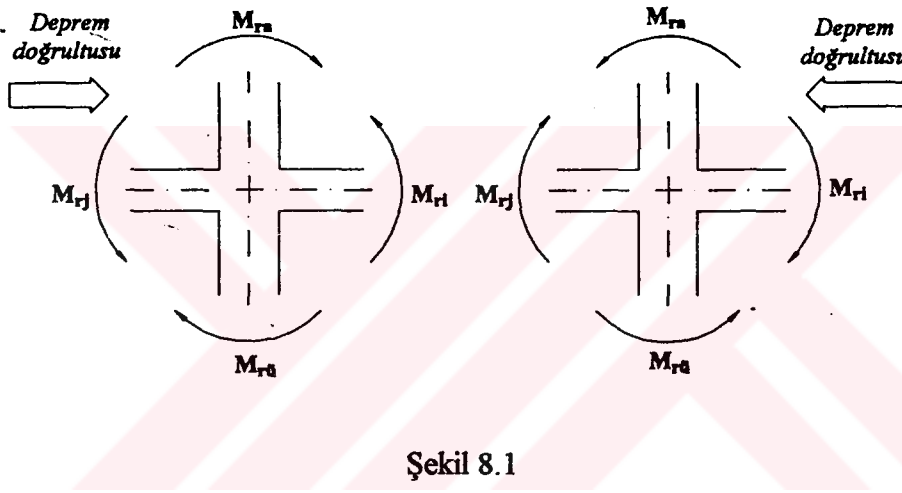
(8.5) ve (8.6) bağıntısında h_i i. İnci katın yüksekliğini, (8.6) bağıntısında R de taşıyıcı sistem davranış katsayısını simgelemektedir. İncelenen yapıda taşıyıcı sistem davranış katsayısı dört olarak öngörülmüştür. Dolayısıyla yukarıdaki koşullardan (8.5) koşulu daha olumsuz bir değer vermektedir. Yapıda bütün katların yüksekliği 3.05m olduğuna göre, yapıdaki görelî kat ötelemelerinin en büyük değeri 0.0107 yi geçmemelidir. Görelî kat ötelemelerinin kontrolü ile ilgili sonuçlar çizelge 8.6 da verilmiştir.

Çizelge 8.6 Maksimum görelî kat ötelemeleri

	X Doğrultusu	Y Doğrultusu
Kat No	$(\Delta_i)_{\max}$	$(\Delta_i)_{\max}$
Zemin sınıfı 1		
Zemin	-	-
1	0.0080	0.0050
2	0.0076	0.0048
3	0.0066	0.0032
Zemin sınıfı 2		
Zemin	-	-
1	0.0098	0.0064
2	0.0096	0.0062
3	0.0084	0.0040
Zemin sınıfı 3 ve 4		
Zemin	-	-
1	0.0107	0.0072
2	0.0114	0.0072
3	0.0090	0.0048

8.5. Kolonların Kirişlerden Daha Güçlü Olması Koşulunun İrdelenmesi

Bu koşul taşıyıcı sistemin süneklik düzeyi yüksek olarak kabul edilebilmesinin en önemli koşullarından biridir. Bu koşul 1997 Deprem Yönetmeliğinde, taşıyıcı sistemde, her bir kolon kiriş düğüm noktasına birleşen kolonların taşıma gücü momentlerinin toplamının o düğüm noktasına birleşen kirişlerin taşıma gücü momentleri toplamından en az %20 daha büyük olması şeklinde tanımlanmaktadır. Ve bu koşulun her iki deprem doğrultusu için sağlanmasını zorunlu kılmıştır.



Şekil 8.1

$$(M_{ra} + M_{ru}) \geq 1.20 (M_{ri} + M_{rj}) \quad (8.7)$$

(8.7) koşulundaki terimlerin anlamları aşağıda verilmiştir.

M_{ra} : Kolonun serbest yüksekliğinin alt ucunda f_{cd} ve f_{yd} ye göre hesaplanan taşıma gücü moment.

M_{ru} : Kolonun serbest yüksekliğinin üst ucunda f_{cd} ve f_{yd} ye göre hesaplanan taşıma gücü moment

M_{ri} : Kirişin sol ucunda kolon yüzünde f_{cd} ve f_{yd} ye göre hesaplanan pozitif veya negatif taşıma gücü moment

M_{rj} : Kirişin sağ ucunda kolon yüzünde f_{cd} ve f_{yd} ye göre hesaplanan pozitif veya negatif taşıma gücü moment

1997 Deprem Yönetmeliğinde (8.7) koşulunun uygulanmasına ilişkin bazı özel durumlar tanımlanmıştır;

- N_d yük katsayılarıyla çarpılmış düşey yükler ve depremin ortak etkisi altında hesaplanan eksenel kuvvet, A_c kolonun brüt enkesit alanı olmak üzere $N_d \leq 0.10 A_c f_{ck}$ koşulunun sağlanması durumunda

- Tek katlı binalarda, ve çok katlı yapıların en üst katındaki düğüm noktalarında (8.7) koşulunun sağlanması zorunlu değildir.

Yönetmelik taşıyıcı sistemlerde, göz önüne alınan deprem doğrultusunda binanın herhangi bir i. inci katında (8.8) bağıntısının sağlanması koşulu ile, ilgili katın alt ve/veya üstündeki bazı düğüm noktalarında (8.7) bağıntısının sağlanmamış olmasına izin vermektedir.

$$\alpha_i = V_{is} / V_{ik} \geq 0.70 \quad (8.8)$$

(8.8) ifadesindeki terimler aşağıda tanımlanmıştır.

V_{is} : Binanın i. inci katında (8.7) bağıntısının hem alttaki hem de üstteki düğüm noktalarında sağlandığı kolonlarda, göz önüne alınan deprem doğrultusunda hesaplanan kesme kuvvetleri toplamı

V_{ik} : Binanın i. inci katında tüm kolonlarda göz önüne alınan deprem doğrultusunda hesaplanan kesme kuvvetleri toplamı.

$N_d \leq 0.10 A_c f_{ck}$ koşulunu sağlayan kolonlar (8.7) bağıntısını sağlamasalar bile V_{is} nin hesabında göz önüne alınabilmektedir.

(8.8) koşulunun sağlanmaması durumunda taşıyıcı sistem süneklik düzeyi normal olarak ele alınacaktır. İncelenen yapıda her iki deprem doğrultusunda hesaplanan α_i değerleri çizelge 8.7 de verilmiştir.

Çizelge 8.7 Her iki doğrultuda hesaplanan α_i değerleri

Kat no	α_x	α_y
Zemin	0.78	0.68
1. Normal Kat	0.50	0.25
2. Normal Kat	0.60	0.36

Çizelge 8.7 de verilen sonuçlardan anlaşılabileceği gibi (8.8) bağıntısı sadece zemin katta x doğrultusunda sağlanmaktadır. Bu sonuçlar yapının taşıyıcı sistem süneklik düzeyinin normal olduğunun en önemli göstergelerinden biridir.

8.6. Kirişlerin Kesme Güvenliği

1997 Deprem Yönetmeliğinde süneklik düzeyi yüksek kirişlerle süneklik düzeyi normal kirişleri birbirinden ayıran en önemli fark, enine donatı hesabına esas alınacak kesme kuvvetinin belirlenmesindeki yaklaşımdır. Süneklik düzeyi yüksek kirişlerde enine donatı hesabına esas alınacak olan V_e kesme kuvveti kirişin pekleşmeli moment taşıma gücü dikkate alınarak hesaplanmaktadır. Yönetmelik V_e nin hesabının (8.9) bağıntısıyla yapılmasını öngörmüştür.

$$V_e = V_{dy} \pm (M_{pi} + M_{pj}) / l_n \quad (8.9)$$

(8.9) bağıntısında;

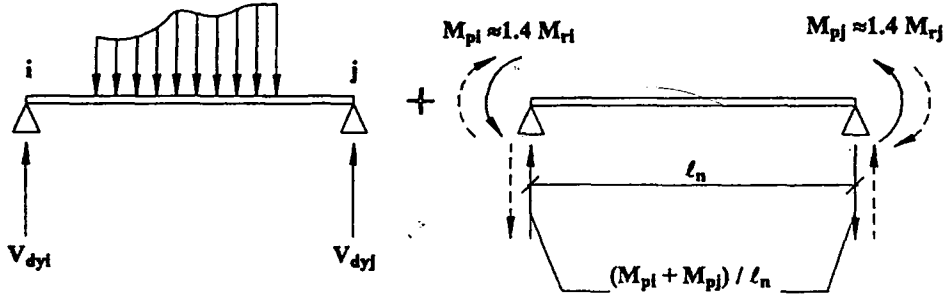
V_{dy} : Kirişin kolon yüzünde düşey yüklerden meydana gelen basit kiriş kesme kuvveti

M_{pi} : Kirişin sol ucu i deki kolon yüzünde f_{ck} , f_{yk} ve çeliğin pekleşmesi dikkate alınarak hesaplanan pozitif veya negatif pekleşmeli moment taşıma gücü

M_{pj} : Kirişin sol ucu j deki kolon yüzünde f_{ck} , f_{yk} ve çeliğin pekleşmesi dikkate alınarak hesaplanan pozitif veya negatif pekleşmeli moment taşıma gücü

Yönetmelik daha kesin hesap yapılmadıkça pekleşmeli moment taşıma güçlerinin, kirişin hesap eğilme momenti taşıma gücünün %40 arttırılması ile bulunmasına izin vermiştir.

Ayrıca V_e nin hesabının depremin sağdan sola ve soldan sağa etkimesi durumlarını dikkate alarak olumsuz sonuç verecek şekilde hesaplanmasını öngörmüştür. Bu çalışmada pekleşmeli moment taşıma güçlerinin buna bağlı olarak da V_e nin hesaplanmasında aynı yol izlenmiştir.



Şekil 8.2

Belirlenen V_e kesme kuvvetinin de (8.10a) ve (8.10b) koşullarını sağlaması zorunluluğunu getirmiştir.

$$V_e \leq V_r \quad (8.10a)$$

$$V_e \leq 0.22 b_w d f_{cd} \quad (8.10b)$$

(8.10a) ifadesinde V_r kirişin kesme kuvveti taşıma gücünü ifade etmektedir. Kirişlerin kesme güvenliği ile ilgili olarak elde edilen sonuçlar çizelgelerde verilmiştir.

Çizelge 8.8 Zemin kat kirişleri tasarım kesme kuvvetleri ve kesme kuvveti taşıma kapasiteleri

Zemin kat kirişleri kesme güvenliği kontrolü (MALZEME BS 16 / S220)						
Kiriş no	b_w (cm)	h (cm)	d (cm)	Etriye ($\varnothing 8/s$)	V_e (kN)	V_r (kN)
101	30	65	62	12.5	203	182
102	30	65	62	12.5	200	182
104	30	65	62	12.5	220	182
105	30	65	62	12.5	197	182
107	25	65	62	12.5	179	167
108	25	65	62	12.5	199	167
110	25	65	62	12.5	129	167
111	25	65	62	12.5	193	167
117	30	65	62	12.5	199	182
118	30	65	62	12.5	263	182
120	25	65	62	12.5	135	167
121	25	65	62	12.5	129	167
113	20	40	37	10	61	105
114	20	40	37	10	57	105
115	20	40	37	10	62	105
116	20	40	37	10	56	105

Çizelge 8.9 1. Normal kat kirişleri tasarım kesme kuvvetleri ve kesme kuvveti taşıma kapasiteleri

1.Normal kat kirişleri kesme güvenliği kontrolü (MALZEME BS 16 / S220)						
Kiriş no	b_w (cm)	h (cm)	d (cm)	Etriye ($\varnothing 8/s$)	V_e (kN)	V_r (kN)
201	25	65	62	12.5	170	167
202	25	65	62	12.5	200	167
204	30	65	62	12.5	187	182
205	30	65	62	12.5	248	182
207	50	35	32	12.5	184	124
209	30	65	62	12.5	206	182
210	30	65	62	12.5	207	182
212	30	65	62	12.5	237	182
213	30	65	62	12.5	245	182
215	20	50	47	12.5	90	116
216	20	50	47	12.5	78	116
217	20	50	47	12.5	140	116
218	20	50	47	12.5	86	116

Çizelge 8.10 2. Normal kat kirişleri tasarım kesme kuvvetleri ve kesme kuvveti taşıma kapasiteleri

2.Normal kat kirişleri kesme güvenliği kontrolü (MALZEME BS 16 / S220)						
Kiriş no	b _w (cm)	h (cm)	d (cm)	Etriye (Ø8/s)	V _e (kN)	V _r (kN)
301	25	65	62	12.5	156	167
302	25	65	62	12.5	143	167
304	30	65	62	12.5	172	182
305	30	65	62	12.5	202	182
307	50	35	32	12.5	143	124
309	30	65	62	12.5	197	182
310	30	65	62	12.5	197	182
312	30	65	62	12.5	191	182
313	30	65	62	12.5	232	182
315	20	50	47	12.5	90	116
316	20	50	47	12.5	78	116
317	20	50	47	12.5	140	116
318	20	50	47	12.5	86	116

Çizelge 8.11 3. Normal kat kirişleri tasarım kesme kuvvetleri ve kesme kuvveti taşıma kapasiteleri

3. Normal kat kirişleri kesme güvenliği kontrolü (MALZEME BS 16 / S220)						
Kiriş no	b_w (cm)	h (cm)	d (cm)	Etriye ($\varnothing 8/s$)	V_o (kN)	V_r (kN)
401	20	50	47	12.5	56	116
402	20	50	47	12.5	50	116
405	20	50	47	12.5	56	116
406	20	50	47	12.5	54	116
407	20	50	47	12.5	75	116
408	20	50	47	12.5	68	116
410	20	50	47	12.5	102	116
411	20	50	47	12.5	97	116
413	20	50	47	12.5	74	116
414	20	50	47	12.5	65	116
416	20	50	47	12.5	86	116
417	20	50	47	12.5	120	116
419	20	50	47	12.5	101	116
420	20	50	47	12.5	147	116
422	20	50	47	12.5	92	116
423	20	50	47	12.5	99	116

Çizelgelerden anlaşılacağı gibi kiriş kesme kuvveti kapasiteleriyle kirişlerin enine donatı hesabına esas alınması gereken kesme kuvvetleri arasında önemli farklar vardır. Kiriş kesme kuvveti taşıma kapasiteleri sadece 3. Normal kat kirişleri için yeterlidir. Bu duruma neden olan en önemli etken, bu katta düşey yüklerin az oluşu ve buna bağlı olarak da enine donatı hesabına esas alınması kesme kuvveti değerlerinin diğer katlara göre oldukça düşük olmasıdır. Kirişlerin kesme kuvveti taşıma kapasitelerinin yetersiz olmasına karşın incelenen yapının kiriş kolon birleşim bölgelerinde herhangi bir

mafsallaşma yoktur. Ayrıca enine donatı hesabı 1997 Deprem Yönetmeliğinin zorunlu kıldığı kesme kuvveti değeri ve hesap yöntemiyle yapıldığında bulunan etriye aralıkları mevcut etriye aralıklarından çok küçük çıkmaktadır. Bunun en önemli nedeni süneklik düzeyi yüksek yapılarda enine donatı hesabına esas alınacak kesme kuvveti değerinin, kiriş moment taşıma kapasitesinden hareketle hesaplanması ve bu hesapta kolon yüzündeki kesme kuvveti değerinin kullanılmasıdır. 1997 Deprem Yönetmeliğinin enine donatı aralığını sıklaştırma bölgesinde 15 cm ile sınırlandırmış olmasına rağmen beton kesitin kesme kuvveti taşıma gücünün dikkate alınması durumunda bile etriye aralığı 12.5 cm değerine ulaşmamaktadır.

8.7. Kolonların Kesme Güvenliği

1997 Deprem Yönetmeliği süneklik düzeyi yüksek kolonların enine donatı hesabında esas alınmak üzere V_e kesme kuvvetini tanımlamıştır.

$$V_e = (M_a + M_b) / l_n \quad (8.11)$$

(8.11) bağıntısındaki terimlerin anlamları aşağıda verilmiştir.

M_a : Kolonun serbest yüksekliğinin alt ucunda, kolon kesme kuvveti hesabında esas alınan moment

M_b : Kolonun serbest yüksekliğinin üst ucunda, kolon kesme kuvveti hesabında esas alınan moment

(8.11) bağıntısında dikkat edilmesi gereken en önemli nokta kolon kesme kuvvetinin, kolon moment taşıma kapasitesinden hareketle belirlenmesidir. M_a ve M_b nün belirlenmesi kolonun ilgili ucunda güçlü kolon zayıf kiriş koşulunu sağlayıp sağlamamasına bağlıdır. (8.7) koşulunun sağlanması durumunda o düğüm noktasında birleşen kirişlerin pekleşmeli moment taşıma gücü, sağlanmaması durumunda kolonun ilgili uçtaki pekleşmeli moment taşıma gücü dikkate alınmaktadır. 1997 Deprem Yönetmeliği her bir kolon ve her iki deprem doğrultusu için V_e kesme kuvvetinin (8.12a) ve (8.12b) koşullarını sağlaması zorunluluğunu getirmiştir.

$$V_e \leq V_r \quad (8.12a)$$

$$V_e \leq 0.22 A_w f_{cd} \quad (8.12b)$$

(8.12a) ifadesinde V_r kolon kesme kuvveti taşıma gücünü, (8.12b) ifadesinde ise A_w , kolon enkesiti gövde alanını göstermektedir. İncelenen yapıda kolonların kesme kuvveti taşıma kapasiteleri hesaplanmış ve 1997 Deprem Yönetmeliğinde kolonların kesme güvenliği için verilmiş olan koşullar irdelenmiş elde edilen sonuçlar takip eden çizelgelerde verilmiştir.

Çizelge 8.12 Zemin kat kolonları kesme güvenliği

Zemin Kat Kolonlarının Kesme Güvenliği Kontrolü (MALZEME BS 16 / S220)					
Kolon No	Kesit	X yönü		Y yönü	
		V_{ex} (kN)	V_{rx} (kN)	V_{ey} (kN)	V_{ry} (kN)
S1	50/50	132	< 200	160	< 200
S2	30/50	150	< 156	110	< 158
S3	30/50	123	< 156	81	< 158
S4	50/50	214	> 200	167	< 200
S5	50/50	207	> 200	257	> 200
S6	45/45	139	< 170	125	< 170
S7	45/45	98	< 170	146	< 170
S8	50/50	197	< 200	197	< 200
S9	45/45	152	< 170	136	< 170
S10	30/40	42	< 123	39	< 103

Çizelge 8.13 1. normal kat kolonları kesme güvenliği

1. Normal Kat Kolonlarının Kesme Güvenliği Kontrolü (MALZEME BS 16 / S220)					
Kolon No	Kesit	X yönü		Y yönü	
		V_{ex} (kN)	V_{rx} (kN)	V_{ey} (kN)	V_{ry} (kN)
S1	50/50	74	< 200	101	< 200
S2	30/50	91	< 156	58	< 158
S3	30/50	104	< 156	-	< 158
S4	50/50	98	< 200	151	< 200
S5	50/50	170	< 200	200	= 200
S6	45/45	120	< 170	-	< 170
S7	45/45	-	< 170	138	< 170
S8	45/45	104	< 170	135	< 170
S9	40/40	85	< 140	55	< 140
S10	30/35	23	< 106	18	< 96

Çizelge 8.14 2. normal kat kolonları kesme güvenliği

2. Normal Kat Kolonlarının Kesme Güvenliği Kontrolü (MALZEME BS 16 / S220)					
Kolon No	Kesit	X yönü		Y yönü	
		V_{ex} (kN)	V_{rx} (kN)	V_{ey} (kN)	V_{ry} (kN)
S1	45/45	65	< 170	61	< 170
S2	30/45	86	< 139	58	< 109
S3	30/45	80	< 139	-	< 109
S4	45/45	98	< 170	128	< 170
S5	45/45	140	< 170	136	< 170
S6	40/40	86	< 140	-	< 140
S7	40/40	-	< 140	78	< 140
S8	40/40	69	< 140	93	< 140
S9	35/35	70	< 140	38	< 140
S10	30/30	30	< 90	23	< 90

Çizelge 8.15 3. normal kat kolonları kesme güvenliği

3. Normal Kat Kolonlarının Kesme Güvenliği Kontrolü (MALZEME BS 16 / S220)					
Kolon No	Kesit	X yönü		Y yönü	
		V_{ox} (kN)	V_{rx} (kN)	V_{oy} (kN)	V_{ry} (kN)
S1	35/35	35	< 113	35	< 113
S2	30/35	49	< 106	42	< 96
S3	30/40	58	< 123	83	< 103
S4	35/35	40	< 113	46	< 113
S5	35/35	63	< 113	63	< 113
S6	35/35	57	< 113	65	< 113
S7	35/35	53	< 113	55	< 113
S8	35/35	52	< 113	64	< 113
S9	35/35	44	< 113	42	< 113

8.8. Yapılan Hesapların Değerlendirilmesi

Bu bölümde yapılan çalışmaların amacı yapının taşıyıcı sisteminin sünelik düzeyini belirlemek ve deprem hesaplarını bu sünelik düzeyine göre yapmaktır. Bu bölümde yapılan çalışmaların sonuçları aşağıda maddeler halinde özetlenmiştir;

- 1997 Deprem Yönetmeliğinde tanımlanmış olan yapısal düzensizlikler incelenen yapı için araştırılmış ve sadece burulma düzensizliği belirlenmiştir. Çizelgelerden anlaşılacağı gibi, binanın geometrisi gereği X doğrultusu deprem hesabında oldukça önemli bir burulma etkisi söz konusudur. Burulma düzensizliği deprem hesap yönteminin belirlenmesi açısından önemli olmakla beraber bu çalışmada yapılması öngörülen hesapları etkilememektedir.

- Göreli kat ötelemeleri hesaplanmış ve X doğrultusunda 2. Normal kattaki maksimum göreli kat ötelemesinin 1997 Deprem Yönetmeliğinde verilen sınır değer üstünde

olduğu görülmüştür. 1997 Deprem Yönetmeliği deprem etkisindeki yapıların taşıyıcı sistemlerinin bu şekilde tasarlanmasına izin vermemekte ve böyle bir taşıyıcı sistemi yeterince rijit kabul etmemektedir. Yönetmelik bu tür taşıyıcı sistemlerde yapının o doğrultudaki rijitliğinin artırılmasını ve deprem hesabının tekrarlanmasını öngörmektedir.

- Yapının taşıyıcı sisteminin süneklik düzeyini belirlemek amacıyla ilk olarak kolonların kirişlerden güçlü olması koşulu irdelenmiştir. Bu koşulun sağlanması, süneklik düzeyi yüksek yapılarda, deprem anında, enerjiyi yutacak plastik mafsalların kirişlerde oluşmasını sağlamak ve taşıyıcı sistemde göçmeyi önlemek açısından önemlidir ve yönetmelikte zorunlu kılınmıştır. İncelenen yapıda 8. Bölümde tanımlanmış olan α_i değerlerinin yönetmeliğin belirlediği alt sınırdan küçük olduğu tespit edilmiştir. 1997 Deprem Yönetmeliğine göre her iki deprem doğrultusunda α_i değerleri en az 0.70 olmalıdır. Bu koşul sözkonusu yapıda sadece zemin katta ve X doğrultusunda sağlanmaktadır. Bu koşulun sağlanmaması deprem anında oluşacak plastik mafsalların kolonlarda oluşması ve yapının bu şekilde mekanizma durumuna gelmesi sonucunu doğurmaktadır. Bu durumu önlemek için kolonların kirişlerden güçlü olması koşulunu sağlamayan katlardaki kolon boyutları büyütülmelidir. İncelenen yapı gözönüne alındığında 1. ve 2. normal katlarda α_i değerleri oldukça düşüktür. Bu katlarda kolon boyutları büyütülmelidir. Bazı konstrüktif zorunluluklar gereği ve zayıf kat davranışını önlemek için bu katlara bağlı olarak zemin kat kolonlarında büyütülmesi gerekecektir. Kısacası yapıda 1997 Deprem Yönetmeliğinin öngördüğü davranışı sağlayabilmek için en üst kat kolonları hariç hemen hemen bütün kolonların büyütülmesi gerekmektedir.

- Kiriş kesme kuvveti taşıma kapasitelerinin kirişlerin enine donatı hesabına esas alınması gereken kesme kuvvetlerinin oldukça altında olduğu tespit edilmiştir. Kiriş kesme kuvveti taşıma kapasitelerinin sadece 3. normal kat kirişleri için yeterli olduğu görülmüştür. Bunun en önemli nedeni, bu katta düşey yüklerin diğer katlara göre az olması, buna bağlı olarak enine donatı hesabına esas alınması gereken kesme kuvveti değerlerinin diğer katlara göre oldukça düşük olmasıdır. Kirişlerin kesme kuvveti taşıma kapasitelerinin yetersiz olmasına karşın yapının kiriş - kolon birleşim bölgelerinde herhangi bir

mafsallaşma belirtisi yoktur. Enine donatı hesabının 1997 Deprem Yönetmeliğinin zorunlu kıldığı kesme kuvveti değeri ve hesap yöntemine göre yapılması durumunda bulunan etriye aralıkları mevcut etriye aralıklarından çok küçük çıkmaktadır. Bunun en önemli nedeni süneklik düzeyi yüksek yapılarda enine donatı hesabına esas alınacak kesme kuvveti değerinin kiriş eğilme momenti taşıma kapasitesinden hareketle hesaplanması ve bu hesapta kolon yüzündeki kesme kuvveti değerinin kullanılmasıdır. 1997 Deprem Yönetmeliğinin enine donatı aralığını sıklaştırma bölgesinde 15 cm ile sınırlandırmış olmasına rağmen beton kesitin kesme kuvveti taşıma gücünün dikkate alınması durumunda bile etriye aralığı 12.5 cm değerine ulaşmamaktadır.

- Kolon kesme kuvveti taşıma kapasitelerinin çok büyük çoğunlukla yeterli olduğu görülmüştür. Bunda kolon - kiriş birleşim bölgelerinde kolon etriye aralıklarının yarıya indirilmesinin çok önemli etkisi vardır. 1997 Deprem Yönetmeliği kolon sarılma bölgesinde etriye aralıklarının 10 cm' yi geçmesine izin vermemektedir. Enine donatı aralığının hesabında da kolon veya kiriş eğilme momenti taşıma kapasitesini dikkate almaktadır. Bu yapıda ise sarılma bölgesinde etriye aralığı, kolon etriye aralığının yarıya indirilmesi ile bulunmuştur ve 10 cm dir.

Elde edilen bu sonuçların ışığında incelenen yapı için taşıyıcı sistem süneklik düzeyinin yüksek olduğunu söylemek mümkün değildir. Burada ortaya çıkan en büyük çelişki 1997 Deprem Yönetmeliğinin 1. ve 2. deprem bölgelerinde taşıyıcı sistemi süneklik düzeyi normal çerçevelerden oluşan yapılara izin vermemesidir. Oysa incelenen yapı orta şiddette bir deprem sayılabilecek Dinar depreminde 1997 Deprem Yönetmeliğinin öngördüğü davranışı göstermiştir. Bundan sonraki bölümlerde 1997 Deprem Yönetmeliğine göre yapılan deprem hesapları için taşıyıcı sistem süneklik düzeyi normal çerçeve olarak kabul edilmiş ve taşıyıcı sistem davranış katsayısı 4 alınmıştır.

sistemler denir.

9.1.1. Tek Serbestlik Dereceli Sistemler

Tek serbestlik dereceli sistemin hareket denklemi aşağıda verildiği gibidir. Bir serbestlik dereceli

$$m\ddot{x} + c\dot{x} + kx = F(t) \quad (9.1)$$

sistemin periyodunu ve özel değerlerini hesaplamak için, bilindiği gibi hareket denkleminin homojen çözümünü yapmak yeterlidir. Herhangi zamana bağlı dış yük hali içinde özel çözüm yapılması gerekmektedir.

$$m\ddot{x} + c\dot{x} + kx = 0 \quad (\text{Sönümlü serbest titreşim}) \quad (9.2)$$

$$m\ddot{x} + kx = 0 \quad (\text{Sönümsüz serbest titreşim}) \quad (9.3)$$

Sönümlü serbest titreşimde çözüm $x=A\cos\omega t + B\sin\omega t$ şeklinde olup ω şeklinde olup yapının titreşim periyodu $T=2\pi\sqrt{m/k}$, özel değeri $\omega=\sqrt{k/m}$ olur.

9.1.2. Çok Serbestlik Dereceli Sistemler ve Yer Hareketi

Bütün mühendislik yapıları çok serbestlik derecelidir. Çözüm kolaylığı bakımından gerçek sistem yerine idealleştirilmiş basit bir sistem ele alınır. Çok serbestlik dereceli sistemlerde her bir serbestlik derecesi için bir diferansiyel hareket denklemi yazılır. Her

sistemin serbestlik derecesi kadar mod şekli vardır. Çok serbestlik dereceli sistemlerin genel hareket denklemi;

$$[m]\{\ddot{y}\} + [c]\{\dot{y}\} + [k]\{y\} = \{F(t)\} \quad (9.4)$$

dir. Sönümsüz serbest titreşim durumunda hareket denklemi;

$$[m]\{\ddot{y}\} + [k]\{y\} = 0 \quad (9.5)$$

olur ve çözümü $\{y\} = \{\phi\} \sin(\omega t + \theta)$ dir. Buna göre denklem;

$$|[k] - \omega^2[m]| = 0 \quad (9.6)$$

olur. Buna karakteristik ya da frekans denklemi denir. Burada n sayıda özel değer (ω) bulunur ki bunlara mod denir. n sayıdaki ω değerine ϕ_i özel değerleri karşı gelir. $\{\phi\}_i$ vektörüne, ω serbest titreşim frekansına karşı gelen serbest titreşim mod şekli denir. Buradan doğal periyotlar

$$T_i = \frac{2\pi}{\omega_i} \text{ sn} \quad (i=1,2,\dots,n) \quad (9.7)$$

olarak bulunur. $\{\phi\}_i$ vektörü yer değiştirmelere karşılık gelmektedir. Dolayısıyla mod şekli, sistemin o frekans ile titreşimi sırasında aldığı konumu gösterir.

Çok serbestlik dereceli sistemlerin depreme mukabelesini hesaplamak tek serbestlik dereceli sistemlerin hesabına göre daha karışıktır. Çok serbestlik dereceli sönümsüz sistemlerde yer hareketi sonucunda denklem;

$$[m]\{\ddot{y}\} + [k]\{y\} = -[m][I]\ddot{x}_g \quad (9.8)$$

şeklini alır.

Serbest titreşim sonucunda elde edilen karakteristik denklemin, n tane pozitif, n tane de negatif kökü vardır. Burada genel çözüm $\{y\} = \{\phi\} \sin(\omega t + \theta)$ biçiminde değil,

$$\{y\} = \sum_{i=1}^n \{\phi_i\} \sin(\omega_i t + \theta_i)$$

şeklinde olması gerekmektedir. $\{\phi_i\}$ 'lerde (ω_i) ler gibi yapının özel değerleridir. Sistem çok serbestlik dereceli olduğundan;

$$[\phi] = [\{\phi_1\} \{\phi_2\} \dots \{\phi_i\} \dots \{\phi_n\}] \quad (9.9)$$

olmak üzere

$$\{y\} = \{\phi_1\} Y_1 + \{\phi_2\} Y_2 + \dots + \{\phi_i\} Y_i + \dots + \{\phi_n\} Y_n \quad (9.10)$$

ya da kısaca

$$\{y\} = [\phi] \{Y\} \quad (9.11)$$

olur. Burada Y_i değerlerine Genelleştirilmiş koordinatlar denir.

Genelleştirilmiş koordinatlarda hareket denklemi;

$$[M][\phi]\{\ddot{Y}\} + [K][\phi]\{Y\} = -[M]\{I\}\ddot{x}_g \quad (9.12)$$

elde edilir. Çeşitli kısaltmalarla hareket denklemi;

$$\{\phi_j\}^T [M] \{\phi_j\} = M_j \quad \text{Genelleştirilmiş kütle} \quad (9.13)$$

$$\{\phi_j\}^T [K] \{\phi_j\} = K_j \quad \text{Genelleştirilmiş yay} \quad (9.14)$$

$$\alpha_j = \frac{\{\phi_j\}^T [M] \{I\}}{\{\phi_j\}^T [M] \{\phi_j\}} \quad \text{Katılım çarpanı} \quad (9.15)$$

$$W_j^2 = \frac{K_j}{M_j} \quad \text{i. modun özel değeri} \quad (9.16)$$

$$\ddot{Y}_j + w_j^2 Y_j = -\alpha_j \cdot \ddot{x}_g \quad (9.17)$$

şeklini alır. Depremde, tek serbestlik dereceli ve çok serbestlik dereceli sistemlerin hareket denklemleri α_j çarpanı farkı ile birbirinin benzeridir. Bu durumda yapının özel değerleri biliniyorsa ve tek serbestlik dereceli sistemin hareket denklemi çözülmüşse buradan $\{Y\}$ genelleştirilmiş koordinatlar bulunabilir.

$\{y\} = [\phi]\{Y\}$ bağıntısı ile de $\{y\}$ gerçek geometrik koordinatları bulmak mümkündür. Buna mod süperpozisyon yöntemi denir.

Belirli sönüm oranı için tek serbestlik dereceli sisteme ait, yapının frekansı bazında maksimum cevaplarını (spectral responses) gösteren bir deprem spektrumu veya bir yapı bilgisi için tasarım spektrumu bilinirse yapının $Y_{i,max}$ modal maksimumlarını elde etmek kolaydır. Tek serbestlik dereceli sistemlerde max yer değiştirme (9.18) ile bulunabilir.

$$y_{max} = \frac{1}{\omega} S_{max} \quad (9.18)$$

Çok serbestlik dereceli sistemlerde bu genelleştirilmiş koordinatlarda

$$Y_{i,max} = \alpha_i \frac{Sa(\omega_i, \xi_i)}{\omega_i} \quad (9.19)$$

elde edilebilir. Buradan gerçek modal maksimumlara

$$\{y_i\}_{max} = \{\phi_i\} Y_{i,max} \quad (9.20)$$

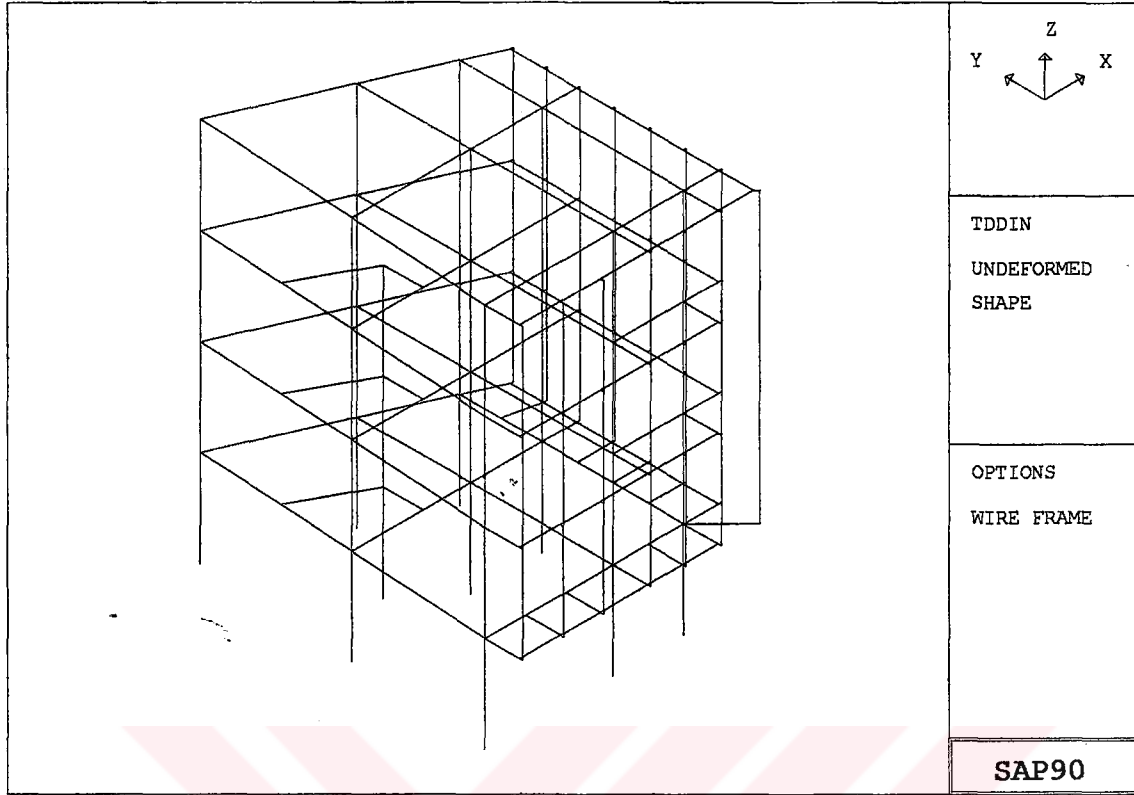
geçilebilir. Ancak buradaki sorun, eş zamanlı olmayan bu modal maksimumların ne şekilde süperpoze edileceğidir. Bu konuda çeşitli yöntemler bulunmaktadır. En çok kullanılan yöntemlerden biri “modal spektral değerlerin karelerinin toplamının karekökünü almak”; diğeri California Deprem Yönetmeliğinde yer alan CQC yöntemidir.

9.2. Yapı Modeli

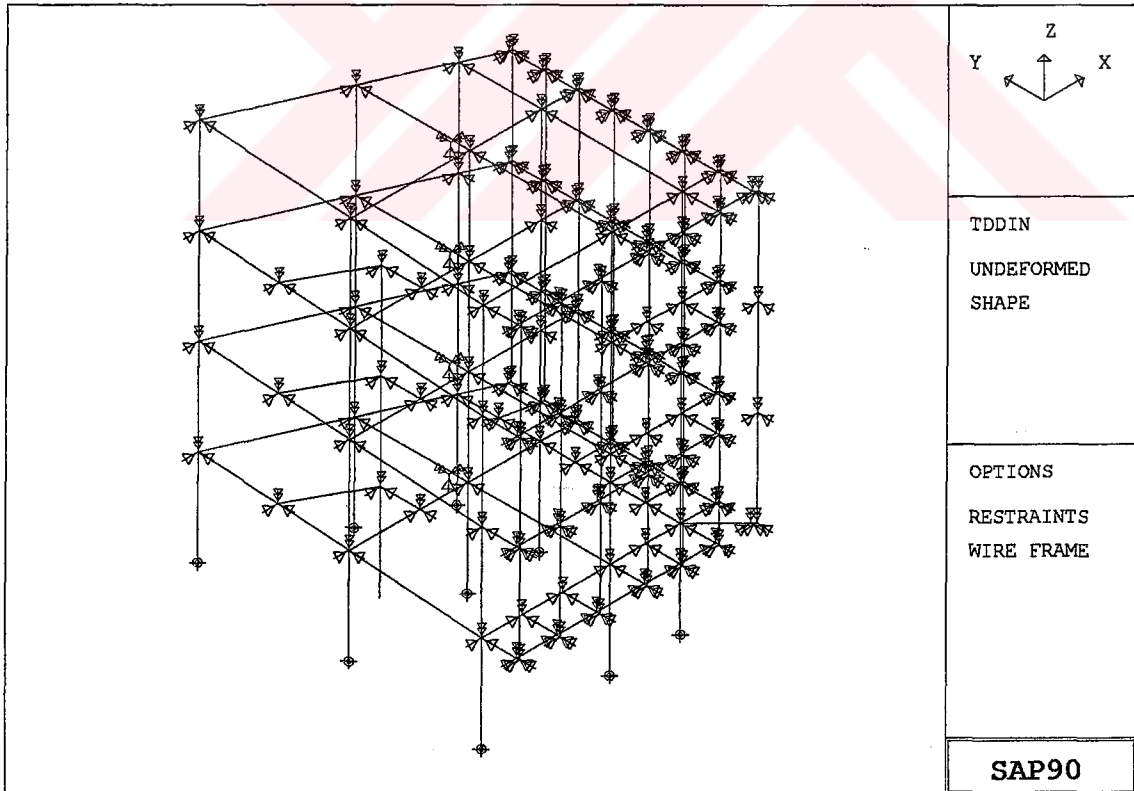
Dinamik analiz için hazırlanan yapı modelinde, uygulama projesi esas alınmış, kat döşemelerinde merdiven boşluğu dışında herhangi bir boşluk olmadığı için kat döşemelerinin rijit diyafram davranışı yapacağı düşünülmüştür. Kat kütleleri, katların ağırlık merkezinde tanımlanan düğüm noktalarına (master joints) dışarıdan verilmiştir. 1997 deprem yönetmeliğinin 6.7.2.4a maddesinden hareketle yapının bodrum kat tavanı seviyesinden itibaren üstte kalan bölümünün analizi yapılmıştır. İlk aşamada açıklığa kavuşturulmak istenen, yapının her iki cephesinde bulunan ve tasarımda taşıyıcı eleman olarak hesaba katılmayan, yaklaşık 17x20 boyutlarındaki kolonların deprem sırasında yapıya ek bir rijitlik kazandırıp kazandırmadığıdır. Yapılan analizde, bu kolonların deprem sırasında aldığı yükler doğrultusunda, yapıya ek bir rijitlik sağladığının söylenemeyeceği görülmüştür.

Bundan sonraki aşamada, 1997 Deprem Yönetmeliğinde dört ayrı zemin cinsi için verilen ivme spektrumu değerlerini kullanarak analiz yapılması, elde edilen sonuçların, gerek projelendirilmede kullanılan değerlerle gerekse Dinar depremi kayıtlarından elde edilen değerlerle karşılaştırılması düşünülmüştür. 1997 Deprem Yönetmeliği esas alınarak yapılan analizde Dinar'ın 1. Derece deprem bölgesi içinde yer alması nedeniyle etkin yer ivmesi katsayısı 0.40g olarak alınmıştır. İlk olarak bu dört zemin cinsi için elde edilen sonuçlar kendi aralarında karşılaştırılmıştır.

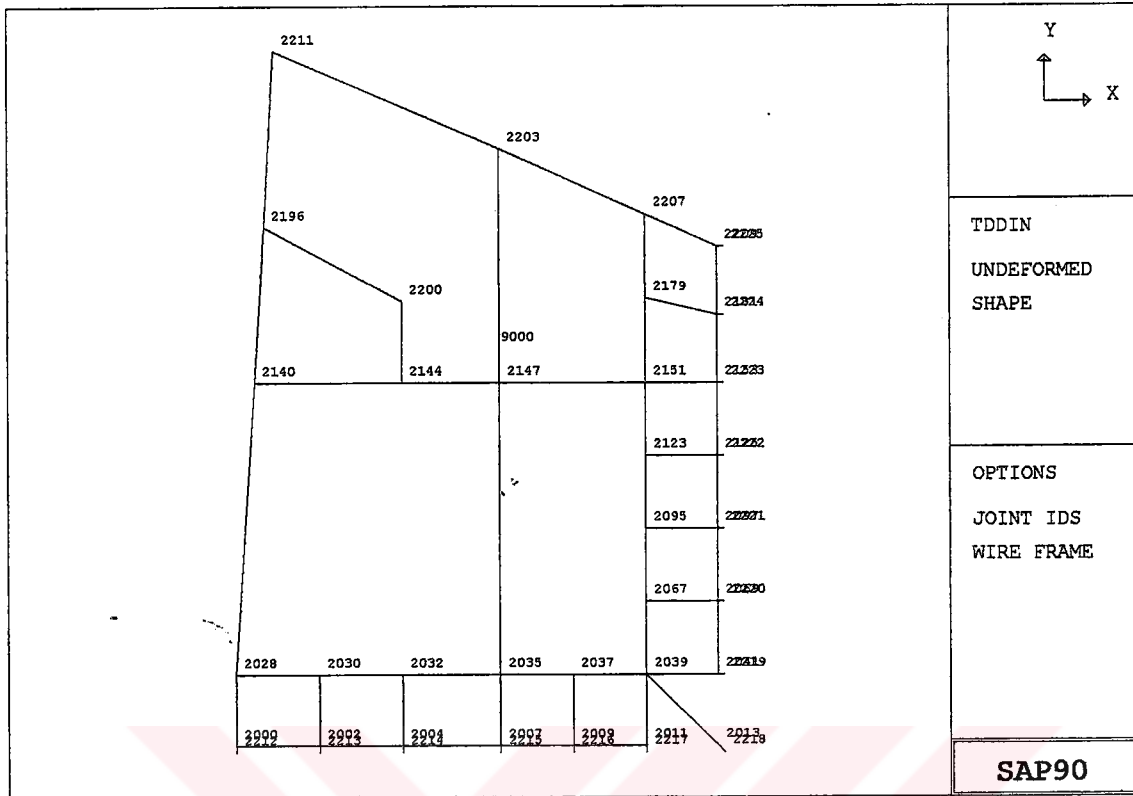
Daha sonra, deprem sırasında Dinar meteoroloji istasyonunda kaydedilen yer hareketi kayıtları ivme spektrumuna çevrilmiş ve bu değerler esas alınarak her iki deprem yönü için analiz yapılmıştır. Bu analizlerden elde edilen sonuçlar, yapının, temel tasarımında 1000 t/m^3 gibi küçük bir yatak katsayısı esas alındığı için 4. zemin sınıfı için elde edilen sonuçlarla karşılaştırılmıştır. Bu analizler sırasında etkin yer ivmesi katsayısı ölçülen en büyük ivme değeri olması sebebiyle 0.28g olarak alınmıştır. En son aşamada ise yukarıda elde edilen sonuçlar projelendirilmede esas alınan deprem kuvvetleriyle karşılaştırılmış ve elde edilen sonuçlar verilmiştir. İzleyen sayfalarda oluşturulan yapı modelinin tanıtılması amacıyla şemalar verilmiştir.



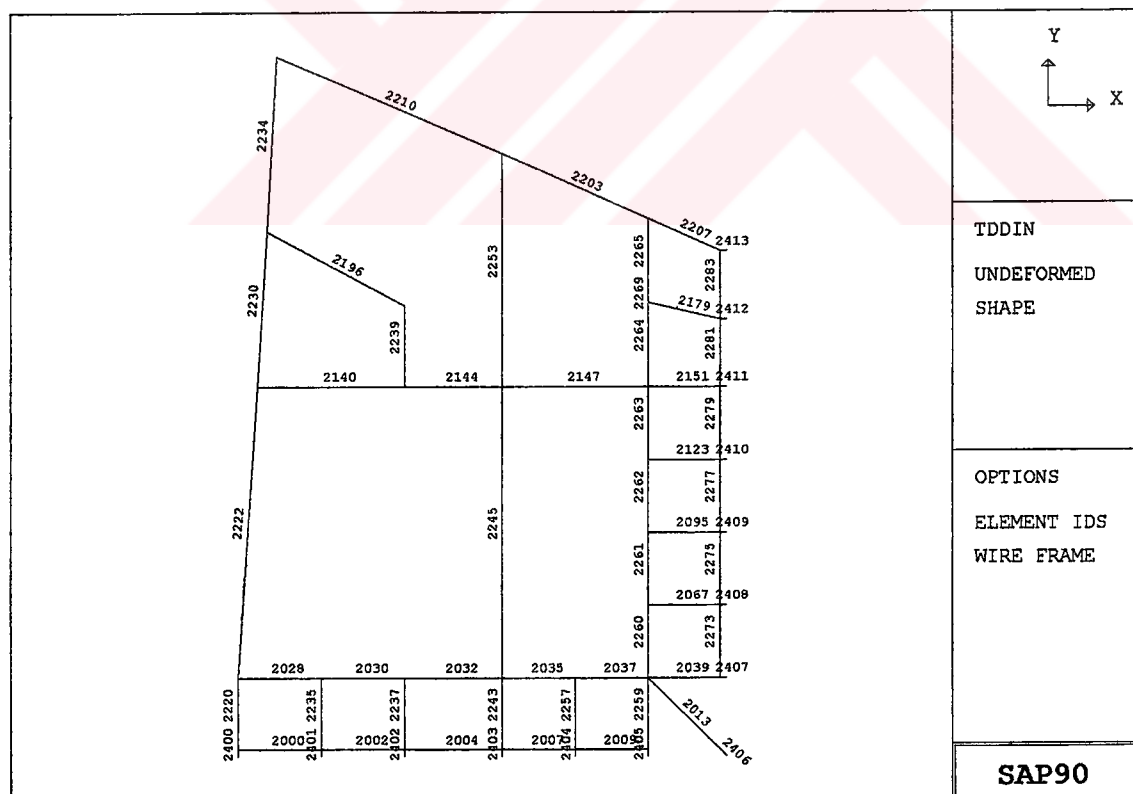
Şekil 9.1. Yapının Genel Görünüşü



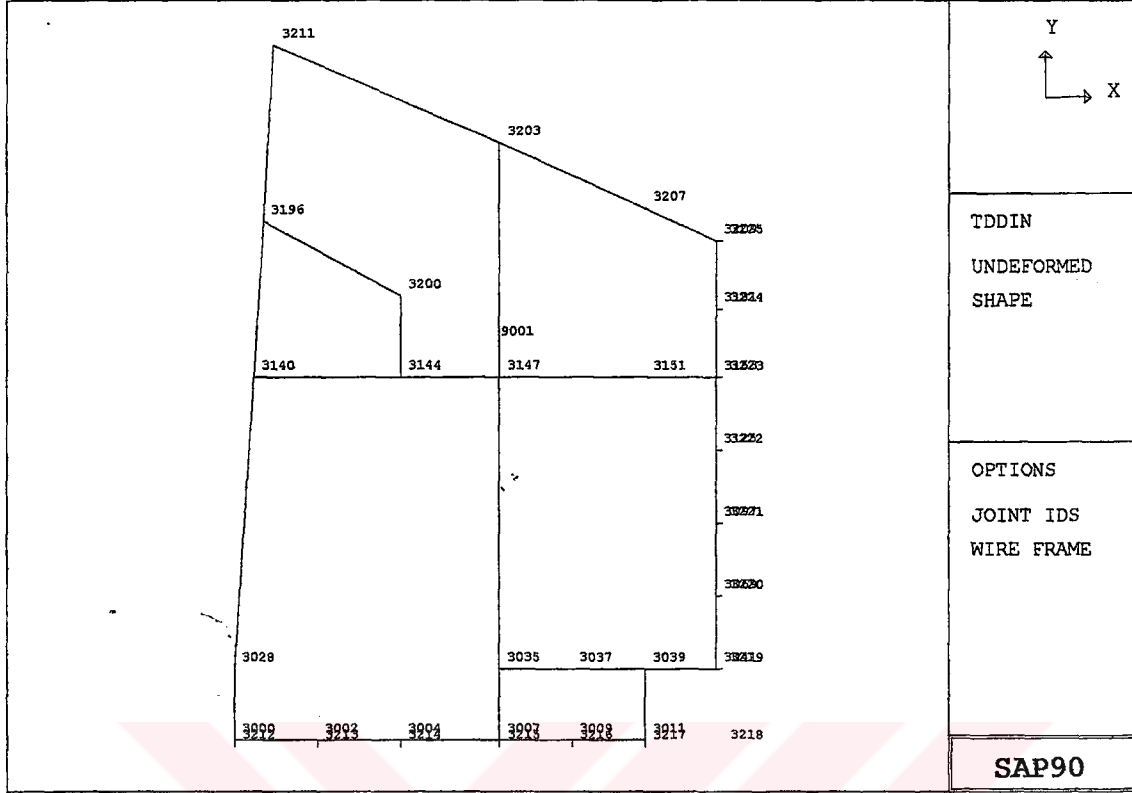
Şekil 9.2. Düğüm Noktası Serbestlikleri



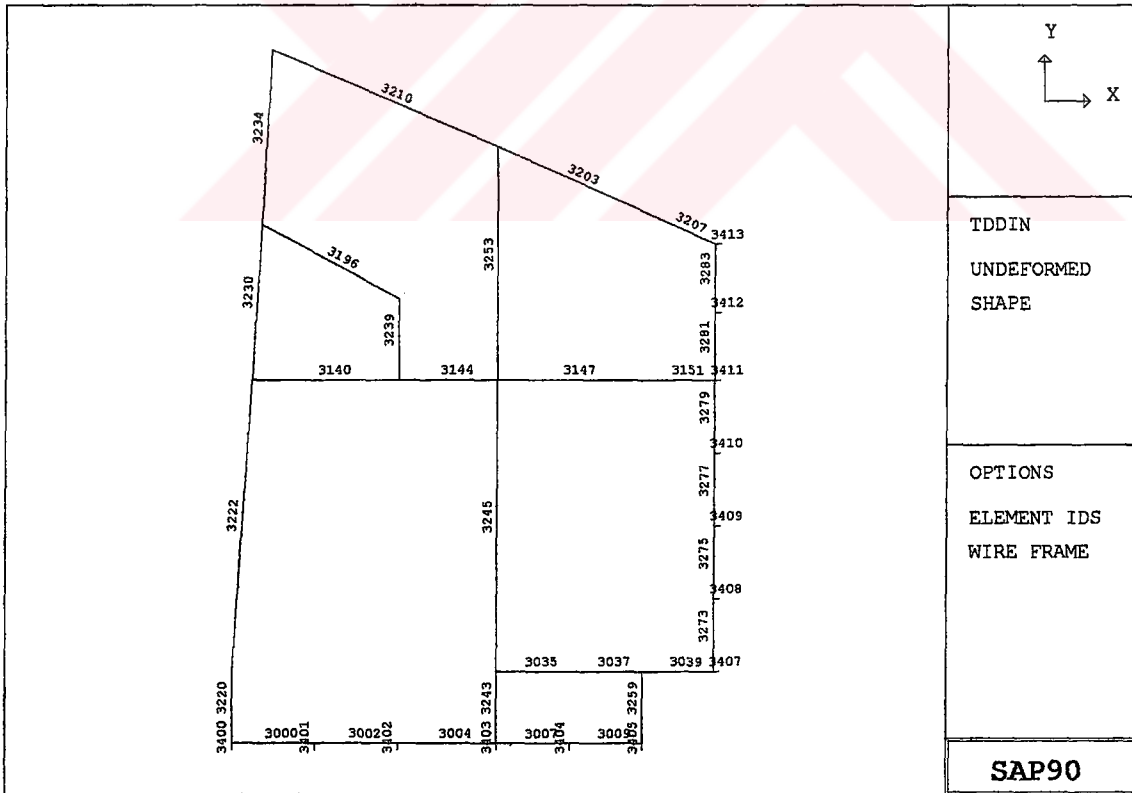
Şekil 9.3. Zemin Kat Tavanı Düğüm Noktası Numaraları



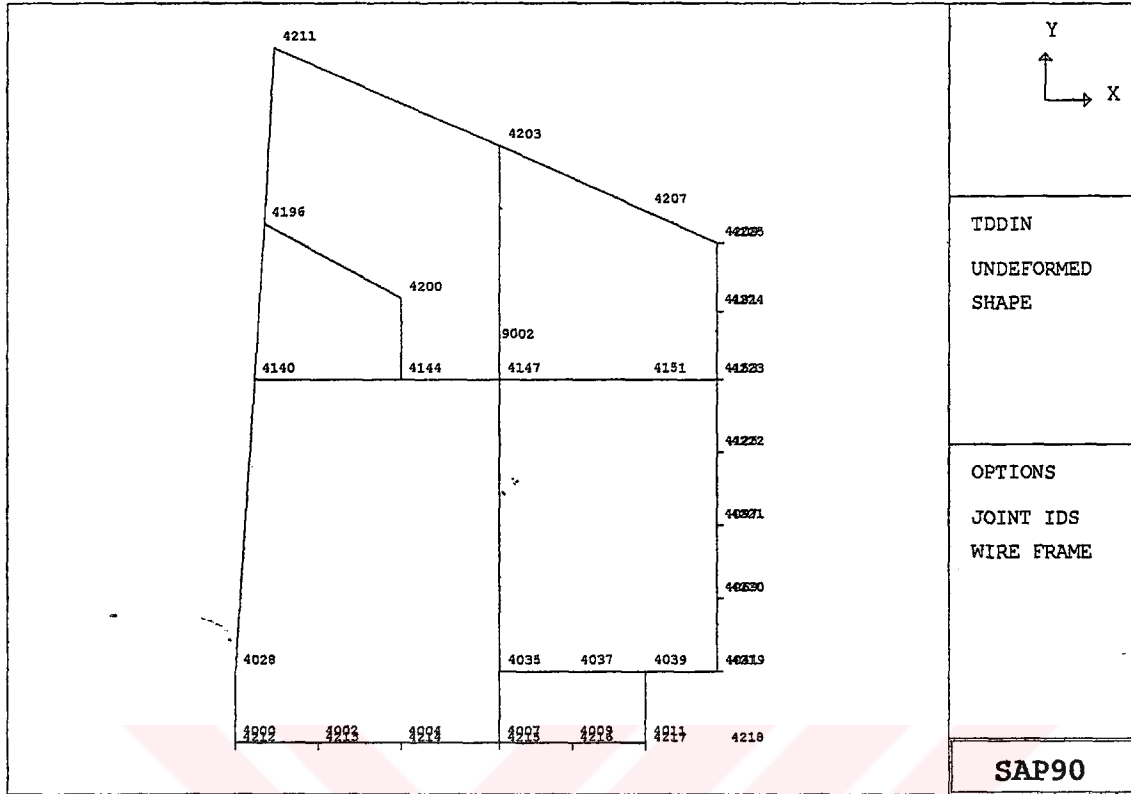
Şekil 9.4. Zemin Kat Tavanı Çubuk Eleman Numaraları



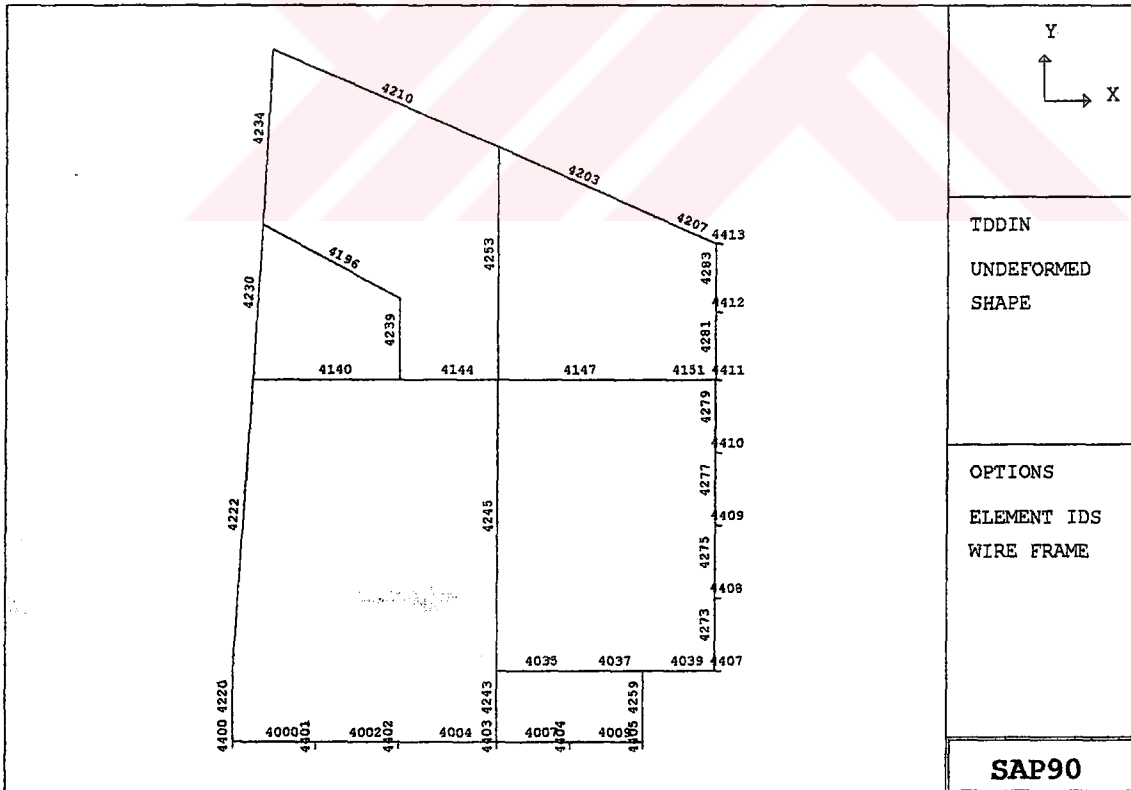
Şekil 9.5. 1. Kat Tavanı Düğüm Noktası Numaraları



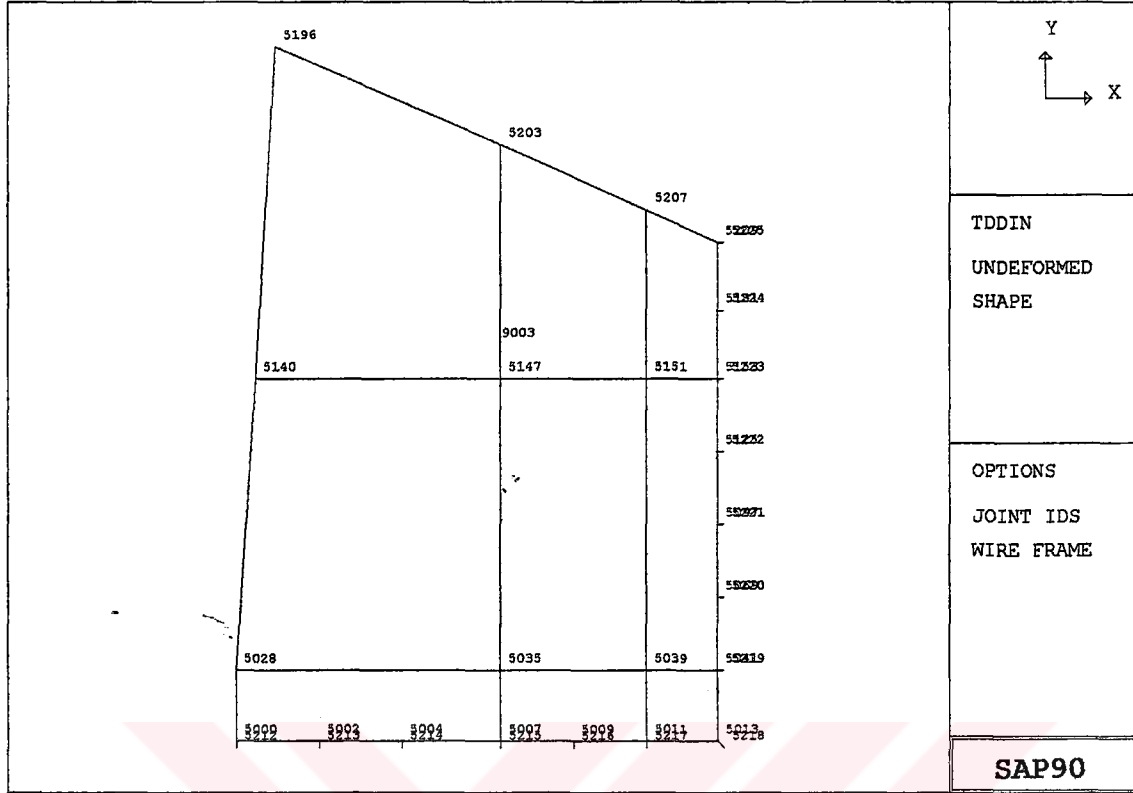
Şekil 9.6. 1. Kat Tavanı Çubuk Eleman Numaraları



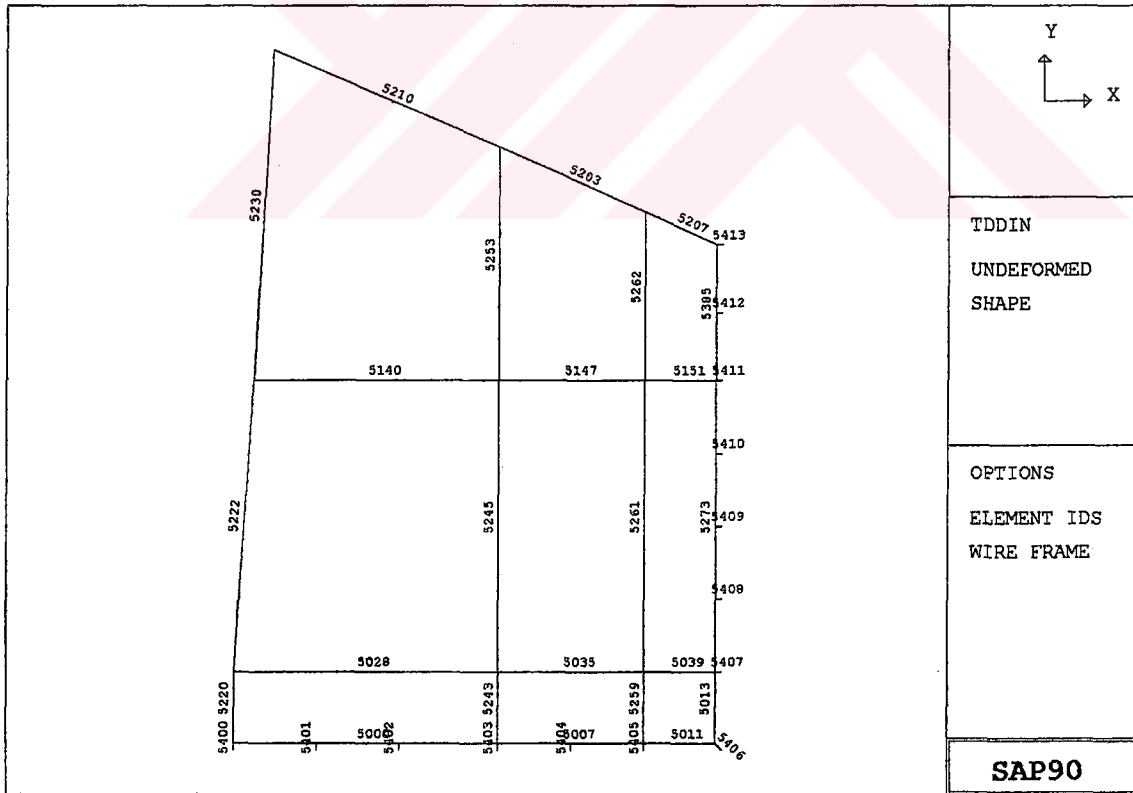
Şekil 9.7. 2. Kat Tavanı Dügüm Noktası Numarası



Şekil 9.8. 2. Kat Tavan Çubuk Eleman Numarası

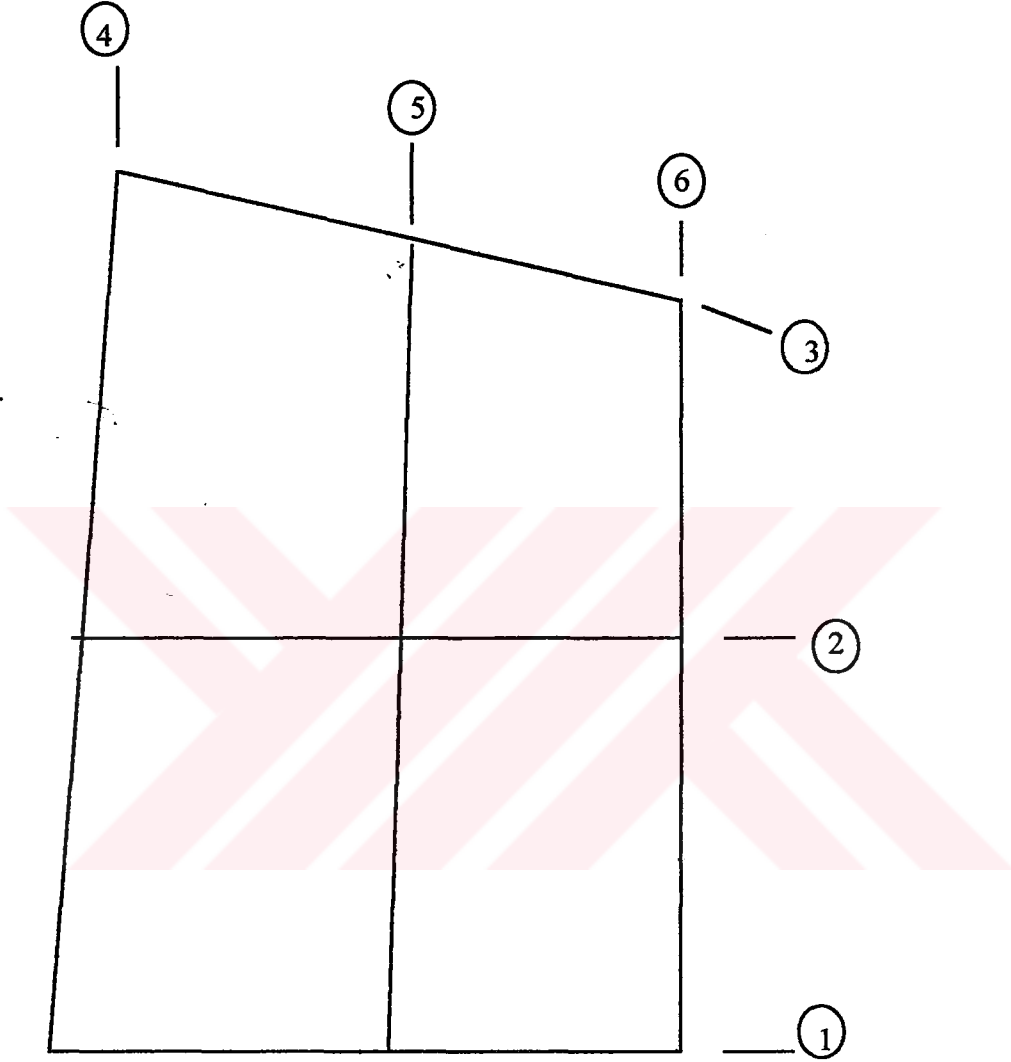


Şekil 9.9. 3. Kat Tavanı Düğüm Noktası Numaraları

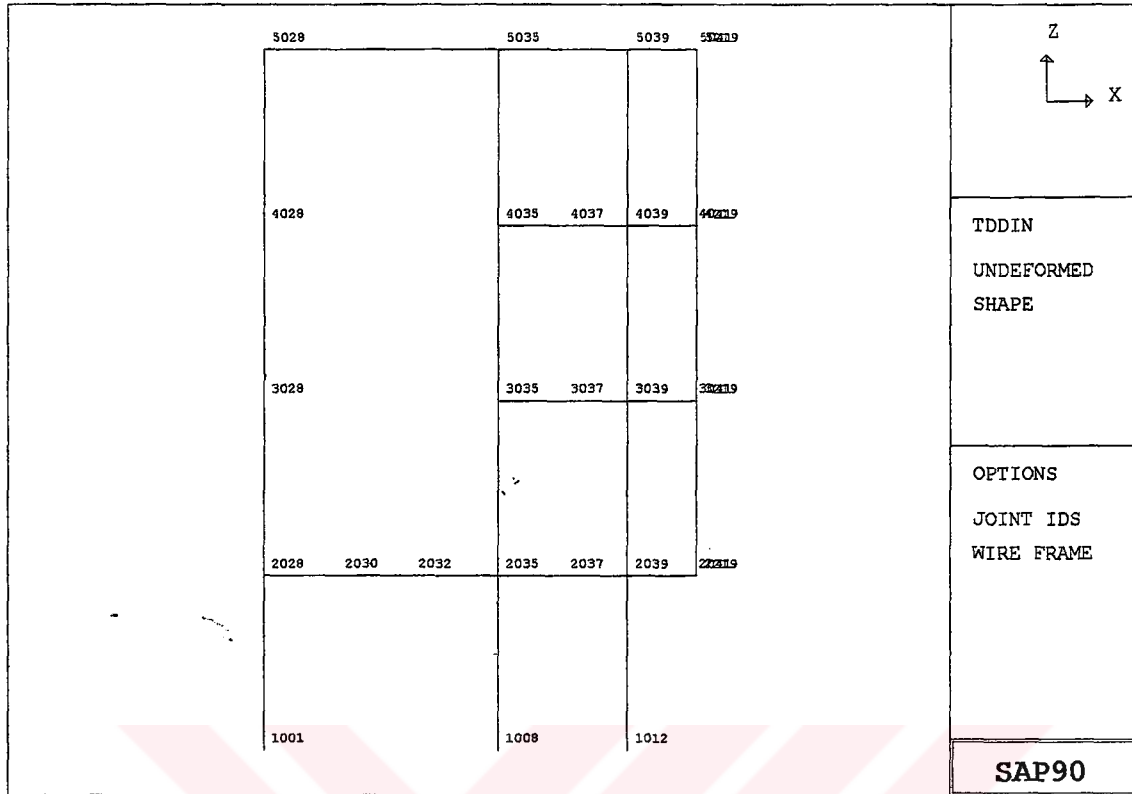


Şekil 9.10. 3. Kat Tavanı Çubuk Eleman Numaraları

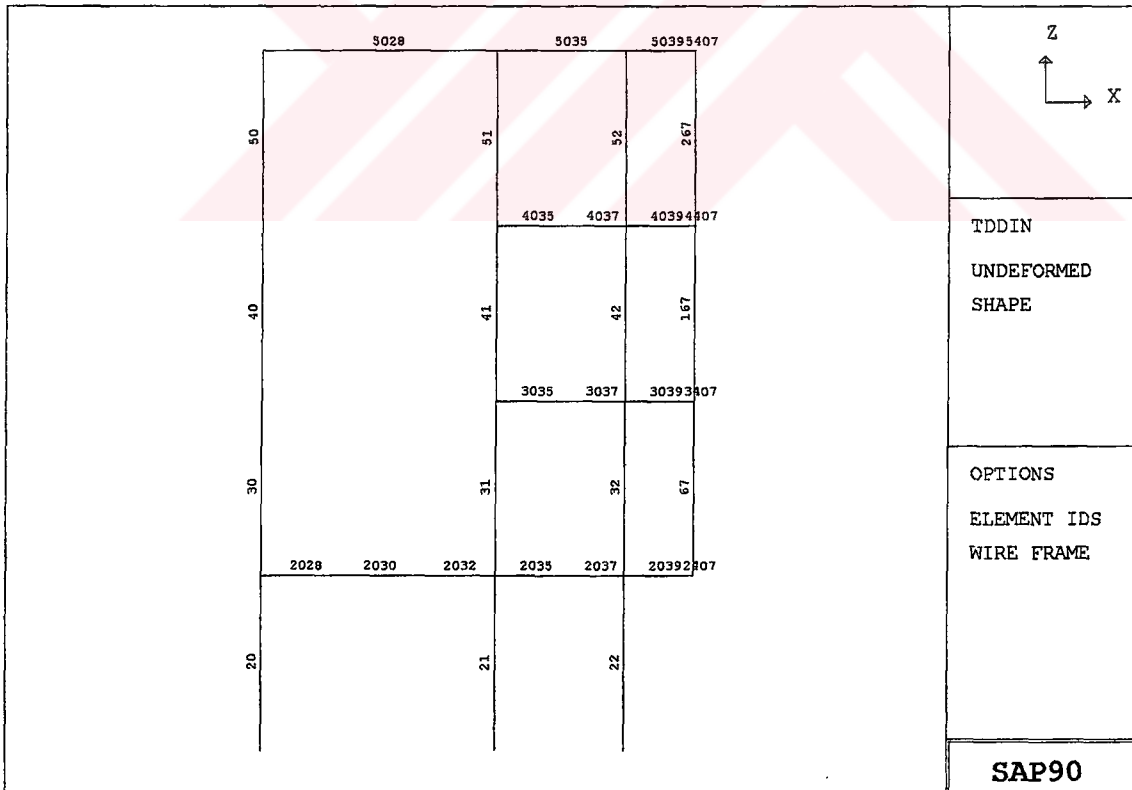
Elde edilen kesit kuvvetlerinin karşılaştırılabilmesi için oluşturulan anahtar plan Şekil 9.11’de verilmiştir.



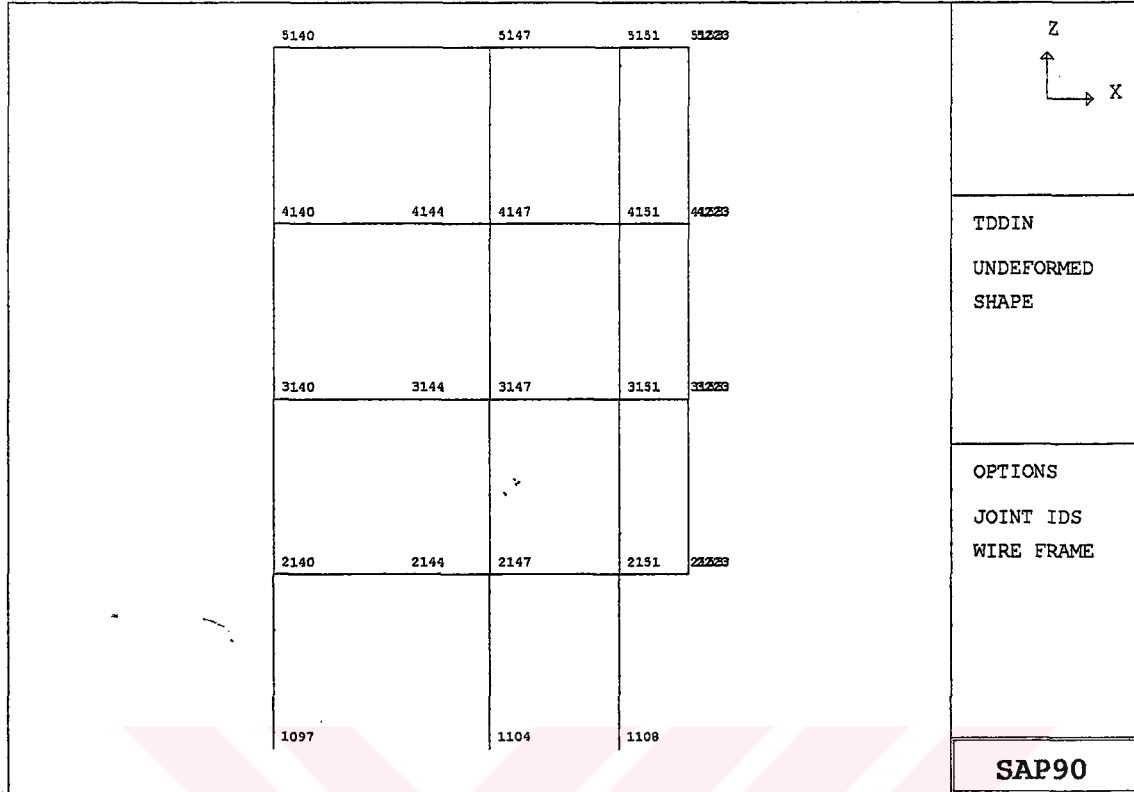
Şekil 9.11. Anahtar Plan



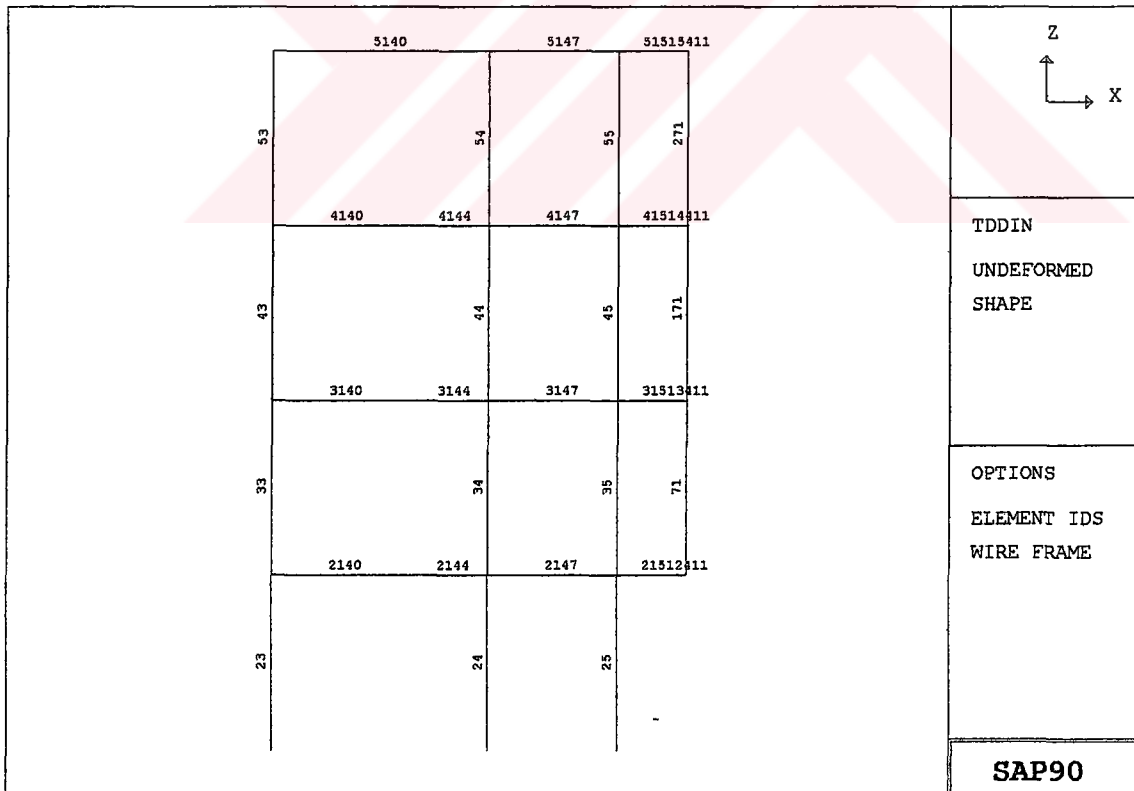
Şekil 9.12. 1 Aksı Düğüm Noktası Numaraları



Şekil 9.13. 1 Aksı Çubuk Eleman Numaraları



Şekil 9.14. 2 Aksı Düğüm Noktası Numaraları



Şekil 9.15. 2 Aksı Çubuk Eleman Numaraları

5196	5203	5207	52225
44951	4203	4207	42225
33951	3203	3207	32225
22951	2203	2207	22225
334	1152	1156	



TDDIN
UNDEFORMED
SHAPE

OPTIONS
JOINT IDS
WIRE FRAME

SAP90

Şekil 9.16. 3 Aksı Düğüm Noktası Numaraları

5210	5203	5207	5413
57	58	59	273
4234	4210	4203	4207
47	48	49	173
3234	3210	3203	3207
37	38	39	73
2234	2210	2203	2207
27	28	29	

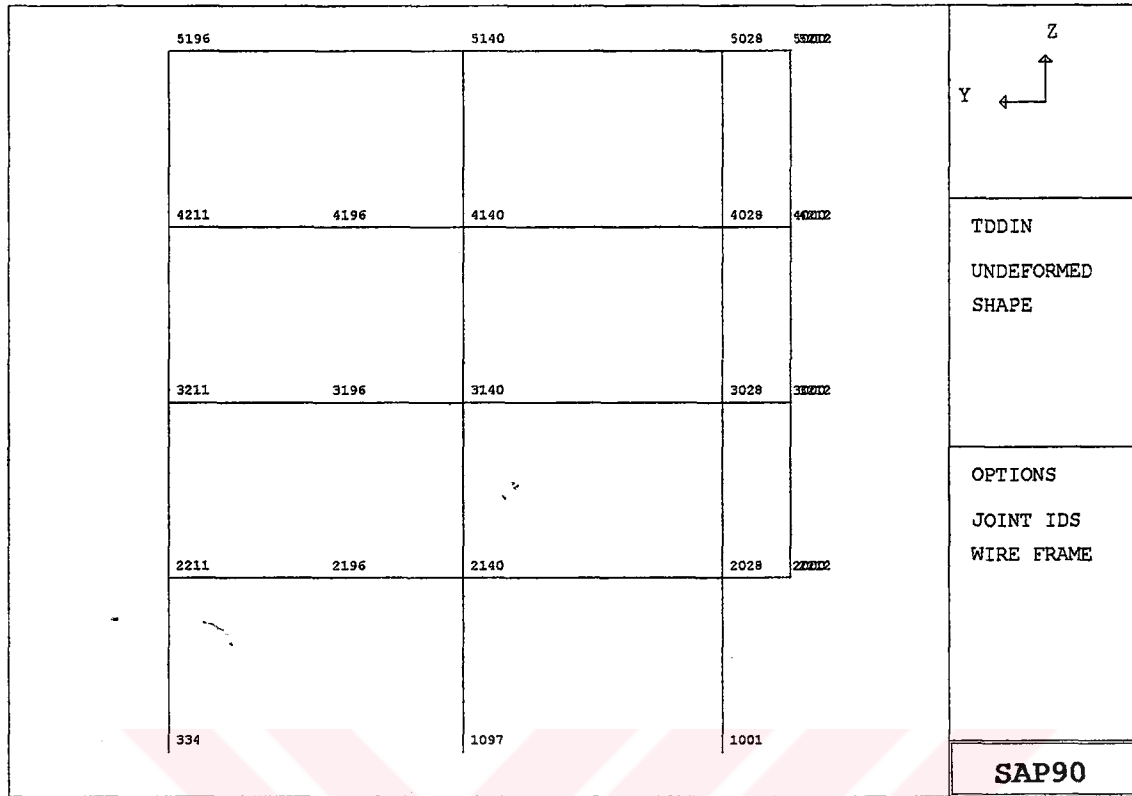


TDDIN
UNDEFORMED
SHAPE

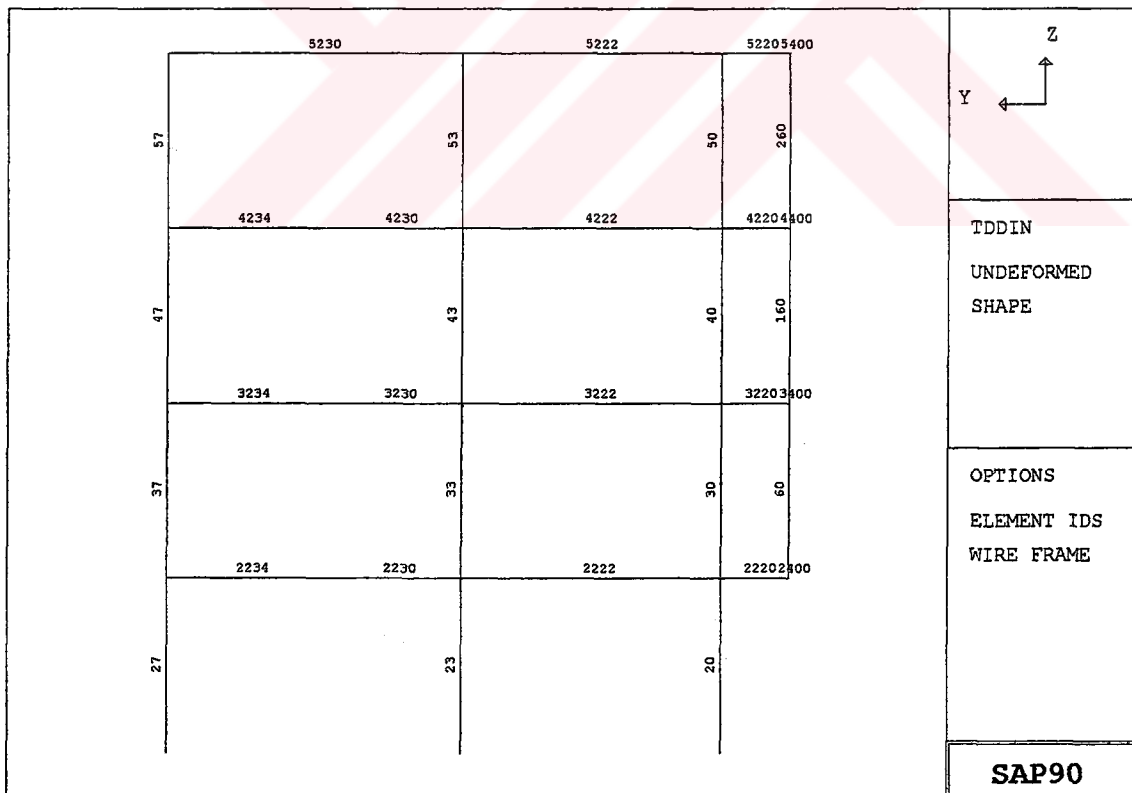
OPTIONS
ELEMENT IDS
WIRE FRAME

SAP90

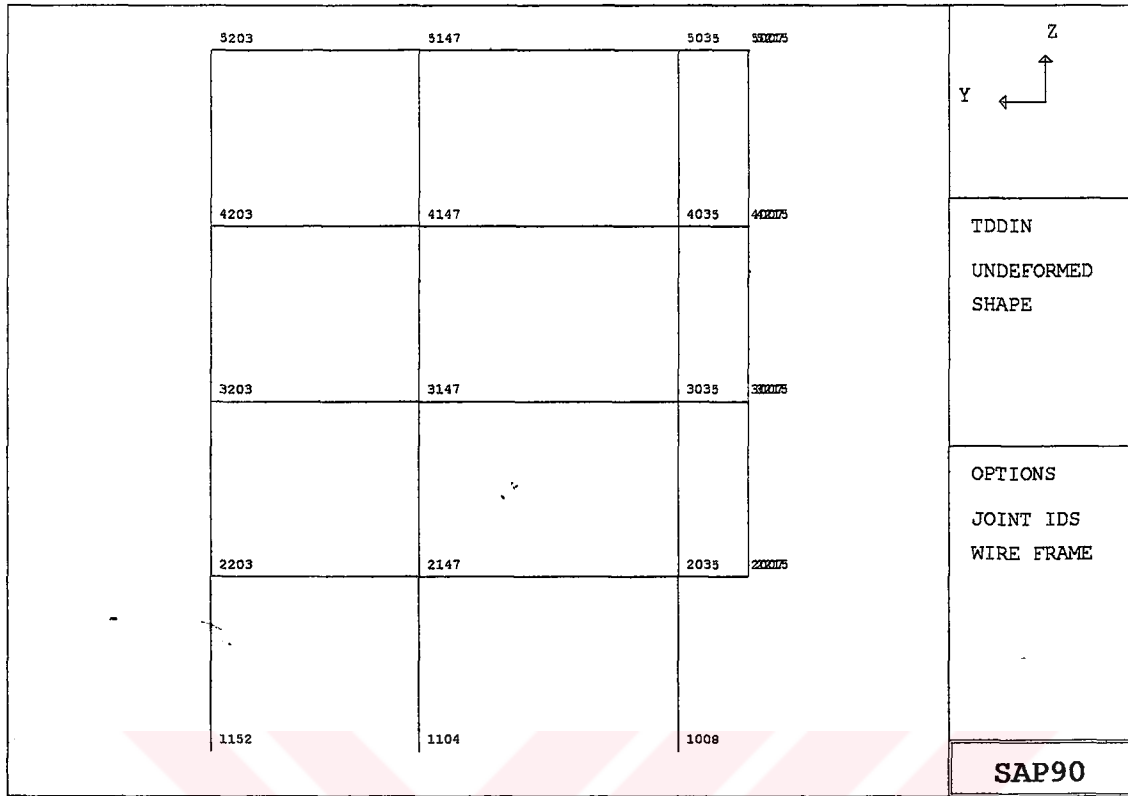
Şekil 9.17. 3 Aksı Çubuk Eleman Numaraları



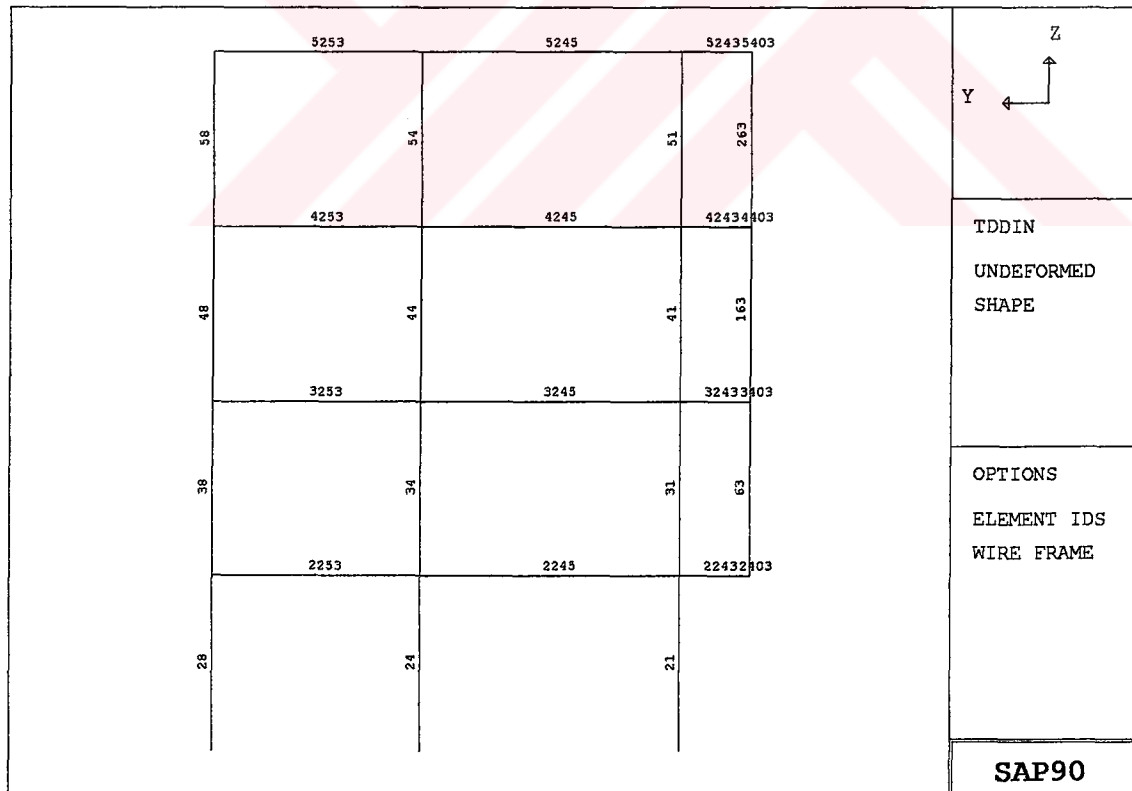
Şekil 9.18. 4 Aksı Düğüm Noktası Numaraları



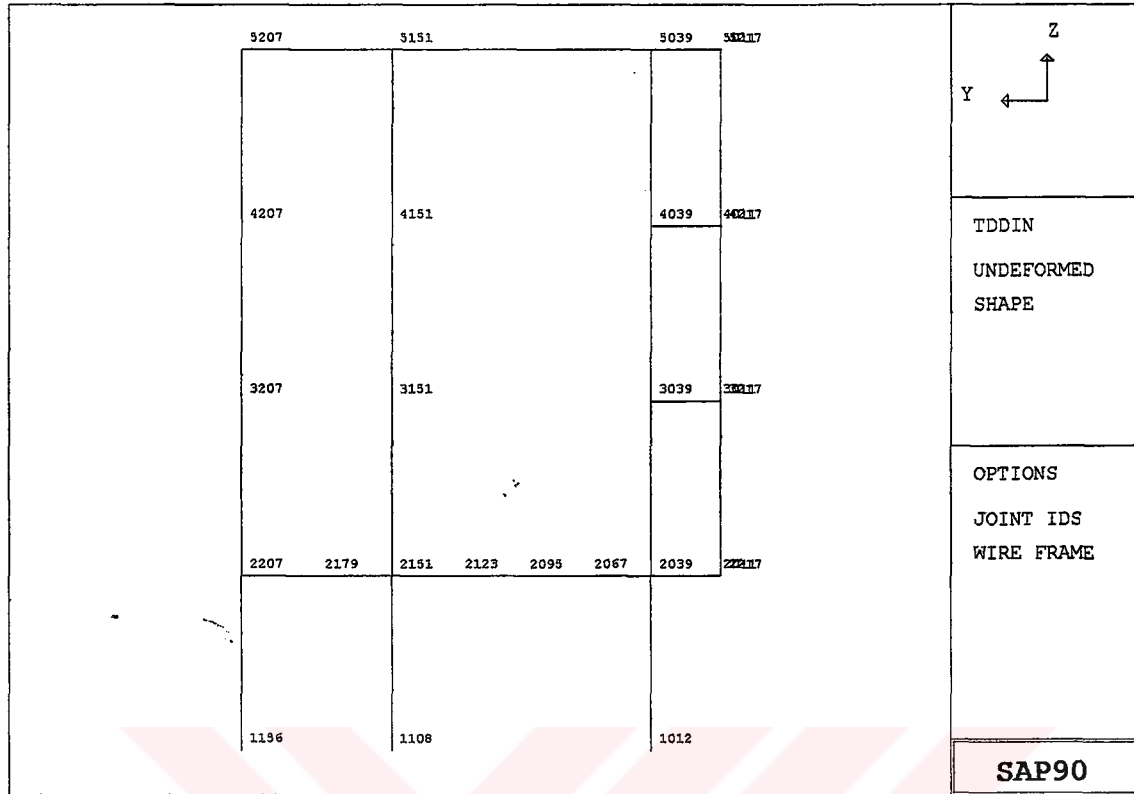
Şekil 9.19. 4 Aksı Çubuk Eleman Numaraları



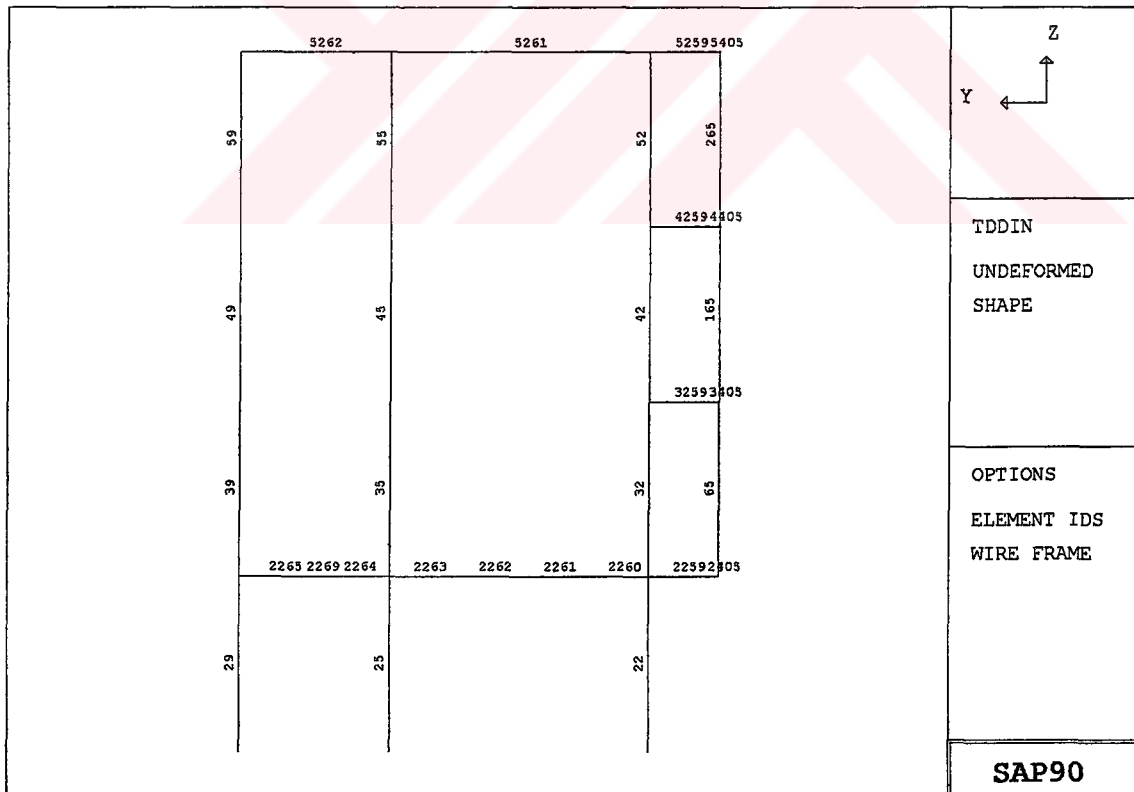
Şekil 9.20. 5 Aksı Düğüm Noktası Numaraları



Şekil 9.21. 5 Aksı Çubuk Eleman Numaraları



Şekil 9.22. 6 Aksı Düğüm Noktası Numaraları



Şekil 9.23. 6 Aksı Çubuk Eleman Numaraları

T_A ve T_B nin zemin cinsleri için değerleri Çizelge 9.2’de verilmiştir.

Çizelge 9.2.

	T_A	T_B
Z1	0.10	0.30
Z2	0.15	0.40
Z3	0.15	0.60
Z4	0.20	0.70

Spektrum katsayısı belirlendikten sonra taban kesme kuvveti (9.22) ile hesaplanmaktadır.

$$V_t = W.A(T_1)/R_A(T_1) \quad (9.22)$$

(9.22) denkleminde V_t taban kesme kuvveti, $A(T_1)$ birinci titreşim modu periyoduna ait spektrum ivme katsayısı, $R_A(T_1)$ ise taşıyıcı sistem davranış katsayısıdır. Çizelge 9.3’de değişik zemin cinsleri için elde edilen taban kesme kuvvetleri verilmiştir.

Çizelge 9.3.

Zemin Cinsi	I	II	III	IV	Tasarım
Deprem Yönü	Taban Kesme Kuvveti (kN)				Taban Kesme Kuvveti
X	553	676	784	784	525
Y	678	847	975	975	525

Çizelge 9.4’de ise zemin cinsine bağlı olarak taban kesme kuvvetlerindeki artış verilmiştir.

Çizelge 9.4.

Zemin Cinsi	I	II	III	IV
Deprem Yönü	Taban Kesme Kuvveti Artışı			
X	1	1.22	1.42	1.42
Y	1	1.25	1.44	1.44

İzleyen sayfalarda 1975 ve 1997 yönetmeliklerini karşılaştırmak amacıyla, 1997 yönetmeliğine göre elde edilen kesit tesirleriyle, tasarımda esas alınan kesit tesirleri verilmiştir. Ayrıca bütün çerçevelerde değişik zemin sınıfları için elde edilen kesir tesirleri çizelgelerle verilmiştir.

9.3. 1997 Deprem Yönetmeliği Esas Alınarak Yapılan Dinamik Analizler

Yapılan analizlerde, yapının aynı boyut ve taşıyıcı sistemiyle, yeni yönetmeliğe göre yapılan deprem hesabında elde edilecek deprem kuvvetleri araştırılmıştır. Etkin yer ivmesi katsayısı 0.40, yapı önem katsayısı uygulama projesine bağlı olarak 1 alınmıştır.

Dinamik analiz sonucunda yapının periyodu 0.48s olarak bulunmuştur. Bu değer için 1997 deprem yönetmeliğinin verdiği spektrum katsayısı değerleri Çizelge 9.1'de verilmiştir.

Çizelge 9.1.

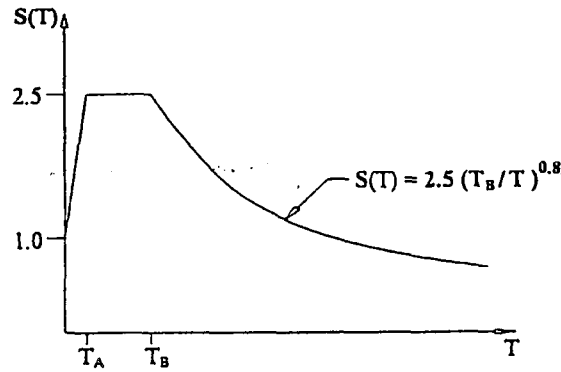
Zemin cinsi	Spektrum katsayısı
I	1.717
II	2.160
III	2.5
IV	2.5

Bu spektrum katsayısı değerleri (9.21a,b ve c) bağıntıları ile hesaplanmaktadır. Şekil 9.24'de normalize edilip yönetmelikte verilmiş olan spektrum eğrisi verilmiştir.

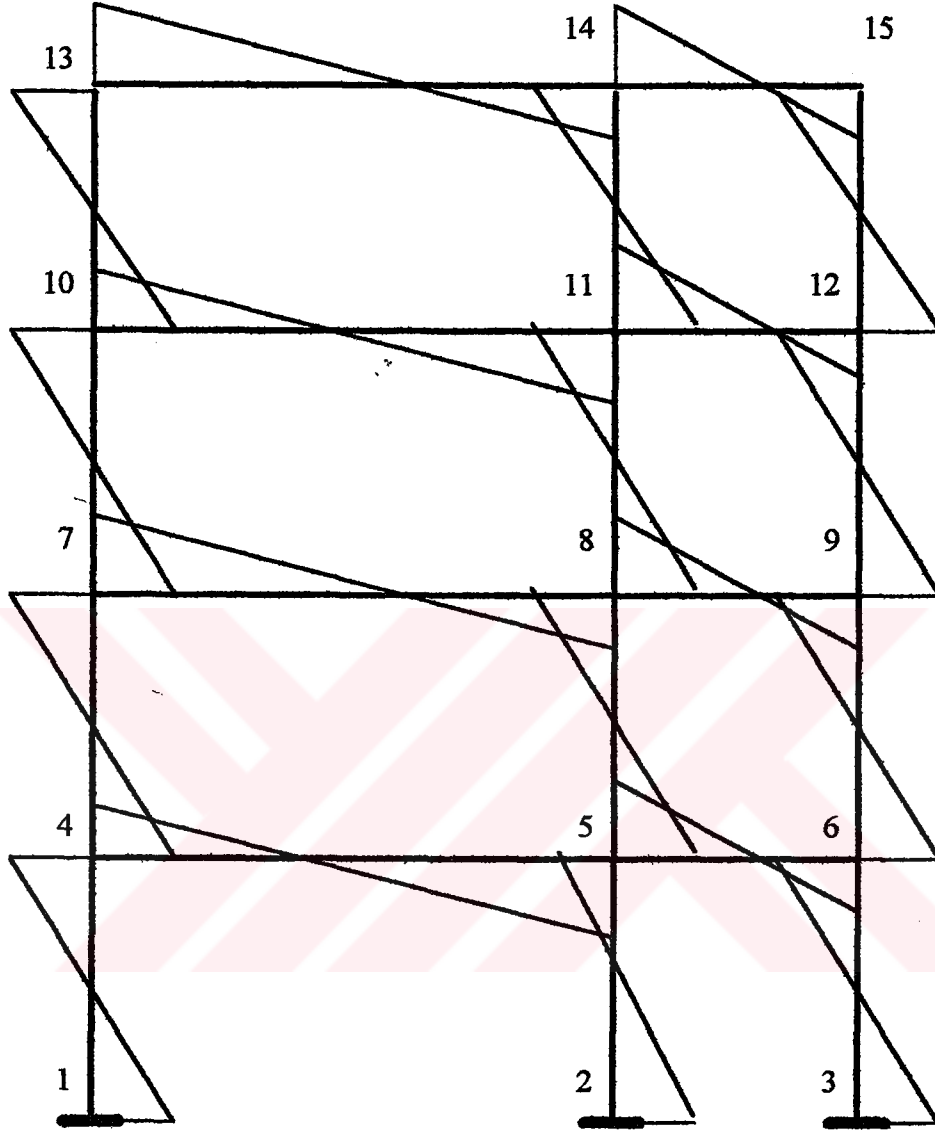
$$S(T) = 1 + 1.5T/T_A \quad (0 \leq T \leq T_A) \quad (9.21a)$$

$$S(T) = 2.5 \quad (T_A < T \leq T_B) \quad (9.21b)$$

$$S(T) = 2.5(T_B/T)^{0.8} \quad (T > T_B) \quad (9.21c)$$



Şekil 9.24.



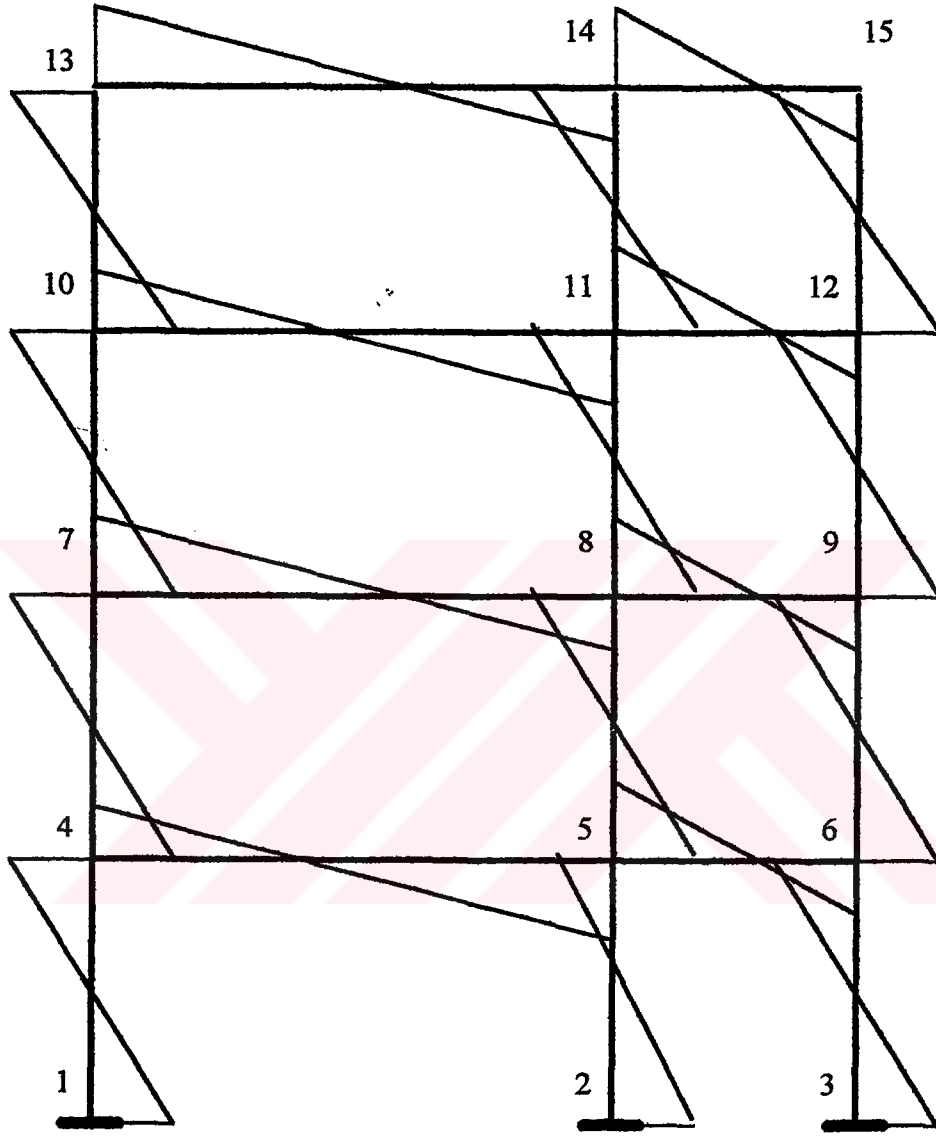
Şekil 9.25. 1-1 aksı deprem momentleri,

Çizelge 9.5. 1-1 Aksı Deprem Momentleri (Değişik Zemin Sınıfları İçin)

KESİT NO:	ZEMİN SINIFI			
	Z1	Z2	Z3	Z4
1-4	190	237	280	280
4-1	84	104	123	123
2-5	173	215	254	254
5-2	142	177	209	209
3-6	163	203	240	240
6-3	90	112	132	132
4-7	109	136	160	160
7-4	102	127	150	150
5-8	122	153	180	180
8-5	122	152	179	179
6-9	79	98	116	116
9-6	79	97	115	115
7-10	73	92	108	108
10-7	91	114	134	134
8-11	92	115	136	136
11-8	99	123	145	145
9-12	42	53	62	62
12-9	46	57	67	67
10-13	33	42	49	49
13-10	35	44	52	52
11-14	44	55	65	65
14-11	45	55	66	66
12-15	38	47	56	56
15-12	38	47	56	56
4-5	191	238	281	281
5-4	143	178	210	210
5-6	143	178	210	210
6-5	182	227	268	268
7-8	169	211	249	249
8-7	126	157	185	185
8-9	106	132	156	156
9-8	128	159	188	188
10-11	120	150	177	177
11-10	88	109	129	129
11-12	65	81	96	96
12-11	92	114	135	135
13-14	37	46	54	54
14-13	27	33	39	39
14-15	22	28	33	33
15-14	22	28	53	53

Çizelge 9.6. 1-1 Aksı Deprem Momentleri (1/2)

KESİT NO:	A.B.Y.Y.H.Y 1997 (1)	A.B.Y.Y.H.Y 1975 (2)	FARK (%)
1-4	280	194	+44
4-1	123	44	+180
2-5	254	115	+121
5-2	209	94	+122
3-6	240	110	+118
6-3	132	66	+100
4-7	160	58	+176
7-4	150	58	+158
5-8	180	94	+91
8-5	179	94	+90
6-9	116	79	+47
9-6	115	79	+46
7-10	108	46	+135
10-7	134	53	+153
8-11	136	70	+94
11-8	145	70	+107
9-12	62	62	0
12-9	67	62	+8
10-13	49	17	+188
13-10	52	21	+148
11-14	65	24	+170
14-11	66	30	+120
12-15	56	22	+154
15-12	56	26	+115
4-5	281	102	+175
5-4	210	69	+204
5-6	210	120	+75
6-5	268	145	+85
7-8	249	103	+142
8-7	185	60	+208
8-9	156	104	+50
9-8	188	141	+33
10-11	177	71	+149
11-10	129	35	+268
11-12	96	60	+60
12-11	135	84	+60
13-14	54	21	+157
14-13	39	12	+225
14-15	33	19	+74
15-14	53	26	+104



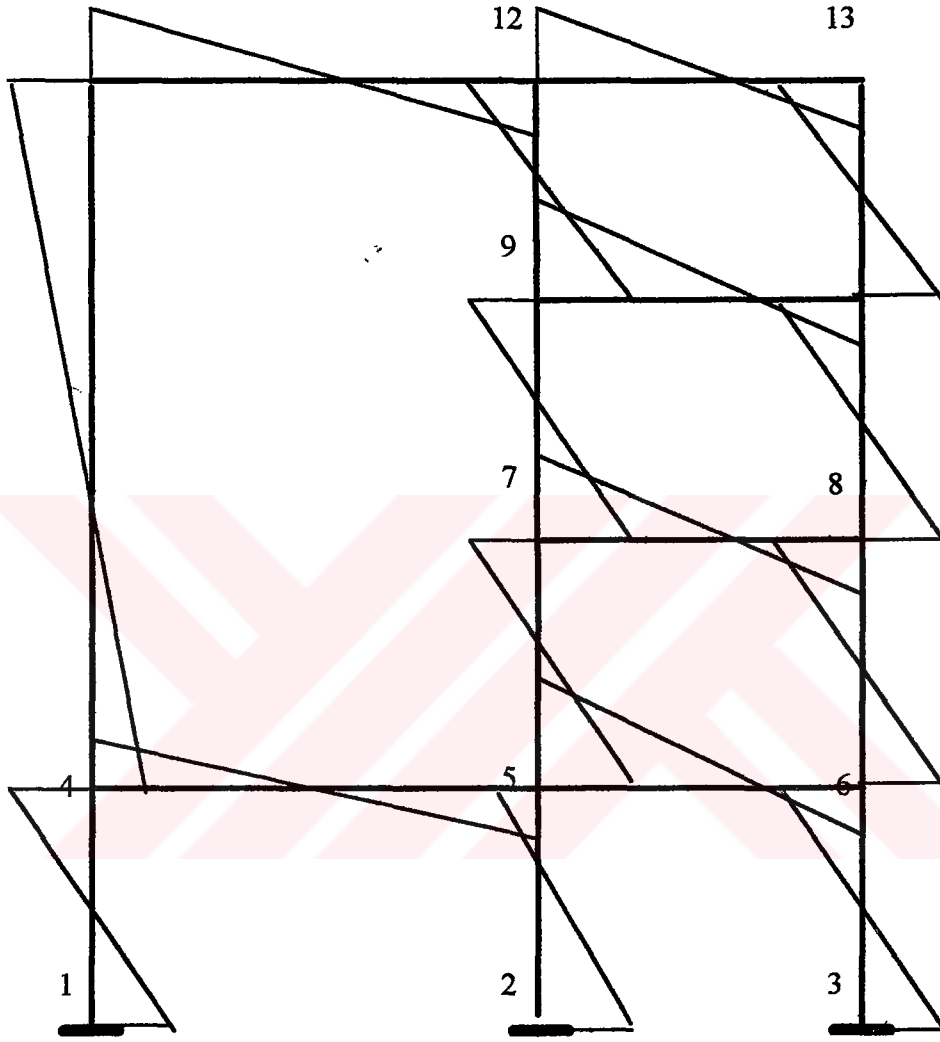
Şekil 9.26. 2-2 aksı deprem momentleri,

Çizelge 9.7. 2-2 Aksı Deprem Momentleri (Değişik Zemin Sınıfları İçin)

KESİT NO:	ZEMİN SINIFI			
	Z1	Z2	Z3	Z4
1-4	117	146	172	172
4-1	59	73	86	86
2-5	135	168	198	198
5-2	96	119	141	141
3-6	83	103	122	122
6-3	52	64	76	76
4-7	82	101	120	120
7-4	85	106	125	125
5-8	135	168	198	198
8-5	142	177	209	209
6-9	71	89	105	105
9-6	73	92	108	108
7-10	65	81	96	96
10-7	75	93	110	110
8-11	97	120	142	142
11-8	104	130	153	153
9-12	47	59	70	70
12-9	50	63	74	74
10-13	27	34	40	40
13-10	26	32	38	38
11-14	36	45	53	53
14-11	36	45	53	53
12-15	247	31	36	36
15-12	24	31	36	36
4-5	124	154	182	182
5-4	113	141	166	166
5-6	117	146	172	172
6-5	133	165	195	195
7-8	136	169	200	200
8-7	127	158	187	187
8-9	107	133	157	157
9-8	124	154	182	182
10-11	93	115	136	136
11-10	88	109	129	129
11-12	54	67	79	79
12-11	82	102	120	120
13-14	26	32	38	38
14-13	22	27	32	32
14-15	15	19	22	22
15-14	26	31	37	37

Çizelge 9.8. 2-2 Aksı Deprem Momentleri (1/2)

KESİT NO:	A.B.Y.Y.H.Y 1997 (1)	A.B.Y.Y.H.Y 1975 (2)	FARK (%)
1-4	172	81	+112
4-1	86	49	+76
2-5	198	115	+72
5-2	141	94	+50
3-6	122	78	+56
6-3	76	43	+77
4-7	120	68	+76
7-4	125	68	+84
5-8	198	104	+90
8-5	209	104	+101
6-9	105	90	+17
9-6	108	90	+20
7-10	96	45	+113
10-7	110	53	+108
8-11	142	70	+103
11-8	153	70	+119
9-12	70	62	+13
12-9	74	62	+19
10-13	40	17	+135
13-10	38	29	+31
11-14	53	25	+112
14-11	53	30	+77
12-15	36	22	+64
15-12	36	27	+33
4-5	182	117	+55
5-4	166	72	+131
5-6	172	126	+37
6-5	195	133	+47
7-8	200	114	+75
8-7	187	64	+192
8-9	157	111	+41
9-8	182	152	+20
10-11	136	71	+92
11-10	129	35	+269
11-12	79	60	+32
12-11	120	84	+43
13-14	38	21	+81
14-13	32	11	+191
14-15	32	20	+60
15-14	37	27	+37



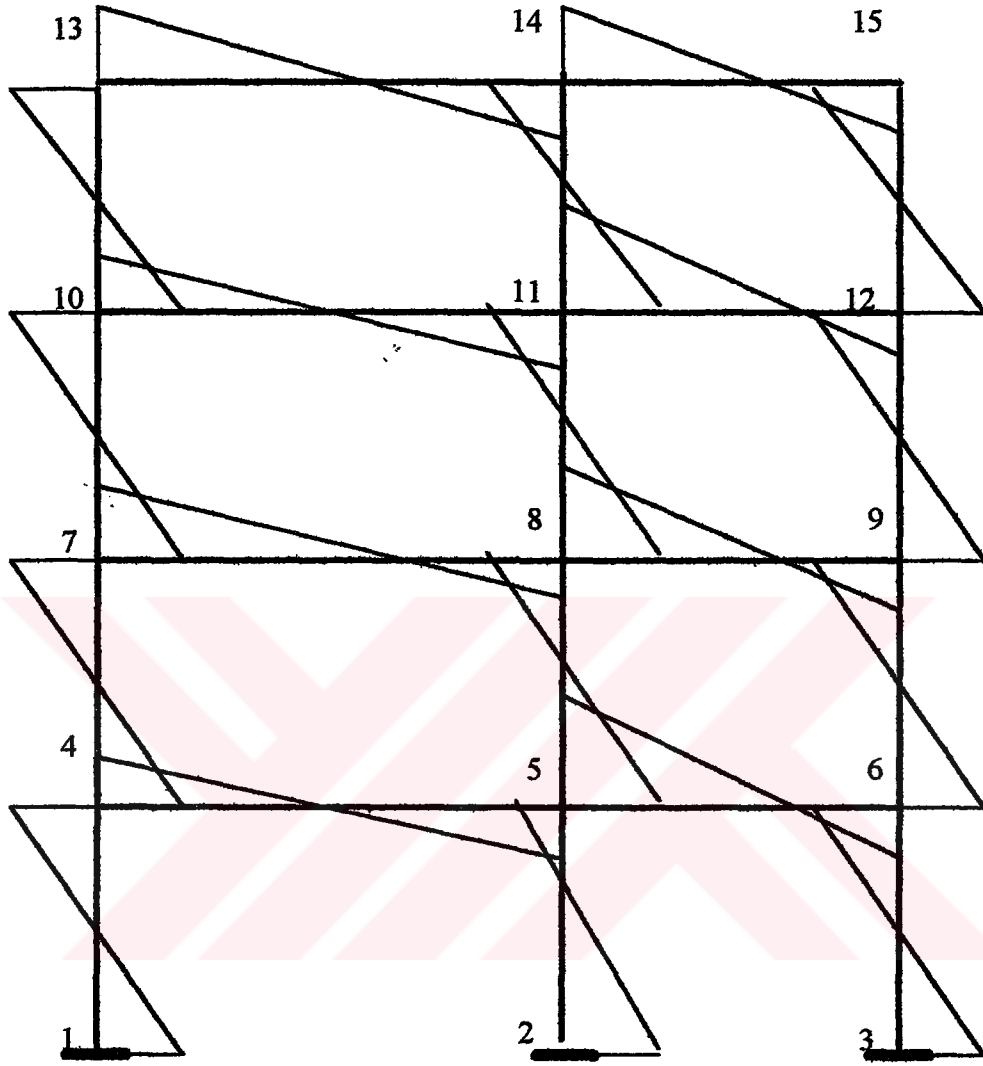
Şekil 9.27. 3-3 aksı deprem momentleri

Çizelge 9.9. 3-3 Aksı Deprem Momentleri (Değişik Zemin Sınıfları İçin)

KESİT NO:	ZEMİN SINIFI			
	Z1	Z2	Z3	Z4
1-4	69	86	102	102
4-1	48	60	71	71
2-5	112	140	165	165
5-2	89	111	131	131
3-6	69	86	102	102
6-3	49	60	72	72
4-11	22	28	33	33
11-4	8.8	11	13	13
5-7	40	49	58	58
7-5	30	37	44	44
6-8	20	25	29	29
8-6	20	25	29	29
7-9	20	25	29	29
9-7	15	18	22	22
8-10	4.8	5.9	7	7
10-8	1.36	1.69	2	2
9-12	11.56	14	17	17
12-9	17	21	25	25
10-13	54	67	79	79
13-10	54	68	78	78
4-5	69	86	101	101
5-4	59	73	86	86
5-6	69	86	101	101
6-5	84	104	123	123
7-8	34	42	50	50
8-7	32	40	47	47
9-10	27	33	39	39
10-9	40	49	58	58
11-12	8.8	11	13	13
12-11	6.12	7.63	9	9
12-13	11	14	16	16
13-12	36	45	53	53

Çizelge 9.10. 3-3 Aksı Deprem Momentleri (1/2)

KESİT NO:	A.B.Y.Y.H.Y 1997 (1)	A.B.Y.Y.H.Y 1975 (2)	FARK (%)
1-4	102	100	+2
4-1	71	43	+65
2-5	165	115	+43
5-2	131	94	+39
3-6	102	113	-10
6-3	72	68	+6
4-11	33	44	-25
11-4	13	44	-70
5-7	58	79	-27
7-5	44	79	-44
6-8	29	68	-57
8-6	29	68	-57
7-9	29	41	-29
9-7	22	50	-56
8-10	7	41	-83
10-8	2	50	-96
9-12	17	22	-23
12-9	25	27	-7
10-13	79	20	+295
13-10	78	25	+212
4-5	101	89	+13
5-4	86	59	+46
5-6	101	115	-12
6-5	123	137	+10
7-8	50	120	-58
8-7	47	109	-57
9-10	39	72	-46
10-9	58	70	-17
11-12	13	44	-70
12-11	9	9	0
12-13	16	18	-11
13-12	53	25	+112



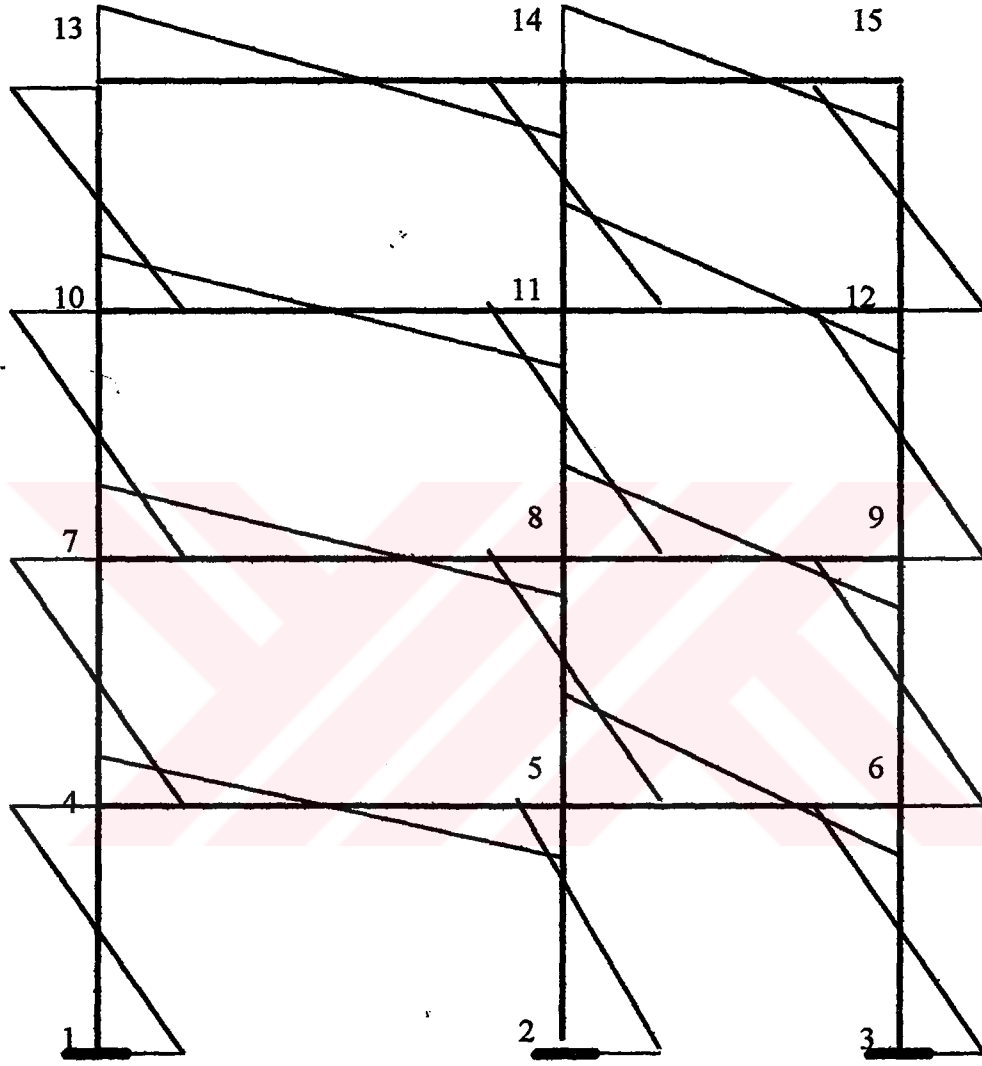
Şekil 9.28. 4-4 Aksı Deprem Momentleri

Çizelge 9.11. 4-4 Aksı Deprem Momentleri (Değişik Zemin Sınıfları İçin)

KESİT NO:	ZEMİN SINIFI			
	Z1	Z2	Z3	Z4
1-4	150	187	221	221
4-1	82	102	121	121
2-5	163	203	240	240
5-2	113	141	166	166
3-6	100	124	147	147
6-3	59	74	87	87
4-7	89	111	131	131
7-4	91	114	134	134
5-8	136	169	200	200
8-5	136	169	200	200
6-9	68	85	100	100
9-6	69	87	102	102
7-10	71	88	104	104
10-7	83	103	122	122
8-11	101	125	148	148
11-8	114	142	167	167
9-12	46	58	68	68
12-9	48	60	71	71
10-13	24	30	35	35
13-10	24	30	36	36
11-14	37	46	54	54
14-11	39	48	57	57
12-15	21	26	31	31
15-12	21	26	31	31
4-5	143	178	210	210
5-4	117	146	172	172
5-6	77	96	113	113
6-5	142	177	209	209
7-8	142	176	208	208
8-7	110	137	162	162
8-9	125	156	184	184
9-8	135	169	199	199
10-11	96	119	141	141
11-10	68	86	101	101
11-12	82	103	121	121
12-11	102	127	150	150
13-14	24	30	35	35
14-13	18	23	27	27
14-15	21	25	30	30
15-14	29	36	42	42

Çizelge 9.12. 4-4 Askı Deprem Momentleri (1/2)

KESİT NO:	A.B.Y.Y.H.Y 1997 (1)	A.B.Y.Y.H.Y 1975 (2)	FARK (%)
1-4	221	109	+103
4-1	121	66	+83
2-5	240	119	+102
5-2	166	97	+71
3-6	147	107	+37
6-3	87	68	+28
4-7	131	102	+28
7-4	134	102	+31
5-8	200	135	+48
8-5	200	135	+48
6-9	100	102	-2
9-6	102	102	0
7-10	104	70	+49
10-7	122	85	+44
8-11	148	93	+59
11-8	167	93	+80
9-12	68	70	-3
12-9	71	90	-21
10-13	35	22	+59
13-10	36	27	+33
11-14	54	27	+100
14-11	57	33	+73
12-15	31	22	+41
15-12	31	27	+15
4-5	210	168	+25
5-4	172	112	+54
5-6	113	113	0
6-5	209	168	+24
7-8	208	172	+21
8-7	162	116	+40
8-9	184	111	+66
9-8	199	172	+16
10-11	141	107	+32
11-10	101	61	+66
11-12	121	59	+105
12-11	150	107	+40
13-14	35	27	+30
14-13	27	17	+59
14-15	30	16	+88
15-14	42	27	+56



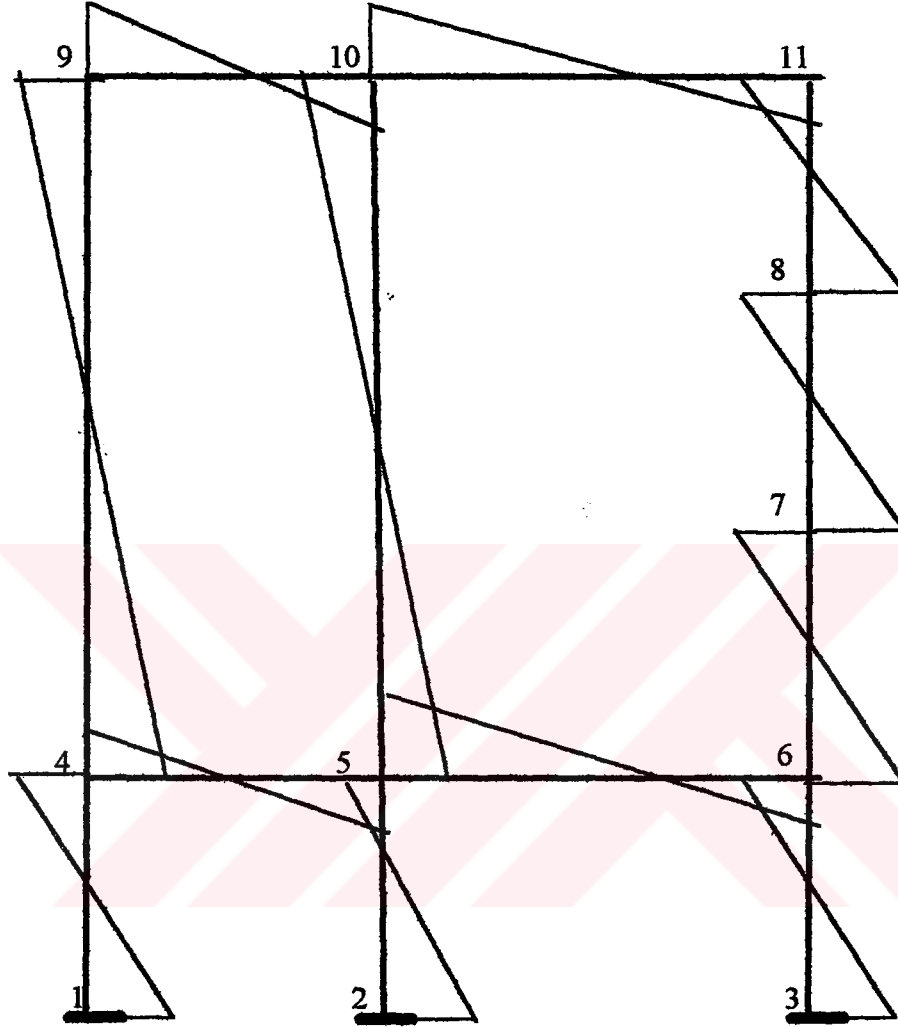
Şekil 9.29. 5-5 Aksı Deprem Momentleri

Çizelge 9.13. 5-5 Aksı Deprem Momentleri (Değişik Zemin Sınıfları İçin)

KESİT NO:	ZEMİN SINIFI			
	Z1	Z2	Z3	Z4
1-4	61	75	89	89
4-1	55	69	81	81
2-5	193	241	284	284
5-2	138	172	203	203
3-6	175	218	257	257
6-3	99	124	146	146
4-7	53	66	78	78
7-4	53	66	77	77
5-8	146	182	215	215
8-5	147	183	216	216
6-9	64	80	94	94
9-6	71	88	104	104
7-10	45	56	66	66
10-7	46	58	68	68
8-11	107	134	158	158
11-8	122	152	179	179
9-12	48	60	71	71
12-9	52	64	76	76
10-13	22	28	33	33
13-10	21	26	31	31
11-14	35	43	51	51
14-11	38	47	56	56
12-15	16	19	23	23
15-12	16	19	23	23
4-5	91	114	134	134
5-4	128	159	188	188
5-6	151	188	222	222
6-5	169	211	249	249
7-8	94	117	138	138
8-7	125	156	184	184
8-9	138	172	203	203
9-8	148	185	218	218
10-11	68	85	100	100
11-10	76	94	111	111
11-12	91	114	134	134
12-11	115	143	169	169
13-14	21	26	31	31
14-13	17	21	25	25
14-15	21	26	30	30
15-14	31	38	45	45

Çizelge 9.14. 5-5 Aksı Deprem Momentleri (1/2)

KESİT NO:	A.B.Y.Y.H.Y 1997 (1)	A.B.Y.Y.H.Y 1975 (2)	FARK (%)
1-4	89	78	+14
4-1	81	47	+72
2-5	284	106	+168
5-2	203	87	+133
3-6	257	84	+206
6-3	146	69	+112
4-7	78	84	-7
7-4	77	84	-8
5-8	215	121	+78
8-5	216	121	+79
6-9	94	97	-3
9-6	104	97	+7
7-10	66	55	+20
10-7	68	62	+10
8-11	158	74	+114
11-8	179	91	+97
9-12	71	70	+1
12-9	76	85	-11
10-13	33	18	+83
13-10	31	22	+41
11-14	51	26	+96
14-11	56	31	+81
12-15	23	29	-21
15-12	23	25	-8
4-5	134	130	3
5-4	188	86	+119
5-6	222	122	+82
6-5	249	166	+50
7-8	138	134	+3
8-7	184	81	+127
8-9	203	114	+78
9-8	218	167	+31
10-11	100	80	+25
11-10	111	48	+131
11-12	134	68	+97
12-11	169	106	+59
13-14	31	22	+41
14-13	25	13	+92
14-15	30	18	+67
15-14	45	25	+80



Şekil 9.30. 6-6 Aksı Deprem Momentleri

Çizelge 9.15. 6-6 Aksı Deprem Momentleri (Değişik Zemin Sınıfları İçin)

KESİT NO:	ZEMİN SINIFI			
	Z1	Z2	Z3	Z4
1-4	68	85	100	100
4-1	65	81	95	95
2-5	157	96	231	231
5-2	137	171	202	202
3-6	129	160	189	189
6-3	78	97	114	114
4-9	48	59	70	70
9-4	18	23	27	27
5-10	102	127	150	150
10-5	35	44	52	52
6-7	34	42	50	50
7-6	27	24	40	40
7-8	10	13	15	15
8-7	15	19	22	22
8-11	112	140	165	165
11-8	114	142	167	167
9-10	17	21	25	25
10-9	6.1	7.6	9	9
10-11	31	38	45	45
11-10	65	81	96	96
4-5	50	63	74	74
5-4	73	92	108	108
5-6	95	119	140	140
6-5	135	170	200	200

Çizelge 9.16. 6-6 Aksı Deprem Momentleri (1/2)

KESİT NO:	A.B.Y.Y.H.Y 1997 (1)	A.B.Y.Y.H.Y 1975 (2)	FARK (%)
1-4	100	94	+6
4-1	95	40	+138
2-5	231	112	+106
5-2	202	83	+143
3-6	189	107	+77
6-3	114	63	+81
4-9	70	42	+67
9-4	27	42	-36
5-10	150	58	+159
10-5	52	58	-10
6-7	50	58	-14
7-6	40	-	-
7-8	15	-	-
8-7	22	-	-
8-11	165	-	-
11-8	167	58	+188
9-10	25	42	-40
10-9	9	20	-55
10-11	45	39	+15
11-10	96	42	+129
4-5	74	83	-11
5-4	108	48	-83
5-6	140	94	+49
6-5	200	121	+65

9.4. Dinar Depremi İvme Kayıtları Esas Alınarak Yapılan Dinamik Analiz

9.4.1. Tepki Spektrumu

Bir depreme ait tepki spektrumu, bir serbestlik dereceli sistemlerin farklı frekansları ile, bu depreme tepkilerinin maksimumları arasında çizilen bir eğridir. Bu eğri, farklı sönüm oranları için çizilebilir. Bir serbestlik dereceli sistemin zorlanmış titreşim diferansiyel hareket denklemi

$$m(\ddot{x} + \ddot{y}) + c\dot{x} + kx = 0 \quad (9.23)$$

veya

$$\ddot{x} + \ddot{y} + 2\xi w \dot{x} + kx = 0 \quad (9.249)$$

şeklinde. Burada x , kütlenin tabana göre deplasmanı, y ise tabanın uzaydaki bir noktaya göre olan deplasmanıdır. $\xi = C/C_{cr}$ olarak sönüm oranı, w açısal frekans, k ise yay sabitidir.

w açısal frekansı ve ξ sönüm oranına sahip bir serbestlik dereceli sistemin $\ddot{y}$ deprem ivmesine tepkisi

$$x(t) = -\frac{1}{\omega_d} \int_0^t \ddot{y}(\tau) e^{-\xi\omega(t-\tau)} \sin \omega_d(t-\tau) d\tau \quad (9.25)$$

olarak Dahamel integrali ile hesaplanabilir.

Hız için

$$\dot{x}(t) = -\frac{1}{\omega_d} \int_0^t \ddot{y}(\tau) e^{-\xi\omega(t-\tau)} [-\xi\omega \sin \omega_d(t-\tau) + \omega_d \cos \omega_d(t-\tau)] d\tau \quad (9.26)$$

İvme içinse

$$\begin{aligned}\ddot{x}(t) + \ddot{y}(t) = & \frac{\omega^2(1-2\xi^2)}{\omega_d} \int_0^t \ddot{y}(\tau) e^{-\xi\omega(t-\tau)} \sin \omega_d(t-\tau) d\tau \\ & + 2\xi\omega \int_0^t \ddot{y}(\tau) e^{-\xi\omega(t-\tau)} \cos \omega_d(t-\tau) d\tau\end{aligned}\quad (9.27)$$

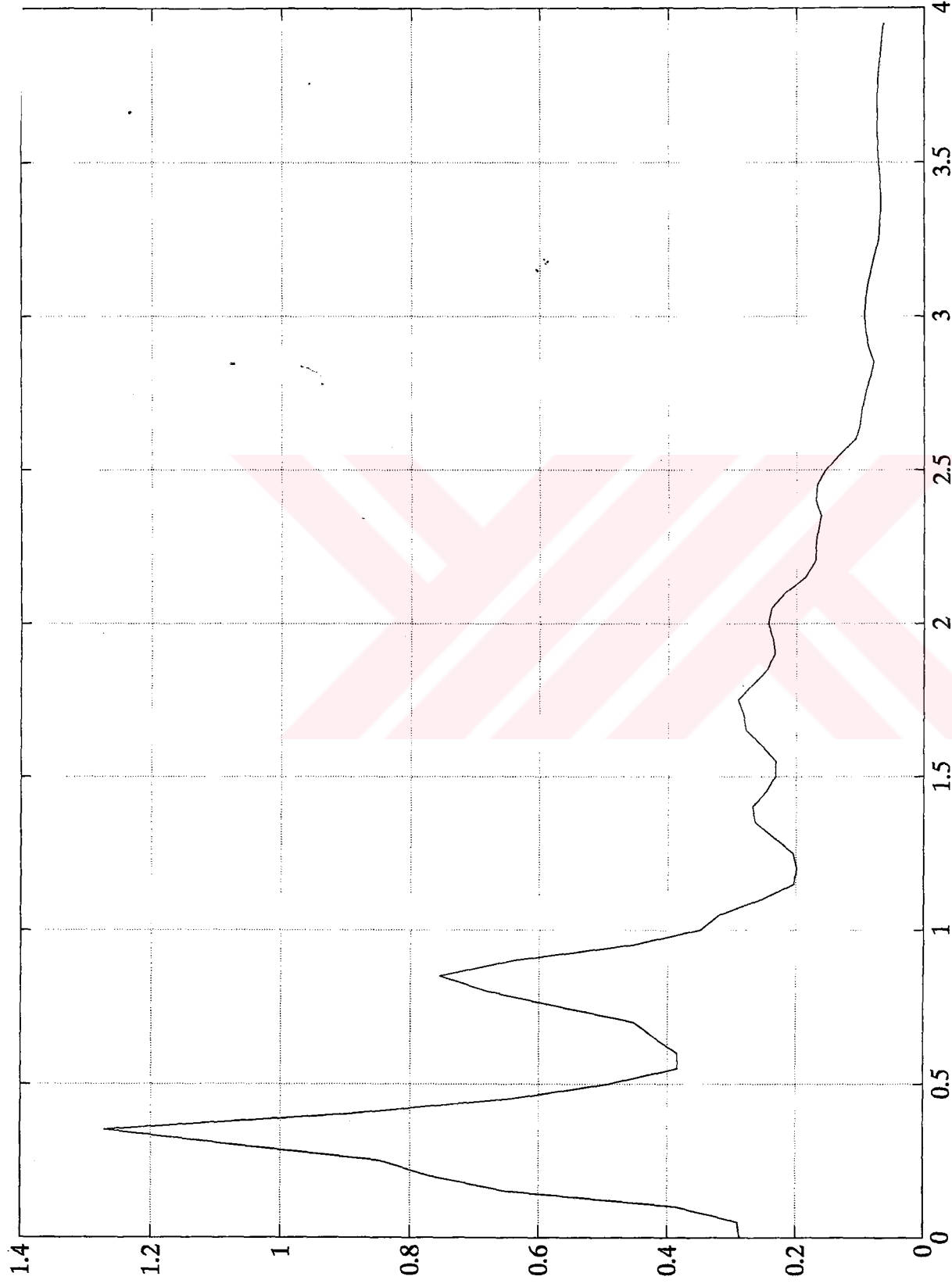
bulunur.

(9.27)'de; ξ için 0.05, $\ddot{y}$ içinse Dinar depremi yatay ivme kayıtları kullanılırsa Şekil 9.31 ve 9.32'de verilen ivme tepki spektrumları elde edilir. Deprem kayıtlarının ölçüldüğü zaman aralıkları boyunca, yer ivmesinin doğrusal değiştiği kabul edilmiştir.

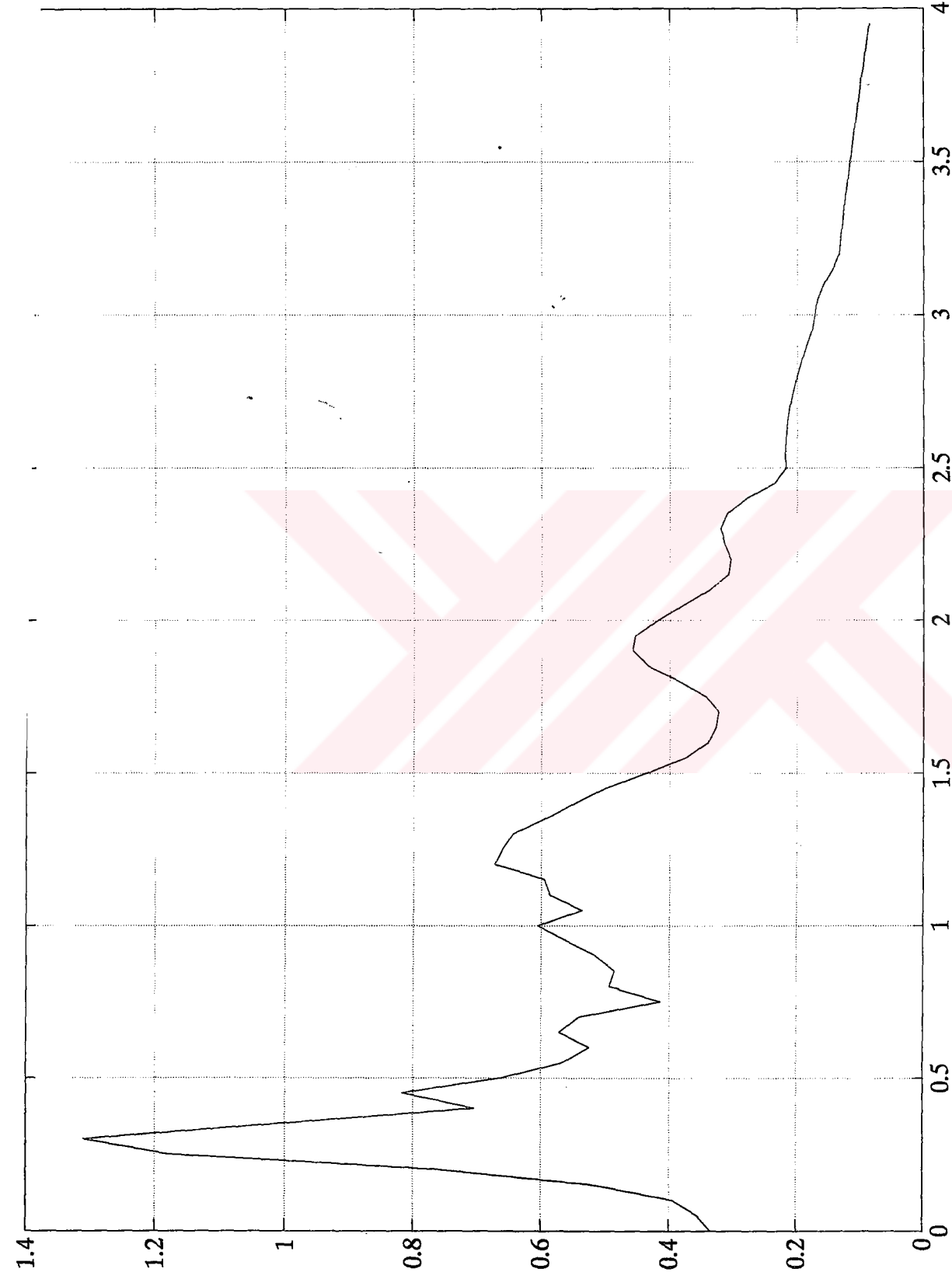
9.4.2. Dinamik Analiz

Deprem sırasında Dinar meteoroloji istasyonunda kaydedilen yer hareketi kayıtları kullanılarak, Dinar depreminin Kuzey-Güney ve Doğu-Batı bileşenlerine ait ivme spektrumları elde edilmiş ve analizde bu değerler kullanılmıştır. Bu işlemler sırasında eldeki kayıtlara bağlı olarak zaman aralığı 0.005s, sönüm oranı ise %5 olarak alınmıştır. Bu analizler sırasında etkin yer ivmesi, ölçülen en büyük ivme değeri olması sebebiyle 0.28g olarak alınmış, yapı önem katsayısı içinde 1 değeri kullanılmıştır.

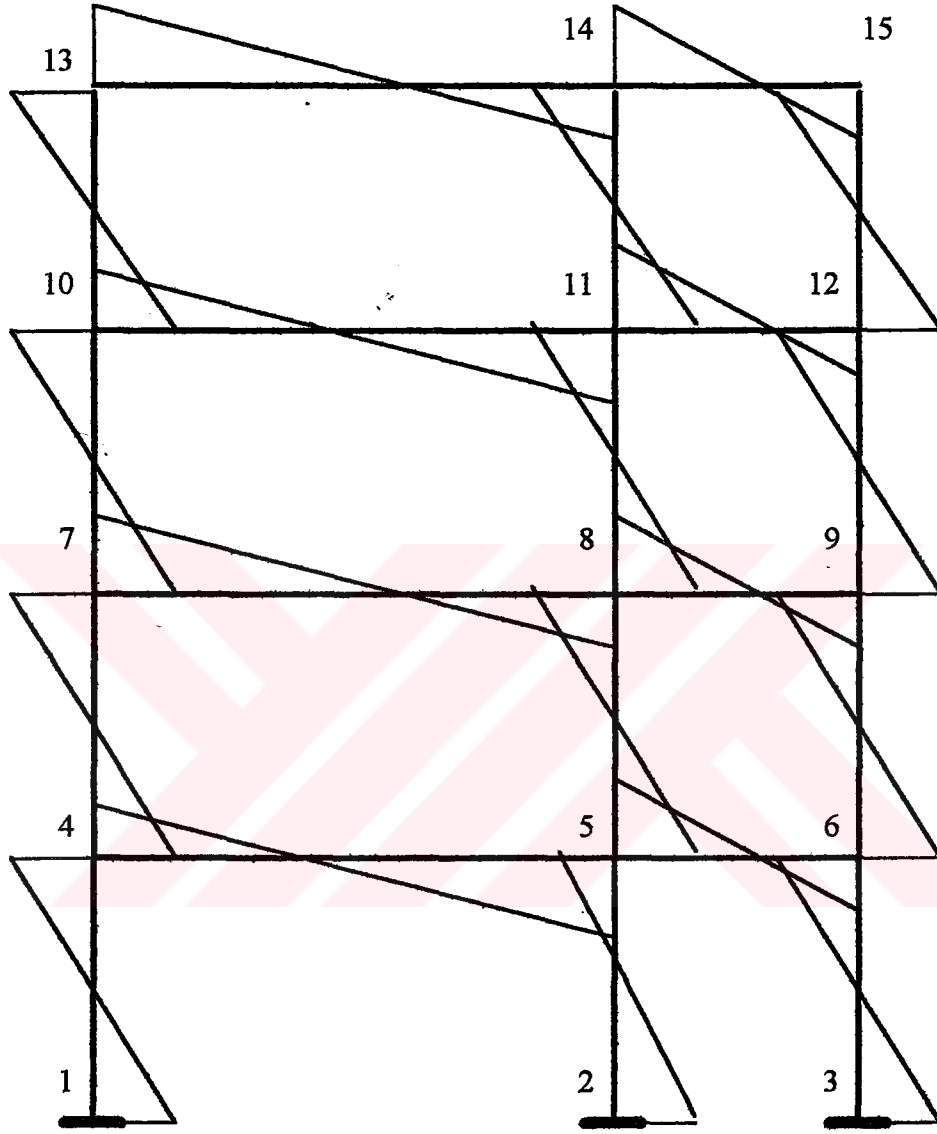
Analiz sonuçları, hem 1975 deprem yönetmeliğiyle elde edilen ve tasarımda esas alınan değerlerle, hem de 1997 deprem yönetmeliğiyle bulunan değerlerle karşılaştırılmış, son olarak da her üç durum için elde edilen değerler bir arada verilmiştir.



Şekil 9.31. Dinar Depremi Kuzey-Güney Bileşeni Tepki Spektrumu



Şekil 9.31. Dinar Depremi Doğu-Batı Bileşeni Tepki Spektrumu



Şekil 9.33. 1-1 Aksı Deprem Momentleri

Çizelge 9.17. 1-1 Aksı Deprem Momentleri (1/3)

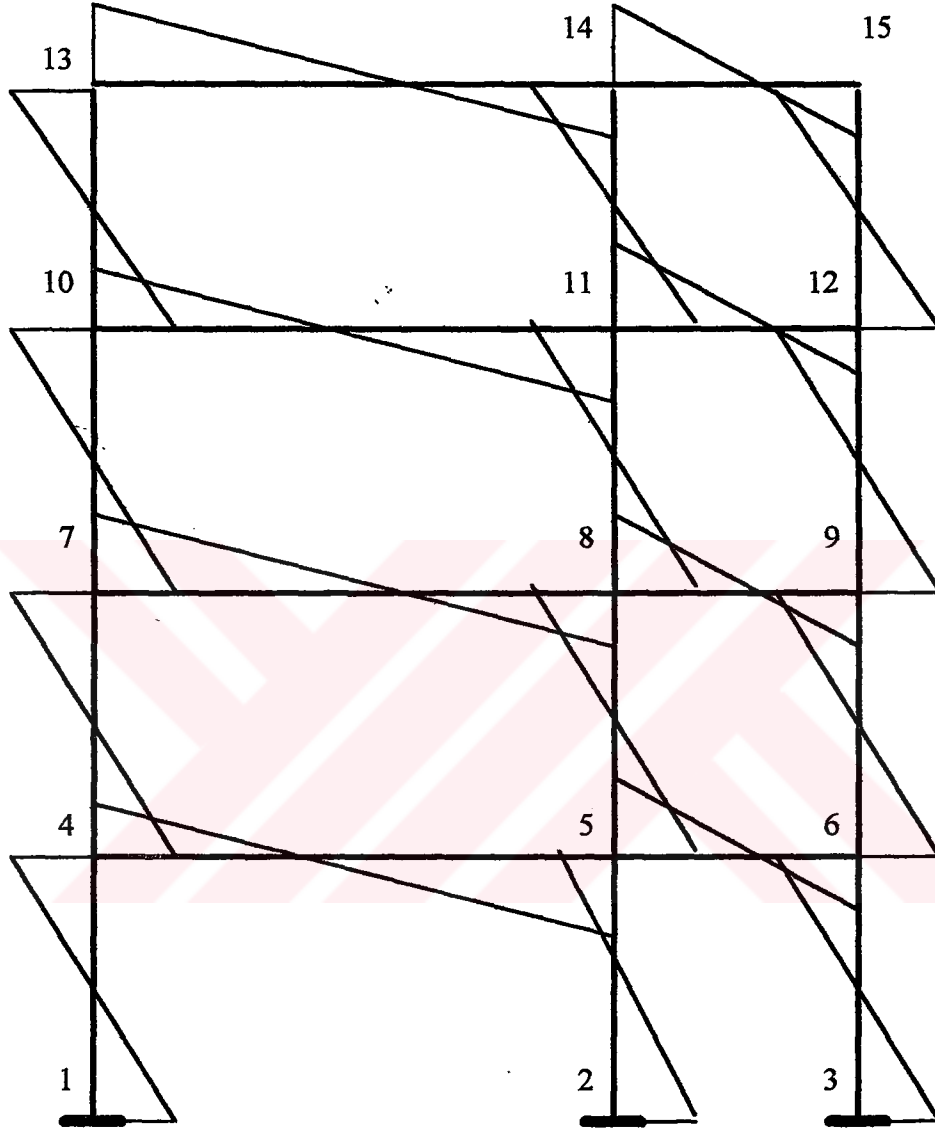
KESİT NO:	DEPREM MOMENTLERİ		
	A.B.Y.Y.H.Y 1997 (1)	DİNAR DEPREMİ (3)	FARK (%)
1-4	280	63	+344
4-1	123	29	+324
2-5	254	65	+291
5-2	209	47	+345
3-6	240	53	+352
6-3	132	29	+355
4-7	160	36	+344
7-4	150	33	+354
5-8	180	40	+350
8-5	179	40	+348
6-9	116	26	+346
9-6	115	27	+326
7-10	108	24	+350
10-7	134	30	+347
8-11	136	30	+353
11-8	145	32	+353
9-12	62	15	+313
12-9	67	16	+319
10-13	49	10	+390
13-10	52	11	+373
11-14	65	14	+364
14-11	66	14	+371
12-15	56	12	+367
15-12	56	12	+367
4-5	281	64	+339
5-4	210	47	+347
5-6	210	46	+357
6-5	268	59	+354
7-8	249	56	+344
8-7	185	41	+351
8-9	156	34	+359
9-8	188	42	+348
10-11	177	39	+354
11-10	129	28	+360
11-12	96	21	+357
12-11	135	30	+350
13-14	54	11	+390
14-13	39	8	+388
14-15	33	7	+371
15-14	53	11	+382

Çizelge 9.18. 1-1 Aksı Deprem Momentleri (2/3)

KESİT NO:	DEPREM MOMENTLERİ		
	A.B.Y.Y.H.Y 1975 (2)	DİNAR DEPREMİ (3)	FARK (%)
1-4	194	63	+208
4-1	44	29	+52
2-5	115	65	+77
5-2	94	47	+100
3-6	110	53	+108
6-3	66	29	+128
4-7	58	36	+61
7-4	58	33	+76
5-8	94	40	+135
8-5	94	40	+135
6-9	79	26	+204
9-6	79	27	+193
7-10	46	24	+92
10-7	53	30	+77
8-11	70	30	+133
11-8	70	32	+119
9-12	62	15	+313
12-9	62	16	+288
10-13	17	10	+70
13-10	21	11	+91
11-14	24	14	+71
14-11	30	14	+114
12-15	22	12	+83
15-12	26	12	+117
4-5	102	64	+59
5-4	69	47	+47
5-6	120	46	+161
6-5	145	59	+146
7-8	103	56	+84
8-7	60	41	+46
8-9	104	34	+206
9-8	141	42	+236
10-11	71	39	+82
11-10	35	28	+25
11-12	60	21	+186
12-11	84	30	+180
13-14	21	11	+91
14-13	12	8	+50
14-15	19	7	+171
15-14	26	11	+136

Çizelge 9.19. 1-1 Aksı Deprem Momentleri

KESİT NO:	DEPREM MOMENTLERİ		
	A.B.Y.Y.H.Y 1997 (1)	A.B.Y.Y.H.Y 1975 (2)	DİNAR DEPR. (3)
1-4	280	194	63
4-1	123	44	29
2-5	254	115	65
5-2	209	94	47
3-6	240	110	53
6-3	132	66	29
4-7	160	58	36
7-4	150	58	33
5-8	180	94	40
8-5	179	94	40
6-9	116	79	26
9-6	115	79	27
7-10	108	46	24
10-7	134	53	30
8-11	136	70	30
11-8	145	70	32
9-12	62	62	15
12-9	67	62	16
10-13	49	17	10
13-10	52	21	11
11-14	65	24	14
14-11	66	30	14
12-15	56	22	12
15-12	56	26	12
4-5	281	102	64
5-4	210	69	47
5-6	210	120	46
6-5	268	145	59
7-8	249	103	56
8-7	185	60	41
8-9	156	104	34
9-8	188	141	42
10-11	177	79	39
11-10	129	35	28
11-12	96	60	21
12-11	135	84	30
13-14	54	21	11
14-13	39	12	8
14-15	33	19	7
15-14	53	26	11



Şekil 9.34. 2-2 Aksı Deprem Momentleri

Çizelge 9.20. 2-2 Aksı Deprem Momentleri (1/3)

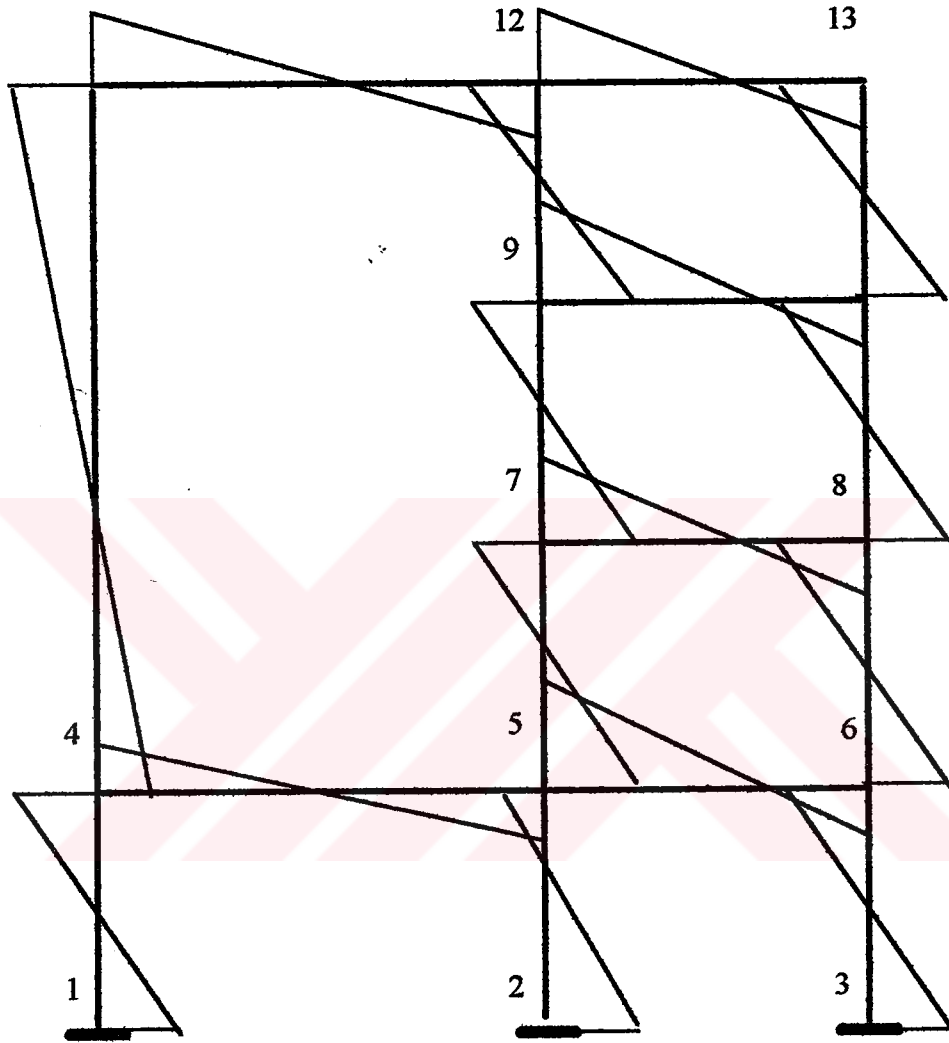
KESİT NO:	DEPREM MOMENTLERİ		
	A.B.Y.Y.H.Y 1997 (1)	DİNAR DEPREMİ (3)	FARK (%)
1-4	172	39	+341
4-1	86	20	+330
2-5	198	45	+340
5-2	141	33	+327
3-6	122	28	+336
6-3	76	18	+322
4-7	120	27	+344
7-4	125	28	+346
5-8	198	44	+350
8-5	209	45	+364
6-9	105	23	+357
9-6	108	24	+350
7-10	96	21	+357
10-7	110	25	+340
8-11	142	32	+344
11-8	153	34	+350
9-12	70	16	+338
12-9	74	16	+363
10-13	40	8	+400
13-10	38	9	+322
11-14	53	11	+382
14-11	53	12	+342
12-15	36	8	+350
15-12	36	8	+350
4-5	182	41	+344
5-4	166	37	+349
5-6	172	39	+341
6-5	195	44	+343
7-8	200	45	+344
8-7	187	42	+345
8-9	157	36	+336
9-8	182	41	+344
10-11	136	30	+353
11-10	129	29	+345
11-12	79	17	+365
12-11	120	27	+344
13-14	38	8	+375
14-13	32	7	+357
14-15	22	5	+340
15-14	37	8	+363

Çizelge 9.21. 2-2 Aksı Deprem Momentleri (2/3)

KESİT NO:	DEPREM MOMENTLERİ		
	A.B.Y.Y.H.Y 1975 (2)	DİNAR DEPREMİ (3)	FARK (%)
1-4	81	39	+108
4-1	49	20	+145
2-5	115	45	+156
5-2	94	33	+185
3-6	78	28	+179
6-3	43	18	+139
4-7	68	27	+152
7-4	68	28	+143
5-8	104	44	+136
8-5	104	45	+131
6-9	90	23	+291
9-6	90	24	+275
7-10	45	21	+114
10-7	53	25	+112
8-11	70	32	+119
11-8	70	34	+106
9-12	62	16	+288
12-9	62	16	+288
10-13	17	8	+113
13-10	21	9	+133
11-14	25	11	+127
14-11	30	12	+150
12-15	22	8	+175
15-12	27	8	+238
4-5	117	41	+185
5-4	72	37	+95
5-6	126	39	+223
6-5	133	44	+202
7-8	114	45	+153
8-7	64	42	+52
8-9	111	36	+208
9-8	152	41	+270
10-11	71	30	+137
11-10	35	29	+21
11-12	60	17	+253
12-11	84	27	+211
13-14	21	8	+163
14-13	11	7	+57
14-15	20	5	+300
15-14	27	8	+238

Çizelge 9.22. 2-2 Aksı Deprem Momentleri

KESİT NO:	DEPREM MOMENTLERİ		
	A.B.Y.Y.H.Y 1997 (1)	A.B.Y.Y.H.Y 1975 (2)	DİNAR DEPR. (3)
1-4	172	81	39
4-1	86	49	20
2-5	198	115	45
5-2	141	94	33
3-6	122	78	28
6-3	76	43	18
4-7	120	68	27
7-4	125	68	28
5-8	198	104	44
8-5	209	104	45
6-9	105	90	23
9-6	108	90	24
7-10	96	45	21
10-7	110	53	25
8-11	142	70	32
11-8	153	70	34
9-12	70	62	16
12-9	74	62	16
10-13	40	17	8
13-10	38	29	9
11-14	53	25	11
14-11	53	30	12
12-15	36	22	8
15-12	36	27	8
4-5	182	117	41
5-4	166	72	37
5-6	172	126	39
6-5	195	133	44
7-8	200	114	45
8-7	187	64	42
8-9	157	111	36
9-8	182	152	41
10-11	136	71	30
11-10	129	35	29
11-12	79	60	17
12-11	120	84	27
13-14	38	21	8
14-13	32	11	7
14-15	32	20	5
15-14	37	27	8



Şekil 9.35. 3-3 Aksı Deprem Momentleri

Çizelge 9.23. 3-3 Aksı Deprem Momentleri (1/3)

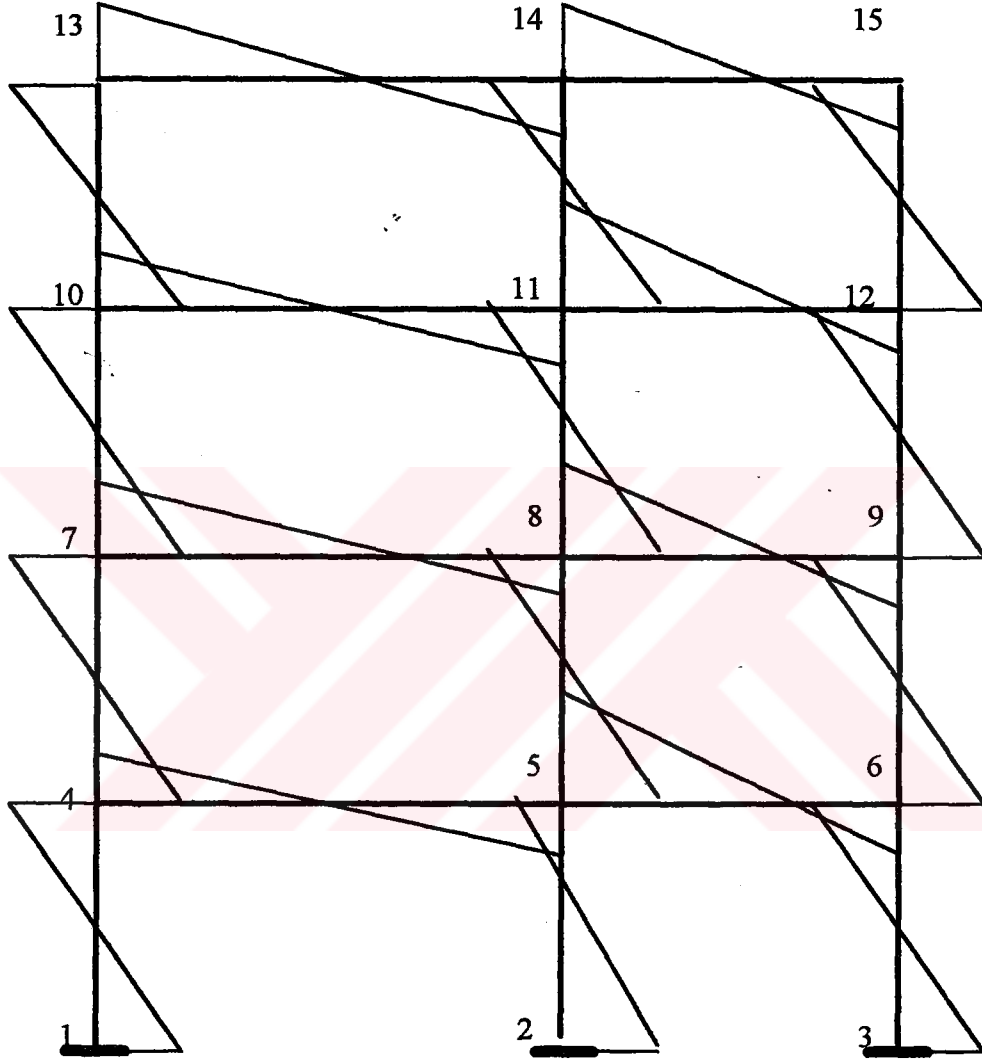
KESİT NO:	DEPREM MOMENTLERİ		
	A.B.Y.Y.H.Y 1997 (1)	DİNAR DEPREMİ (3)	FARK (%)
1-4	102	30	+240
4-1	71	22	+222
2-5	165	49	+237
5-2	131	39	+236
3-6	102	31	+229
6-3	72	22	+227
4-11	33	9	+267
11-4	13	4	+225
5-7	58	16	+263
7-5	44	12	+267
6-8	29	8	+263
8-6	29	8	+263
7-9	29	6	+383
9-7	22	8	+175
8-10	7	2	+250
10-8	2	1	+100
9-12	17	4	+325
12-9	25	6	+317
10-13	79	22	+259
13-10	78	22	+254
4-5	101	29	+248
5-4	86	25	+244
5-6	101	29	+248
6-5	123	35	+251
7-8	50	14	+257
8-7	47	13	+261
9-10	39	10	+290
10-9	58	15	+287
11-12	13	3.5	+271
12-11	9	2.7	+233
12-13	16	4	+300
13-12	53	14	+279

Çizelge 9.24. 3-3 Aksı Deprem Momentleri (2/3)

KESİT NO:	DEPREM MOMENTLERİ		
	A.B.Y.Y.H.Y 1975 (2)	DİNAR DEPREMİ (3)	FARK (%)
1-4	100	30	+233
4-1	43	22	+95
2-5	115	49	+135
5-2	94	39	+141
3-6	113	31	+265
6-3	68	22	+209
4-11	44	9	+389
11-4	44	4	+1000
5-7	79	16	+394
7-5	79	12	+558
6-8	68	8	+750
8-6	68	8	+750
7-9	41	6	+583
9-7	50	8	+525
8-10	41	2	+1950
10-8	50	1	+4900
9-12	22	9	+450
12-9	27	6	+350
10-13	20	22	-9.09
13-10	25	22	+14
4-5	89	29	+207
5-4	59	25	+136
5-6	115	29	+297
6-5	137	35	+291
7-8	120	14	+757
8-7	109	13	+738
9-10	72	10	+620
10-9	70	15	+367
11-12	44	3.5	+1157
12-11	9	2.7	+233
12-13	18	4	+350
13-12	25	14	+79

Çizelge 9.25. 3-3 Aksı Deprem Momentleri

KESİT NO:	DEPREM MOMENTLERİ		
	A.B.Y.Y.H.Y 1997 (1)	A.B.Y.Y.H.Y 1975 (2)	DİNAR DEPR. (3)
1-4	102	100	30
4-1	71	43	22
2-5	165	115	49
5-2	131	94	39
3-6	102	113	31
6-3	72	68	22
4-11	33	44	9
11-4	13	44	4
5-7	58	79	16
7-5	44	79	12
6-8	29	68	8
8-6	29	68	8
7-9	29	41	6
9-7	22	50	8
8-10	7	41	2
10-8	2	50	1
9-12	17	22	4
12-9	25	27	6
10-13	79	20	22
13-10	78	25	22
4-5	101	89	29
5-4	86	59	25
5-6	101	115	29
6-5	123	137	35
7-8	50	120	14
8-7	47	109	13
9-10	39	72	10
10-9	58	70	15
11-12	13	44	3.5
12-11	9	9	2.7
12-13	16	18	4
13-12	53	25	14



Şekil 9.36. 4-4 Aksı Deprem Momentleri

Çizelge 9.26. 4-4 Aksı Deprem Momentleri (1/3)

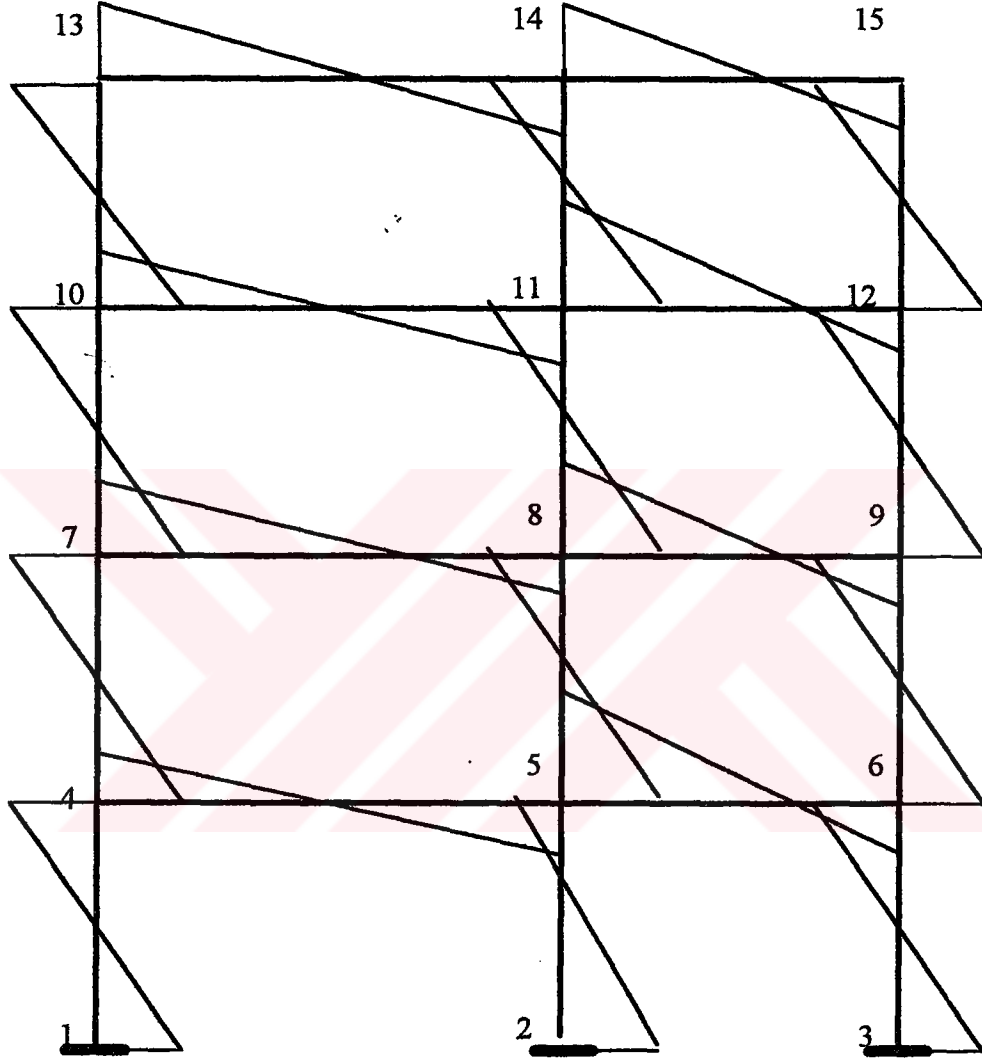
KESİT NO:	DEPREM MOMENTLERİ		
	A.B.Y.Y.H.Y 1997 (1)	DİNAR DEPREMİ (3)	FARK (%)
1-4	221	57	+288
4-1	121	30	+303
2-5	240	64	+275
5-2	166	65	+269
3-6	147	40	+268
6-3	87	25	+248
4-7	131	32	+305
7-4	134	33	+306
5-8	200	53	+277
8-5	200	54	+270
6-9	100	28	+257
9-6	102	28	+264
7-10	104	25	+316
10-7	122	30	+307
8-11	148	39	+279
11-8	167	44	+280
9-12	68	19	+258
12-9	71	20	+255
10-13	35	8	+339
13-10	36	9	+300
11-14	54	15	+260
14-11	57	15	+280
12-15	31	9	+244
15-12	31	9	+244
4-5	210	57	+268
5-4	172	47	+266
5-6	113	50	+126
6-5	209	55	+280
7-8	208	55	+278
8-7	162	45	+260
8-9	184	48	+283
9-8	199	52	+283
10-11	141	38	+271
11-10	101	28	+261
11-12	121	32	+278
12-11	150	39	+284
13-14	35	10	+250
14-13	27	7	+286
14-15	30	8	+275
15-14	42	11	+282

Çizelge 9.27. 4-4 Aksı Deprem Momentleri (2/3)

KESİT NO:	DEPREM MOMENTLERİ		
	A.B.Y.Y.H.Y 1975 (2)	DİNAR DEPREMİ (3)	FARK (%)
1-4	109	57	+91
4-1	66	30	+120
2-5	119	64	+86
5-2	97	45	+116
3-6	107	40	+168
6-3	68	25	+172
4-7	102	32	+219
7-4	102	33	+209
5-8	135	53	+155
8-5	135	54	+150
6-9	102	28	+264
9-6	102	28	+264
7-10	70	25	+180
10-7	85	30	+183
8-11	93	39	+138
11-8	93	44	+111
9-12	70	19	+268
12-9	90	20	+350
10-13	22	8	+175
13-10	27	9	+200
11-14	27	15	+80
14-11	33	15	+120
12-15	22	9	+144
15-12	27	9	+200
4-5	168	57	+195
5-4	112	47	+138
5-6	113	50	+126
6-5	168	55	+205
7-8	172	55	+212
8-7	116	45	+158
8-9	111	48	+131
9-8	172	52	+231
10-11	107	38	+182
11-10	61	28	+118
11-12	59	32	+84
12-11	107	39	+174
13-14	27	10	+170
14-13	17	7	+142
14-15	16	8	+100
15-14	27	11	+145

Çizelge 9.28. 4-4 Aksı Deprem Momentleri

KESİT NO:	DEPREM MOMENTLERİ		
	A.B.Y.Y.H.Y 1997 (1)	A.B.Y.Y.H.Y 1975 (2)	DİNAR DEPR. (3)
1-4	221	109	57
4-1	121	66	30
2-5	240	119	64
5-2	166	97	45
3-6	147	107	40
6-3	87	68	25
4-7	131	102	32
7-4	134	102	33
5-8	200	135	53
8-5	200	135	54
6-9	100	102	28
9-6	102	102	28
7-10	104	70	25
10-7	122	85	30
8-11	148	93	39
11-8	167	93	44
9-12	68	70	19
12-9	71	90	20
10-13	35	22	8
13-10	36	27	9
11-14	54	27	15
14-11	57	33	15
12-15	31	22	9
15-12	31	27	9
4-5	210	168	57
5-4	172	112	47
5-6	113	113	50
6-5	209	168	55
7-8	208	172	55
8-7	162	116	45
8-9	184	111	48
9-8	199	172	52
10-11	141	107	38
11-10	101	61	28
11-12	121	59	32
12-11	150	107	39
13-14	35	27	10
14-13	27	17	7
14-15	30	16	8
15-14	42	27	11



Şekil 9.37. 5-5 Aksı Deprem Momentleri

Çizelge 9.29. 5-5 Aksı Deprem Momentleri (1/3)

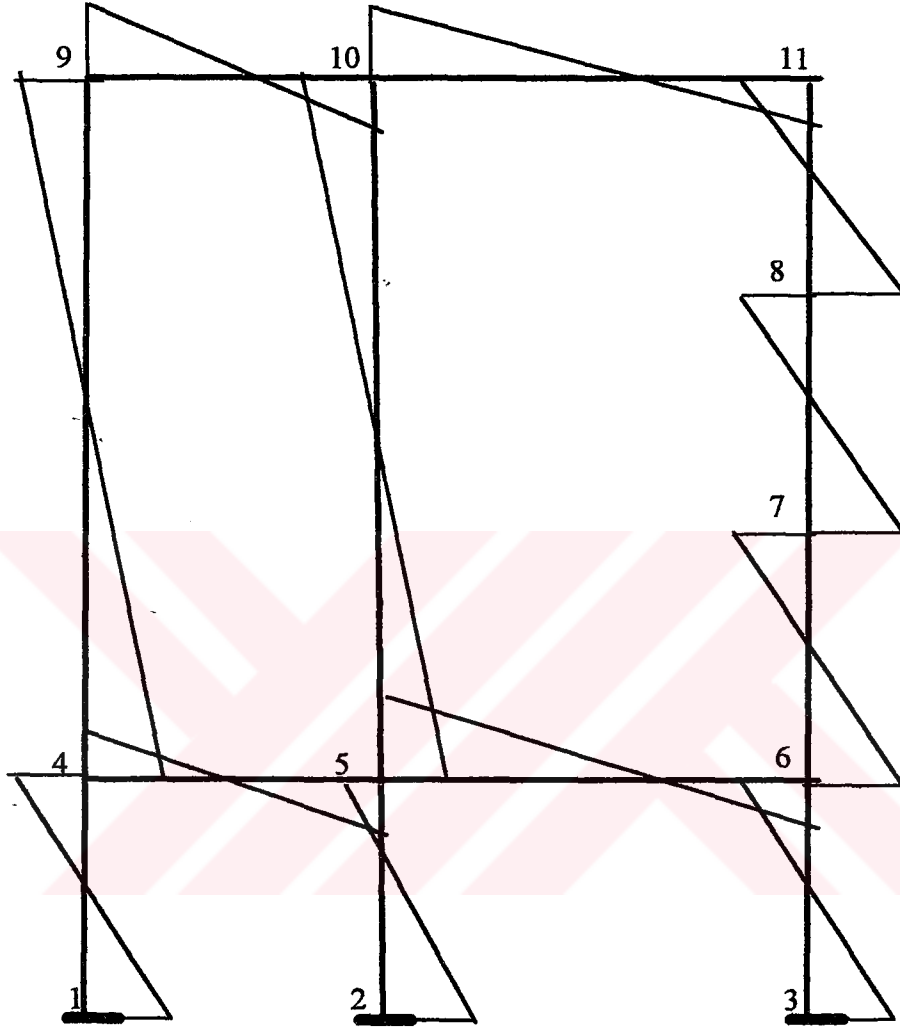
KESİT NO:	DEPREM MOMENTLERİ		
	A.B.Y.Y.H.Y 1997 (1)	DİNAR DEPREMİ (3)	FARK (%)
1-4	89	48	+85
4-1	81	35	+131
2-5	284	67	+324
5-2	203	48	+323
3-6	257	60	+328
6-3	146	34	+329
4-7	78	29	+169
7-4	77	29	+166
5-8	215	51	+322
8-5	216	51	+324
6-9	94	22	+327
9-6	104	24	+333
7-10	66	22	+200
10-7	68	24	+183
8-11	158	37	+327
11-8	179	42	+326
9-12	71	17	+318
12-9	76	18	+322
10-13	33	10	+230
13-10	31	10	+210
11-14	51	12	+325
14-11	56	13	+331
12-15	23	5	+360
15-12	23	5	+360
4-5	134	36	+272
5-4	188	45	+318
5-6	222	52	+327
6-5	249	59	+322
7-8	138	36	+283
8-7	184	44	+318
8-9	203	48	+322
9-8	218	52	+319
10-11	100	26	+285
11-10	111	26	+327
11-12	134	32	+319
12-11	169	400	+323
13-14	31	9	+244
14-13	25	6	+317
14-15	30	7	+329
15-14	45	11	+309

Çizelge 9.30. 5-5 Aksı Deprem Momentleri (2/3)

KESİT NO:	DEPREM MOMENTLERİ		
	A.B.Y.Y.H.Y 1975 (2)	DİNAR DEPREMİ (3)	FARK (%)
1-4	78	48	+63
4-1	47	35	+34
2-5	106	67	+58
5-2	87	48	+81
3-6	84	60	+40
6-3	69	34	+103
4-7	84	29	+190
7-4	84	29	+190
5-8	121	51	+137
8-5	121	51	+137
6-9	97	22	+341
9-6	97	24	+304
7-10	55	22	+150
10-7	62	24	+158
8-11	74	37	+100
11-8	91	42	+117
9-12	70	17	+312
12-9	85	18	+372
10-13	18	10	+80
13-10	22	10	+120
11-14	26	12	+117
14-11	31	13	+138
12-15	29	5	+480
15-12	25	5	+400
4-5	130	36	+261
5-4	86	45	+91
5-6	122	52	+135
6-5	166	59	+181
7-8	134	36	+272
8-7	81	44	+84
8-9	114	48	+133
9-8	167	52	+221
10-11	80	26	+208
11-10	48	26	+85
11-12	68	32	+113
12-11	106	40	+165
13-14	22	9	+144
14-13	13	6	+117
14-15	18	7	+157
15-14	25	11	+127

Çizelge 9.31. 5-5 Aksı Deprem Momentleri

KESİT NO:	DEPREM MOMENTLERİ		
	A.B.Y.Y.H.Y 1997 (1)	A.B.Y.Y.H.Y 1975 (2)	DİNAR DEPR. (3)
1-4	89	78	48
4-1	81	47	35
2-5	284	106	67
5-2	203	87	48
3-6	257	84	60
6-3	146	69	34
4-7	78	84	29
7-4	77	84	29
5-8	215	121	51
8-5	216	121	51
6-9	94	97	22
9-6	104	97	24
7-10	66	55	22
10-7	68	62	24
8-11	158	74	37
11-8	179	91	42
9-12	71	70	17
12-9	76	85	18
10-13	33	18	10
13-10	31	22	10
11-14	51	26	12
14-11	56	31	13
12-15	23	29	5
15-12	23	25	5
4-5	134	130	36
5-4	188	86	45
5-6	222	122	52
6-5	249	166	59
7-8	138	134	36
8-7	184	81	44
8-9	203	114	48
9-8	218	167	52
10-11	100	80	26
11-10	111	48	26
11-12	134	68	32
12-11	169	106	40
13-14	31	22	9
14-13	25	13	6
14-15	30	18	7
15-14	45	25	11



Şekil 9.38. 6-6 Aksı Deprem Momentleri

Çizelge 9.32. 6-6 Aksı Deprem Momentleri (1/3)

KESİT NO:	DEPREM MOMENTLERİ		
	A.B.Y.Y.H.Y 1997 (1)	DİNAR DEPREMİ (3)	FARK (%)
1-4	100	38	+163
4-1	95	23	+313
2-5	231	56	+312.5
5-2	202	49	+312
3-6	189	46	+311
6-3	114	29	+293
4-9	70	19	+268
9-4	27	9	+200
5-10	150	36	+317
10-5	52	12	+333
6-7	50	13	+284
7-6	40	10	+300
7-8	15	4	+275
8-7	22	2	+1000
8-11	165	39	+323
11-8	167	39	+328
9-10	25	6	+317
10-9	9	1	+800
10-11	45	11	+309
11-10	96	24	+300
4-5	74	18	+311
5-4	108	26	+315
5-6	140	34	+312
6-5	200	48	+317

Çizelge 9.33. 6-6 Aksı Deprem Momentleri (2/3)

KESİT NO:	DEPREM MOMENTLERİ		
	A.B.Y.Y.H.Y 1975 (2)	DİNAR DEPREMİ (3)	FARK (%)
1-4	94	38	+147
4-1	40	23	+74
2-5	112	56	+100
5-2	83	49	+69
3-6	107	46	+133
6-3	63	29	+117
4-9	42	19	+121
9-4	42	9	+367
5-10	58	36	+61
10-5	58	12	+383
6-7	58	13	+346
7-6	-	10	
7-8	-	4	-
8-7	-	2	-
8-11	-	39	-
11-8	58	39	+49
9-10	42	6	+600
10-9	20	1	+1900
10-11	39	11	+255
11-10	42	24	+75
4-5	83	18	+361
5-4	48	26	+85
5-6	94	34	+176
6-5	121	48	+152

Çizelge 9.34. 6-6 Aksı Deprem Momentleri

KESİT NO:	DEPREM MOMENTLERİ		
	A.B.Y.Y.H.Y 1997 (1)	A.B.Y.Y.H.Y 1975 (2)	DİNAR DEPR. (3)
1-4	100	94	38
4-1	95	40	23
2-5	231	112	56
5-2	202	83	49
3-6	189	107	46
6-3	114	63	29
4-9	70	42	19
9-4	27	42	9
5-10	150	58	36
10-5	52	58	12
6-7	50	58	13
7-6	40	-	10
7-8	15	-	4
8-7	22	-	2
8-11	165	-	39
11-8	167	58	39
9-10	25	42	6
10-9	9	20	1
10-11	45	39	11
11-10	96	42	24
4-5	74	83	18
5-4	108	48	26
5-6	140	94	34
6-5	200	121	48

SONUÇLAR VE ÖNERİLER

1) Yapılan analizlerde 1997 Deprem Yönetmeliği ile getirilen hesap kuralları sonucu bazı kesitlerde deprem momentlerinin, süneklik düzeyi normal sistemler için temel zemin cinsine bağlı olarak 1975 deprem yönetmeliğinin verdiği sonuçlara göre yaklaşık üç kat arttığı görülmüştür.

Yapının ancak rijit zemin (Z1,zemin sınıfı I) üzerinde bulunması durumunda taban kesme kuvvetinin, 1975 Deprem Yönetmeliği ile bulunan taban kesme kuvveti değerine yaklaştığı görülmüştür.

2) İncelenen yapıda, 1997 Deprem Yönetmeliğinde tanımlanmış olan yapısal düzensizlikler araştırılmış ve sadece burulma düzensizliği tespit edilmiştir. Tespit edilen bu düzensizlik X- doğrultusunda bütün katlarda ve bütün zemin sınıfları için geçerlidir.

İncelenen yapıda maksimum görelî kat ötelemeleri hesaplanmış ve yapının üzerinde bulunduğu zemin cinsi için X - doğrultusunda 2. kattaki maksimum görelî kat ötelemesinin 1997 Deprem Yönetmeliğinde verilen sınır değeri aştığı tespit edilmiştir. Bu tür bir taşıyıcı sistemi yönetmelik yeterince rijit kabul etmemekte ve rijitliğin arttırılarak deprem hesabının tekrarlanması öngörmektedir.

3) İncelenen yapının taşıyıcı sisteminin süneklik düzeyini 1997, Deprem Yönetmeliğinde verilmiş olan koşullara göre belirlemek amacıyla incelemeler yapılmış ve aşağıdaki sonuçlara ulaşılmıştır:

- Kolonların kirişlerden güçlü olması koşulu, yönetmeliğin öngördüğü sınırlarda sağlanmamaktadır.

- Kolon kesme kuvveti taşıma kapasiteleri çoğunlukla yeterlidir.

-Kiriş kesme kuvveti taşıma kapasiteleri ile kirişlerin enine donatı hesabına esas alınması gereken kesme kuvvetleri arasında önemli farklar vardır. Kiriş kesme kuvveti kapasiteleri

sadece 3. normal kat kirişlerinde, düşey yüklerin az olması nedeniyle, yeterlidir. Kirişlerin hemen hemen hepsinde kolon - kiriş birleşim bölgelerinde etriye aralığı 12.5 cm dir. Ancak etriye aralıkları 1997 Deprem Yönetmeliğinde süneklik düzeyi yüksek taşıyıcı sistemler için zorunlu kılınmış olan kesme kuvveti değeri ve hesap şekliyle bulunduğu beton kesitin kesme kuvveti taşıma gücü dikkate alınsa bile 12.5 cm' in altında kalmaktadır. Etriye aralığının 12.5 cm olması pekleşmeli eğilme momentinin eğilme momenti taşıma gücünün yaklaşık 1.10 - 1.25 katına yakın alınmasına karşılık geldiği hesaplanmıştır.

- Bütün bunlar dikkate alındığında böyle bir taşıyıcı sistemi 1997 Deprem Yönetmeliğine uygun hale getirmek için taşıyıcı sistemde yapılacak değişiklikler ne olursa olsun taşıyıcı sistem elemanlarının kesitlerinde önemli artışlar olacağı açıktır.

Bununla beraber 1997 Deprem Yönetmeliği 1. ve 2. derece deprem bölgelerinde taşıyıcı sistemi süneklik düzeyi normal çerçevelerden oluşan yapı yapılmasına izin vermemektedir.

- 1997 Deprem Yönetmeliği koşullarını sağlamasada 1975 Deprem Yönetmeliğine titizlikle uyularak tasarlanmış olan bu yapı 5.9 büyüklüğündeki bir depremde yönetmeliğin öngördüğü davranışı sergilemekte yeterli kalmıştır.

4) Gerek yapılan hesaplar gerekse yapının Dinar depremindeki performansı sorunun yapıların projelendirilmesi kadar uygulama sürecindeki denetimsizlikle ilgili olduğunu göstermektedir.

7) 1997 Deprem Yönetmeliğini uygulama zorunluluğu dikkate alındığında yapı tasarımında hassas davranılması gereken noktalar şöyle sıralanabilir;

- Yapının oturtulacağı zemin cinsi sağlıklı bir biçimde belirlenmelidir.
- Öncelikli hedef süneklik düzeyi yüksek yapı tasarlamak olmalıdır.
- Mümkün olduğunca düzenli taşıyıcı sistem oluşturarak, yapının geometrisi gereği ortaya çıkacak burulma etkileri en aza indirilmelidir.

- Kolon boyutları mümkün olduğunca sabit tutulmalı ve zayıf kat veya yumuşak kat oluşumu önlenmelidir.
- Kesit boyutları ve donatı miktarındaki artışı azaltmak için yüksek dayanımlı yapı malzemesi (beton ve çelik) kullanılmalıdır.



KAYNAKLAR

- 1) Afet İşleri Genel Md. Deprem Araştırma Dairesi, (1995), "1 Ekim 1995 Dinar Depremi Ön Raporu", Ankara
- 2) Celep, Z., Kumbasar, N., (1993), "Deprem Mühendisliğine Giriş ve Depreme Dayanıklı Yapı Tasarımı", İstanbul
- 3) Koçyiğit, A., (1984), "Güneybatı Türkiye ve Yakın Dolayında Levha İçi Yeni Tektonik Gelişim", Türkiye Jeoloji Kurumu Bülteni, pp.1-16
- 4) O.D.T.Ü. İnşaat Mühendisliği Bölümü Deprem Araştırma Merkezi, (1995), "1 Ekim 1995 Dinar Depremi Mühendislik Raporu", Ankara
- 5) Ohsaki, Y., (1991), "Deprem Dalgasının Spektral Analizine Giriş", (Çev:Muzaffer İpek), İstanbul.
- 6) Öztürk, A., (1982), "Tectonics of Dinar-Sandıklı-Işıklı Region", Communications of Faculty of Science, Univ. Of Ankara, pp.1-58
- 7) Sucuoğlu, H., Nurtuğ, A., (1995), "Earthquake Ground Motion Characteristic and Seismic Energy Dissipations", Earthquake Eng. And Struct. Dynamics, vol.24
- 8) Wilson, E., Habıbullah, A., (1989), "Sap 90 Users Manual"

ÖZGEÇMİŞ

Doğum Tarihi : 13 Ekim 1973

Doğum Yeri : Sarıkamış-KARS

Eğitim : 1987-1990 Tekirdağ Tuğlacılar Lisesi

1990-1994 Y.T.Ü. İnşaat Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü

