



T.C.
BAYINDIRLIK ve İSKÂN BAKANLIĞI
AFET İŞLERİ GENEL MÜDÜRLÜĞÜ
DEPREM ARAŞTIRMA DAİRESİ

DEPREM ARAŞTIRMA BÜLTENİ

32



Deprem Araştırma Bülteni (DAB)

*Bulletin of Earthquake Research
(Bull. Earthq. Res.)*



Ocak [January] / 1981
Cilt [Volume]: 8

Sayı [Issue]: 32

İÇİNDEKİLER [INDEX]

Sayfa [Page]

ARAŞTIRMA [RESEARCH]

Depreme Dayanıklı Betonarme Yapı Tasarımı Üzerine Notlar [Notes on Earthquake Resistant Reinforced Concrete Structure Design]

Nejat BAYÜLKE 1-52

ARAŞTIRMA [RESEARCH]

Kuzey Anadolu Fay Zonunda Deprem Kaynak Parametrelerinin Magnitüdle İlişkisi [The Relationship of Earthquake Source Parameters with Magnitude in the North Anatolian Fault Zone]

Ülben EZEN 53-77

ARAŞTIRMA [RESEARCH]

Batı Anadolu'da Depremlerle Parametreleri Arasındaki İlişkiler [Relationships Between Earthquakes and Their Parameters in Western Anatolia]

Üstün KIYAK 78-98

**DEPREM
ARAŞTIRMA
ENSTİTÜSÜ
BÜLTENİ**

32

**DEPREM
ARAŞTIRMA
ENSTİTÜSÜ
BÜLTENİ**

32

**DEPREM ARASTIRMA
ENSTITÜSÜ BÜLTENİ**



Üç Ayda Bir Yayınlanır
Bilim ve Meslek Dergisi



Sahibi

İmar ve İskan Bakanlığı adına
Oktay Ergünay
Deprem Araştırma Enstitüsü Başkanı



Yazı İşleri Müdürü

Hatice Orhun
Deprem Araştırma Enstitüsü
Yayın ve Dökümantasyon Müdür V.



Yönetim Yeri ve Yazışma Adresi

Deprem Araştırma Enstitüsü
Başkanlığı Yüksel Caddesi No. : 7/B



Yenişehir/ANKARA



Telefon : 13 97 77 — 17 69 55



ERK Basımevi Tel. : 30 39 16



İlanlar Pazarlığa Tabidir.

Deprem Araştırma Enstitüsü Bülteni

YIL : 8

SAYI : 32

OCAK 1981

BU SAYIDA

Depreme Dayanıklı Betonarme Yapı Tasarımı Üzerine Notlar **Nejat BAYÜLKE**

Kuzey Anadolu Fay Zonunda Deprem - Kaynak Parametrelerinin Magnitütle İlişkisi **Dr. Ülben EZEN**

Batı Anadolu Depremlerle Parametreleri Arasındaki İlişkiler **Üstün KIYAK**

DEPREME DAYANIKLI BETONARME YAPI TASARIMI ÜZERİNE NOTLAR

Nejat BAYÜLKE (*)

SUMMARY

Practical details for the architectural and structural design of earthquake resistant reinforced concrete buildings are given. Details for the architectural conception of the buildings are given first. This is followed by the practical suggestions for the selection of the structural system so as to have good earthquake resistance. Details to increase the earthquake resistance of structural elements such as beams, columns, shear walls and floors are given next. Finally a few words on the earthquake resistant design of non-structural elements are expressed.

GİRİŞ :

Türkiye bir deprem ülkesidir. Yapıların depremde gelen yatay kuvvetlere karşı koyabilecek güçte olması gerekir. Yapıların 'Depreme Dayanıklı' olması can kaybının önlenmesi gereği ve mal güvenliği açısından zorunludur. Depreme dayanıklı yapı kavramı uyarınca yapıların olan depremin şiddetine göre çeşitli derecelerde hasar görmesi beklenir. Ancak olabilecek en şiddetli depremde bile can kaybı olmamalıdır. Bunun sağlanması için yapının sünek (düktil) olması gerekir. Sünekliğin sağlanması ise yapının taşıyıcı elemanlarının sünek olması ile gerçekleşir. Deprem Yönetmelikleri sünek elemanlar elde etmek için gereken ayrıntıları içerirler. İnşaat mühendisinin işi çoğunlukla verilen mimari plana göre taşıyıcı sistemi oluşturmak ve elemanlara diğer yükler yanında hesaplandığı deprem yüklerine göre donatı ve boyut kontrolü yapmaktır. Türkiye bir deprem ülkesi olmasına karşın yukarıda belirtilen bu deprem hesabı yapıları çok azında yapılmaktadır.

Yapı tasarımı mimari ve taşıyıcı sistem tasarımı olarak iki ayrı evrede düşünülmektedir. Mimari tasarım sırasında yapının kullanma amacına en uygun biçim ve planlar ortaya çıkarılmaktadır. Mimari tasarımda yapının kullanma amacı ve mimari sanat görüşü etkili olmaktadır. Mimari tasarım birçok açıdan taşıyıcı sistem tasarımı etkilemektedir. Mimari tasarımda yapının taşıyıcı sis-

(*) İmar ve İskân Bakanlığı Deprem Araştırma Enstitüsü, Yapı Bölümü Baş Mühendisi

teminin tipi, kullanılacak yapı malzemesi ve hatta taşıyıcı elemanların yaklaşık da olsa boyut ve yerleri ortaya çıkar. Mühendisin yaptığı taşıyıcı sistem tasarımında, yapının kullanma amacından, kendi ağırlığından, rüzgar deprem ve benzeri dış etkilerin doğurduğu yüklerin saptanması ve saptanan yüklerin çeşitli yapı elemanlarında oluşturduğu etkiler, elemanlara konulacak donatıların miktarı ve yerleştirme biçimi ve elemanların bu durumları ile yeterli olup olmadığının kontrolü yapılır ve yapının temel sistemi boyutlandırılır.

Mimari tasarımın büyük ölçüde taşıyıcı sistem tasarımına etkili olabilmesinin sonucu çoğu zaman mühendisin yapacağı taşıyıcı sistem tasarımındaki özgürlüğünü kısıtlamaktadır. Bu durum depreme dayanıklı taşıyıcı sistem tasarımı açısından da geçerlidir.

Mühendisin yaptığı taşıyıcı sistem tasarımında taşıyıcı elemanlara deprem etkilerini karşılayabilecek kesit ve donatı konulması yapının depreme dayanıklı olması bakımından yeterli olmamaktadır. Mimari tasarım sırasında dikkat edilecek bazı kurallar taşıyıcı sistemin depreme dayanıklı tasarımını kolaylaştıracak, yapının daha ekonomik olmasını sağlayacaktır.

Bu yazıda betonarme yapıların depreme dayanıklılığını artıracak pratik ayrıntılar üzerinde durulacaktır. Yapının bir bütün olarak planda ve yükseklik boyunca biçimlendirilmesi sırasında mimarların uyması gereken depreme dayanıklılığı artırıcı ayrıntılardan sonra, inşaat mühendisinin yapı elemanlarının boyutlandırmasını yaparken dikkat etmesi gereken kurallar üzerinde durulacaktır. En son bir bölümde de yapıdaki taşıyıcı olmayan elemanlar ve yapı içindeki eşyaların korunması konusu ile ilgili ayrıntılar ele alınacaktır.

Depreme dayanıklı yapı tasarımını depreme dayanıklı mimari tasarım ve taşıyıcı sistem tasarımı diye ikiye ayırmak yerine mimar ve mühendisin tasarım sırasında ortaklaşa çalışmalarını, kendi problemlerini birbirlerine danışarak çözmeleri, mimari tasarım yapılırken taşıyıcı sistemin de bir ölçüde saptanması için karşılıklı etkileşimde bulunmaları çok daha ideal bir yaklaşım olarak görülmektedir. Böylece mimari problemler ile taşıyıcı sistemin deprem açısından karşılaşılabileceği problemler daha işin başından ortaya çıkarılabilecek ve ortak bir çözüme varmak kolaylaştırılacaktır.

DEPREME DAYANIKLI MİMARİ TASARIM KURALLARI

Yapı Hafif Olmalıdır,

Depremlerde yapılara gelen kuvvetler yapının ağırlığı ile orantılıdır. Yapı ne kadar hafif olursa yapıya gelecek deprem kuvvetleri daha az olacaktır. Ancak bu kesitlerin küçük tutulması ile sağlanmış ise yapı aynı zamanda esnek olacağından yatay yükler altında yapının büyük ötelemeler yapması olasılığı vardır. Büyük yatay ötelemeler de ikinci mertebeden momentler oluşmasına yol açtıklarından kesitlere gelen etkiler artacak ve yapının göçme olasılığı çoğalacaktır.

Sürekli taşıyıcı duvarlar ve çok büyük kesitli kolonların bulunmadığı geniş ve büyük hacimlerin bulunması istenen yapılarda da yapının ağırlığının büyük olması kaçınılmaz olmaktadır. Bu depreme dayanıklı yapı kavramı ile gelişen bir mimari kıstasdır.

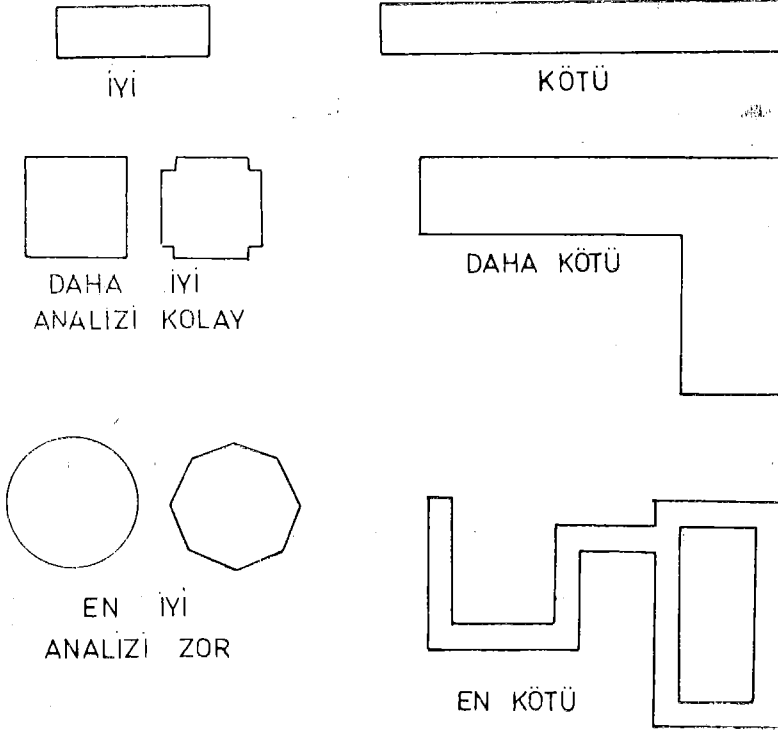
Betonarme bir yapının hafif olması için dolgu ve bölme duvarlarının elverişince hafif malzemeden yapılması gerekmektedir. Bunun yanında ağır süsleyici ayrıntılardan kaçınmak, örneğin balkonların önüne alt kata kadar sarkan korkuluk yapılması, üzerine çakıl serilmiş düz çatılar yapılması, kalın duvar kaplamalarının yapılması gibi ayrıntılardan kaçınmak gerekir. Tuğla yığma yapılar ağır yapılardır, bunlara büyük deprem kuvvetleri gelir.

Yapı Planda Basit ve Düzenli Olmalıdır :

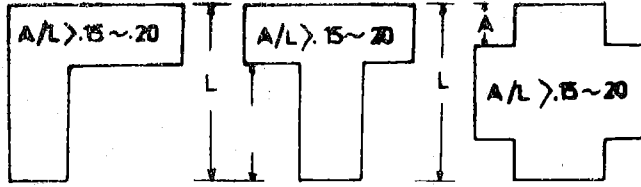
Çağımızın mimari estetik anlayışı kutu gibi, kare ve dikdörtgen, dairesel planı olan yapılara ters düşmektedir. Yapıların yatay kesit ve planlarının simetrik olmayan konumlarda olması bir mimari gerek olarak ileri sürülmektedir. Oysa basit ve simetrik yapıların hem deprem davranışı hemde depreme dayanıklılık açısından gerekli ayrıntıları daha kolay hesaplanabilmekte ve yapım sırasında sağlanabilmektedir. Basit ve simetrik olmayan yapılarda ise analizlerin güç olması sonucu statik ve dinamik çözümler çoğunlukla yaklaşık bir biçimde yapılmakta, bunun yanında bu tip yapılarda deprem sırasında burulma etkileri ortaya çıkmaktadır. Ayrıca planı basit olmayan yapılarda dış cephe alanları daha büyük olmaktadır. Bu pahalı dış cephe kaplama malzemesi gerektirmekte, dış cephelerden ısı kaybı artmakta, biçim düzensizliklerinin doğurduğu içeri ve dışarı dönük çok sayıda yapı kögesi bulunması çok karmaşık kalıp işçiliğine yol açmakta ek yerlerinde ve köşelerde su geçirimsizlik ve akıntı problemleri de doğurmaktadır. Kısaca planda basitlik, simetri ve düzen yokluğu yalnız depreme dayanıklılık değil mimari ve yapı ekonomisi açısından da sakıncalı olmaktadır.

Planda basitlik ve düzen sağlanmamış olmasının depremde doğuracağı burulma etkisi çok önemlidir. Depremde yapıya gelen kuvvetlerin etki ettiği nokta yapının kütle merkezidir. Burası bir bakıma yapının geometrik merkezidir. Rijitlik merkezi ise yapıdaki taşıyıcı elemanların (kolon ve perde duvar) rijitliklerinin ağırlıklı merkezidir. Bunların yerlerinin çok farklı oluşu yapıya gelen deprem kuvvetlerinin yapıyı rijitlik merkezinden geçen düşey bir eksen çevresinde bükmesine yol açar. Aslında rijitlikleri ile orantılı kuvvet almaları gereken taşıyıcı elemanlar, rijitlik merkezine olan uzaklıklarına göre bu burulma momentinin doğurduğu ek etkileride almağa başlarlar. Bunun sonucu bazı düşey taşıyıcı elemanlar çok büyük şekilde zorlanır. Planda basit ve simetrik olma kuralı açısından sakıncalı ve sakıncasız yapı biçimleri Şekil-1'de gösterilmektedir.

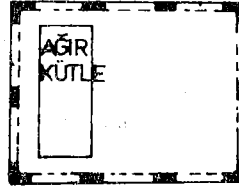
Deprem açısından en uygun biçim planı kare, daire olan yapılardır. Bunlar simetrik olduklarından her yönde aynı oranda deprem kuvvetine maruz kalırlar ve yine simetri nedeni ile her yönde aynı ölçüde dirençleri vardır. Dairesel yapı planı en ideali olmakla birlikte analizi, uygulanması ve mimari kullanım açısından güçlükler çıkarır. Fazla uzun olmama koşulu ile dikdörtgen yapı planı da basitlik ve simetri açısından uygundur. Plan alanı çok büyük olan yapılar simetrik konumları olsa bile sakıncalıdır. Çünkü bu tip yapıların döşeme plaklarında çok büyük yatay kuvvetler oluşur. Planda çok uzun yapılar ise yapı çevresinde büyük yatay kuvvetler oluşacağından sakıncalıdır. İçeri dönük köşeleri ve karmaşık planları olan yapılar bu köşelerde gerilme birikimi ve yapıda burulma etkileri oluşacağından sakıncalıdır. Bazen yapı kare yada dikdörtgen bir plana sahip olsa bile yapı içindeki plan düzensizlikleri sonucu



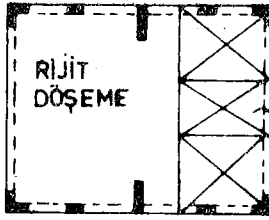
Şekil -1- DEPREM AÇISINDAN SAKINCALI VE SAKINCASIZ YAPI KONUMLARI



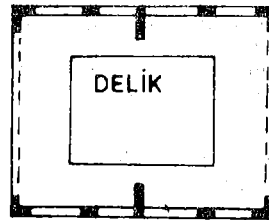
a) GEOMETRİK DÜZENSİZLİK



b) KİTLE VE RİJİTLİK DÜZENSİZLİKLERİ



ESNEK
DÖŞEME



c) DÖŞEME RİJİTLİKLERİNDE SÜREKSİZLİK

Şekil - 2- PLAN DÜZENSİZLİKLERİ

yine burulma etkileri oluşabilir. Örneğin düşey taşıyıcılar simetrik olarak dağıtılmamıştır yada ağırlıklar belli bölgelerde yoğunlaşmıştır. Şekil-2B. Bundan başka yatay kuvvetleri düşey elemanlara rijitlikleri ile orantılı olarak dağıtacağı varsayılan kat döşeme plaklarının kat düzlemi içinde değişik rijitlikleri, boşluk ve delikleri olması (Şekil-2C) sonucu bu görevi yapamayabilirler ve yine burulma etkileri oluşabilir.

L, T ve - gibi plan konumları olan yapılarda deprem sırasında çoğunlukla burulma etkilei olur. Çünkü bu yapılarda rijitlik merkezi ile kütle merkezi arasında önemli aralıklar vardır, ve düşey taşıyıcı elemanlar burulma zorlanmalarına da uğrayacaklardır. Bundan başka bu tip yapılarda içeriye dönük köşelerde bulunur. Bu köşelerde gerilim birikimleri oluşacak ve yapıda bu köşelerden başlayarak hasar gelişecektir. L, T, H ve - gibi konumları olan yapılarda kanatların fazla büyük olmaması bir ölçüde burulma etkilerinin boyutlarını azaltacağından bu kanat yapımından kaçınılması olanaksız ise bunların boyutlarının Şekil-2a'da verilen oranlarda tutulmasında büyük yarar vardır.

Burulma etkilerinin oluşmasını önleyebilmek için yapıyı derzler ile simetrik ve basit bölümlere ayırmak bir çözümdür. Ancak bu durumdaki yapı bölümlerinin dinamik özelliklerinin farklı oluşu sonucu birbirlerine çarpmaları ya da derzlerin iyi yapılmamış olması nedeni ile yapı bölümlerinin yine birlikte çalışması ve burulma etkilerinin ortaya çıkması olasılığı vardır. Gereken derz miktarı bazen 10 cm yada daha fazla olabilir. Üstelik yapılan deneyler ve gözlemlerden derzlerin yapım sırasında çeşitli döküntüler ile dolması nedeni ile yapı bölümleri arasında sürtünme ile kuvvet aktarımı olduğu gözlenmiştir. Bu durum derzlere karşın yine de burulma etkisinin oluşabileceğini göstermektedir.

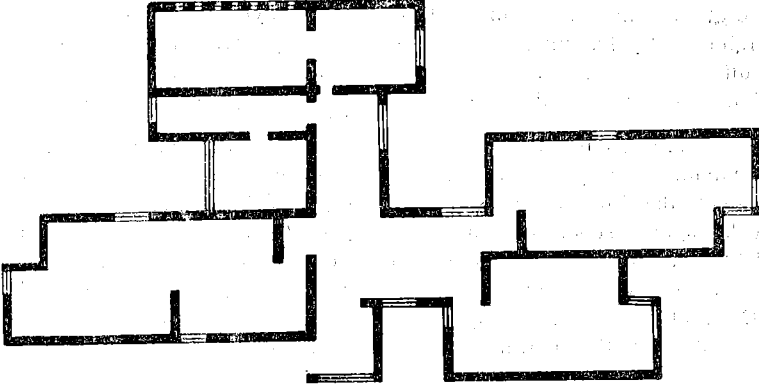
Yapının burulma oluşturabilecek bir biçimi olması istendiği durumda, yapı elemanlarına (kolon ve perde duvar) burulmayı taşıyabilecek donatı konulması ve boyutlarının bu duruma göre seçilmiş olması gerekir. Burulma etkilerinin ekonomik olarak karşılanabilmesi mimari tasarımdaki boyutların büyütülmesini gerektirebilir. Çünkü ne kadar donatı konulursa konulsun bir kesidin taşıyabileceği burulmadan doğan kesme gerilmesinin bir sınırı vardır ve kesidin boyutunun artırılmasından başka çözüm olmayabilir.

Konumları simetrik olmayan betonarme yapılarda bir ölçüye kadar burulma etkilerini karşılayacak önlemler alınabilirken, tuğla yığma yapılarda simetri yokluğundan doğan burulma etkilerine karşı önlem almak çok güçtür. Kesme dayanımları çok az olan tuğla yığma duvarların burulma etkisinden gelen ek gerilmeler altında daha da büyük ölçüde zorlanacakları bir gerçektir. Simetrik olmayan tuğla yığma yapıların depremlerde büyük hasar görmesi kaçınılmazdır. Şekil - 3.

Boyları çok uzun olan dikdörtgen kesitli yapılarda deprem açısından çok sakıncalıdır. Böyle yapılarda yapının çeşitli bölümlerinin dinamik davranışlarının farklı olması olasılığı yüksektir.

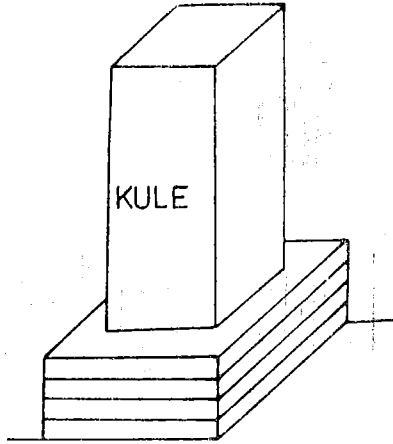
Yapıda Yükseklik Boyunca Basitlik, Simetri ve Düzenlilik Olmalıdır :

Yapıda alt kattan başlayarak en üst kata doğru ağırlık ve rijitlikte uyumlu bir gidış olmalıdır. Aynı yapının bölümleri arasında büyük yükseklik farkları



Şekil - 3 - DEPREM ACISINDAN ÇOK SAKINCALI BİR YAPI PLANI
YAPININ KANATLARINDA BÜYÜK BURULMA
ETKİLERİ OLACAKTIR.

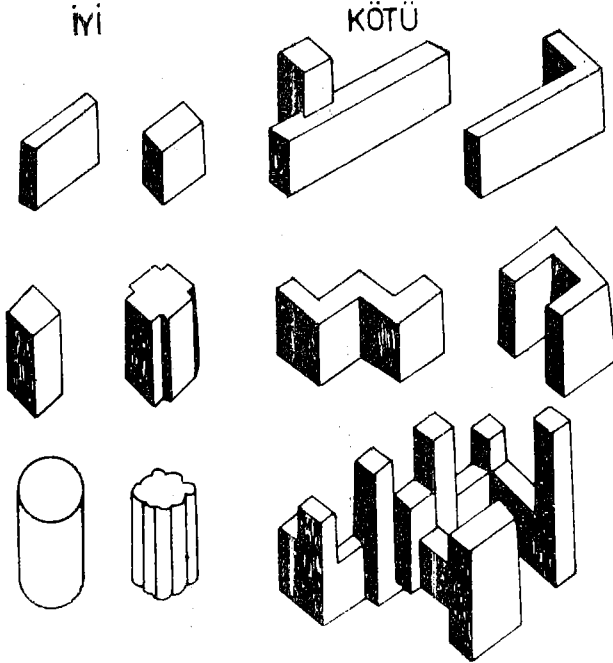
(Bu yapı 1965 Varta depreminde enkaz haline gelmiştir)



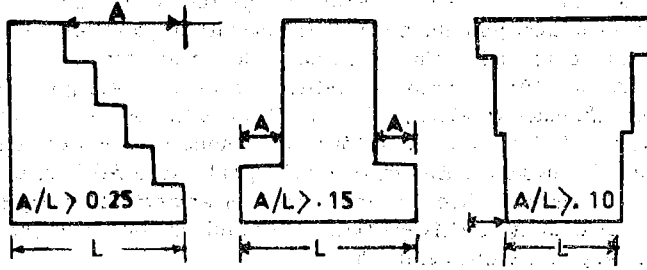
Şekil - 4 - ÜST KAT ALANI KÜÇÜLEN YAPIDA
KULE ALT DÜZEYİNDE BÜYÜK
GERİLMELER OLUŞUR

oimasi sakıncalıdır. Şekil-4'de verilen ana yapı üzerinde kule, çekme kat gibi alan olarak asıl yapıdan daha küçük ve yüksek bölümlerin depremde ana yapıdan farklı davrandıkları ve daha büyük yatay kuvvetlere maruz kaldıkları bilinmektedir. İlk birkaç katı alan olarak daha geniş bir alana oturan diğer katları kule gibi yükselen bu tip yapılarda yapı planının küçüldüğü düzeyde büyük gerilim birikimi ve bu düzeydeki döşemede büyük yatay kuvvetler oluşacaktır. Eğer bu tip bölümler oluşacaksa bunların yapıya ankastre bölümler olarak kabulü ve yaklaşık olarak ana yapıda kullanılan deprem kuvveti katsayısının iki katı kadar büyük bir yatay kuvvete göre hesaplanmaları gerekir.

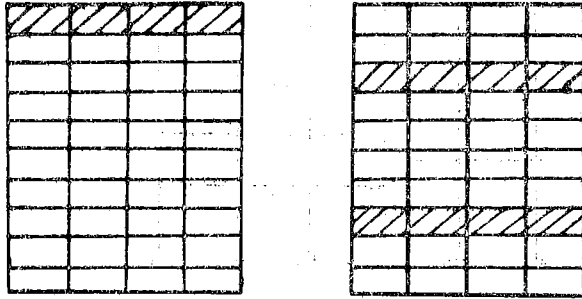
Şekil - 5'de deprem açısından iyi ve sakıncalı yapı biçimleri verilmektedir. Yapının narınlığı yani Yükseklik/en. yükseklik/boy oranlarının büyük olması yapıda büyük devrilme momentleri oluşturacağı gibi dış aks kolonlarına depremde çok büyük eksenel yüklerin de gelmesine yol açacaktır. Yapıda Yükseklik/genişlik oranı 3-4'den büyük olması taşıyıcı sistem tasarımında güçlük çıkarır. Yapıda düşey doğrultuda dış düzensizliklerin miktarı Şekil - 6'a'da gösterilenden fazla olmamalıdır. Yapının dış konumu simetrik olsa bile taşıyıcı sistemin rijitlik ve kütle dağılımındaki düzensizlikler yapıda tasarım problemi



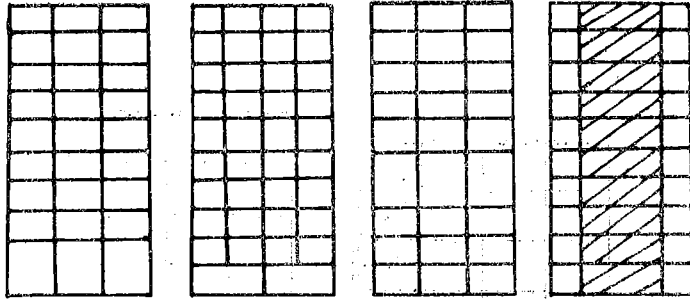
Şekil - 5 - DEPREM AÇISINDAN SAKINCALI VE SAKINCASIZ YAPI KONUMLARI
(Un, Disaster Relief Office, 1976)



a) GEOMETRİK DÜZENSİZLİKLER



b) KÜTLE DÜZENSİZLİKLERİ

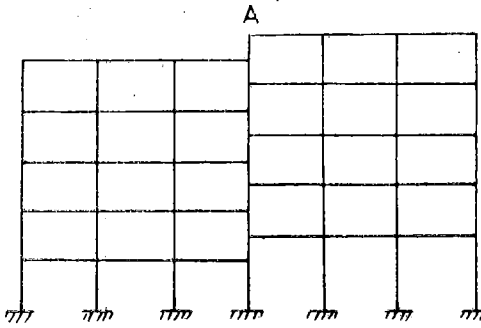


c) RİJİTLİK DÜZENSİZLİKLERİ

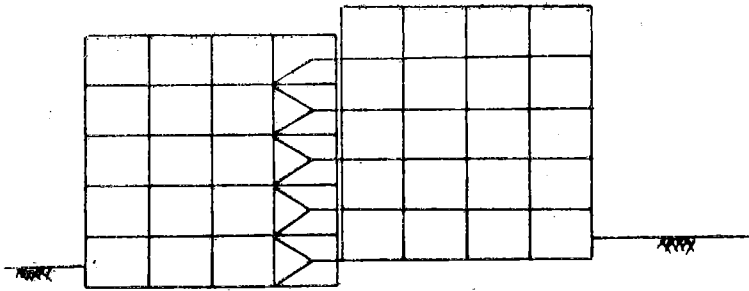
Şekil -6- DÜŞEY DÜZENSİZLİKLER

çıkabilir. Şekil - 6b ve c. Burada ötesinde rijitlik ve kütle düzensizliklerinin bulunduğu noktalarda bir deprem sırasında olağanüstü gerilim birikimleri oluşabilir.

Dupleks kat döşemeli yapılarda da bir rijitlik düzensizliği söz konusudur. Kat döşemelerinin ve kirişlerin farklı düzeylerde saplandıkları ortak kolonun bulunduğu yapı aksı yapının diğer kolon akslarına göre çok daha yüksek bir rijitliğe sahip olmaktadır. Çünkü bu aks kolonlarının boyları çok kısadır. Yapının bu aksının büyük yatay kuvvetlere maruz kalacağı göz önünde tutulup özel önlem alınması gerekir. Şekil - 7. Birbirinden derzler ile ayrılmış fakat kat düzeyleri farklı olan bitişik düzenli yapılarda deprem sırasında çarpışma olasılığı yüksektir. Kat düzeylerinin farklı oluşu belli düzeylerde her iki yapının farklı yatay ötelemeleri yapmasına yol açmaktadır. Eğer bu iki bitişik yapının birde dinamik özellikleri farklı ise yapıların birbirine çarpması ve hasar olması kaçınılmazdır. Şekil - 8.



Şekil 7 DUBLEKS BİR YAPININ A AKSINDA BÜYÜK DEPREM KUVVETLERİNİN OLUŞMASI MÜMKÜNDÜR



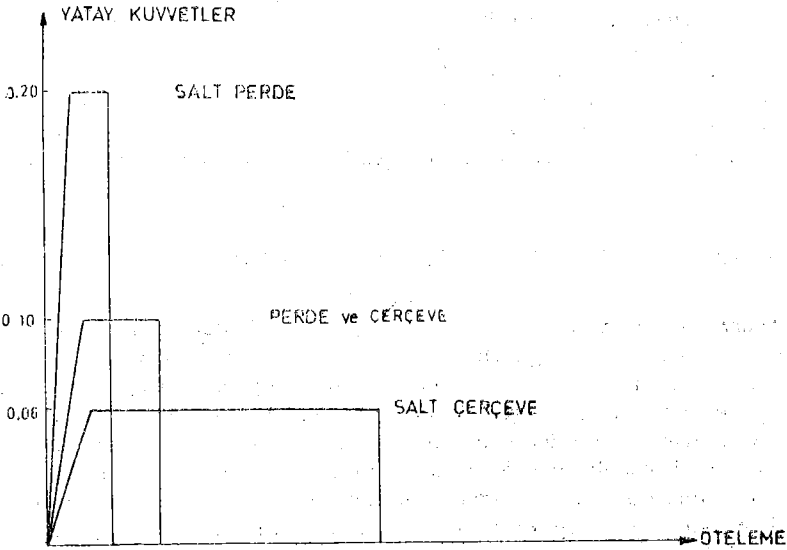
Şekil - 8 - BİTİŞİK NIZAMDA DUPEKS YAPILARIN BELLİ DÜZEYLERDEKİ ÖTELEMELERİ FARKLI OLACAĞINDAN ÇARPIŞACAKLARDIR

DEPREME DAYANIKLI TAŞIYICI SİSTEM TASARIMI :

Yerinde dökme betonarme yapıların taşıyıcı sistemleri i-salt perde duvar, ii-perde duvarları da olan çerçeveler ve iii-salt çerçeveli yapılar olarak ayrılabilir. Bunların herbirinin deprem kuvvetleri altındaki davranışları, depreme dayanıklı yapılmaları için gereken koşullar ve tasarım ve yapımları sırasında deprem açısından dikkat edilmesi gereken değişik noktaları vardır. Bu nedenle bu sistemler ayrı ayrı incelenecektir.

Taşıyıcı Sistemlerin Depremlerdeki Davranışları :

Bu üç tip betonarme yapı taşıyıcı sisteminin yatay yükler altındaki davranışları Şekil-9'da gösterilmektedir. Perde duvarlı yapılar çok rijit olurlar ancak düktiliteleri diğer tip taşıyıcı sistemlere göre azdır. Düktilite depreme dayanıklı yapılarda bulunması gereken önemli bir özelliktir. Kısaca yapının plastik olarak enerji yutma gücü ile elastik olarak enerji yutma gücü arasındaki orandır. Sünek yapıların plastik enerji yutma güçleri yüksek olurken, rijit yapıların ise elastik enerji yutma güçleri yüksektir. Perde duvarlı yapılar büyük yatay kuvvetlere karşı elastik olarak (çatlayıp hasar görmeden) karşı koyabilirler, ancak elastik limitleri aşıldıca hızla yıkılmaya doğru giderler. Salt



ŞEKİL 9 ÇEŞİTLİ TIP YAPILARIN YATAY KUVVETLER ALTINDA DAVRANIŞI

perde duvarlı yapıların hafif ve orta şiddetli depremlerde taşıyıcı sistemleri hasar görmediği gibi az yatay öteleme yaptıklarından içlerindeki eşyaların ve taşıyıcı olmayan yapı elemanlarının hasarını da önlerler. Bu durumdan yararlanılarak içinde değerli şeylerin saklandığı yapıların (müzeler gibi) ve önemli hizmetler gören yapıların (hastane, PTT merkezi gibi) yatay yükler altında fazla öteleme yapmayan salt perde duvarlı taşıyıcı sistemli olarak tasarlanması deprem açısından yararlıdır. Salt perde duvarlı yapıların bedeli daha yüksek olacaktır.

Salt çerçeve yapılar sünek (düktil) yapılardır, daha ekonomiktirler. Ancak hafif ve orta şiddetli depremlerde taşıyıcı sistemleri hasar görmese bile içlerindeki şeyler ve taşıyıcı olmayan bölümlerinde hasar olabilir. Çünkü taşıyıcı sistem büyük yatay ötelemeler yapacaktır ve bu ötelemeler büyük bir olasılık ile eşyaların ve taşıyıcı olmayan bölümlerin hasarına yol açacaktır. Salt çerçeve yapılar şiddetli depremlere kalıcı (plastik) deformasyon yaparak (hasar görerek) karşı koyarlar, büyük bir olasılık ile bu yapıların ekonomik ömürleri içinde beklenen en şiddetli depremlerde onarılmaz derecede hasar görmeleri söz konusudur. Perde duvarları da olan çerçeve yapılar hem ekonomi hemde yatay kuvvetler altında ötelemelerinin sınırlı olması açısından çok daha elverişlidirler. Ancak perde duvarların simetrik konumda olmaları ve perde-çerçeve bağlantısının yeterli olması gerekir. Perde duvar ve çerçeve yapılarda önce perde duvarlar hasar görür. Ancak Perde duvarların taşıma gücünün hasar nedeni ile azalmasından sonra çerçeve sistemi ikinci bir depreme dayanma çizgisi olarak devreye girer ve salt perde duvarlı yapılarda perdenin taşıma gücünün yitirmesinden sonra hızla ortaya çıkan göçme olasılığını önler. Bu perdelerde olan çerçeve sistemlerin bir diğer üstünlüğüdür.

Bu üç değişik taşıyıcı sistemin genel bir değerlendirilmesinden sonra her bir sistemin ne gibi durumlarda kullanılması ve ortaya çıkacak tasarım problemlerinin neler olduğu ve nasıl giderilebileceği üzerinde durulacaktır.

BETONARME ÇERÇEVELİ YAPILARIN DEPREME DAYANIKLI TASARIMI

Betonarme çerçeve yapılar şiddetli depremlere kalıcı deformasyon yaparak karşı koyarlar. Bu tip yapıların deprem kuvvetleri altında yatay ötelemeleri büyük olur. Bunun sonucu yapı içindeki eşyalar ve yapının taşıyıcı olmayan bölümlerinde orta şiddetli depremlerde bile büyük hasar olabilir. Betonarme çerçeve yapıların şiddetli depremlerde taşıyıcı elemanları çok büyük hasar görebilir. Hatta ekonomik ömürleri içinde bir kez olması beklenen en şiddetli depremde onarılmaz ölçüde hasar görmeleri beklenir. Bu nedenle de betonarme çerçeve yapıların küçük ve orta şiddetli depremlerin sık sık olmadığı deprem aktivitesi düşük ve şiddetli depremlerin ender olduğu bölgelerde yapılması uygun ve ekonomiktir. Bundan başka bir depremde gördüğü hasar nedeni ile onarılması sırasında bir süre kullanılmamasında sakınca pek olmayan konut, büro gibi yapılar için elverişlidir.

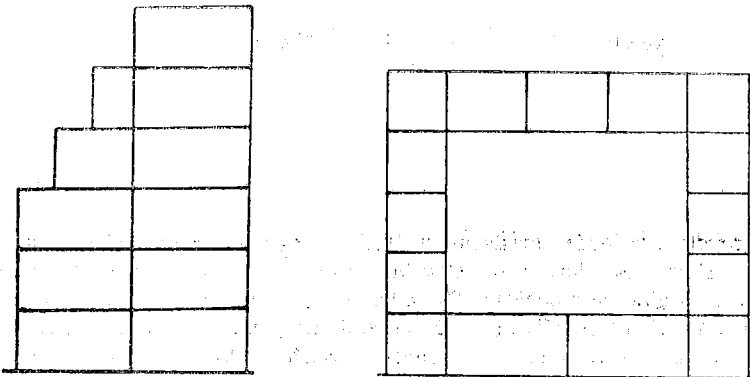
Betonarme çerçeve taşıyıcı sistemlerin yapılmasında dikkat edilmesi gereken unsurlar taşıyıcı sistem seçimi ve düzenlenmesi ve taşıyıcı elemanların (kolon ve kirişler) ayrıntıları ele alınacaktır. Burada çerçeve elemanları için

verilen koşullar aynı zamanda betonarme perde duvarları olan çerçeve yapılarıdaki kolon ve kirişler içinde geçerlidir.

Betonarme çerçeve yapılarda kolonlar ve kirişler rijit ek yerleri ile birbirlerine bağlıdır. Ek yerlerinde kolondan kirişe ve kirişten kolona yüklerin aktarılması olanağı vardır. Depremde yapıya gelen yüklerin etkisi ile yapı elemanlarından herhangi birinin bir kesidinde taşıma gücü aşıldığı ve deprem yükünün artmağa devam etmesi durumunda bu kesidin elastik limit yükünden fazlasını alamayacağı ve artan yükün diğer o ana kadar sağlam kalmış kesit yada elemanlara aktarılabilmesi kabul edilir. Bir kesidin taşıma gücüne ulaşması yapının yıkılmasına yol açmaz. Yapı bütün rijit ek yerlerinin mafsallaşarak izostatik duruma gelmesinden sonra stabilitesinin yitirerek göçebilir. Bunu önlemek yada geciktirmek için yapının mümkün olduğu kadar yüksek bir hipersatik derecede olması gerekir. Ayrıca kolon-kiriş ek yerlerinin rijit olması buraların mafsallaşması için çok daha fazla enerjiyi gerektirmektedir. Mafsallaşması için yüksek düzeyde enerji gerektiren ek yeri sayısı bir yapıda ne kadar çok ise o yapının enerjisi yüksek olan şiddetli depremlere yıkılmadan karşı koyması o kadar yüksek bir güvenlik içinde olacaktır.

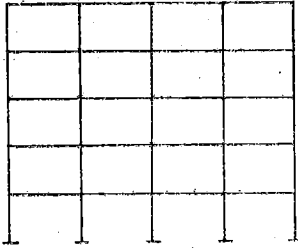
Çerçeve Sisteminin Düzenlenmesi :

Kolonların yapı planında her iki asal yönde bir doğru üzerinde yer almaları yararlıdır. Yapının düşey doğrultusunda da kolonların üst üste gelmeleri gerekir. Kirişlerin her katta bulunması ve böylece bir uzay çerçeve sistemi oluşturulması gerekir. Yoksa düzensiz ve asimetrik yapılar oluşacak ve deprem anında düzensiz ve belirsiz gerilmeler oluşacaktır. Alt ve üst katlardaki kolonların aynı doğrultuda olmamaları eksantrik etkiler doğuracaktır. Alt katlarda büyük açıklık hacimler bulunması da kritik bir durumdur ve özel önlemler düşünülmesini gerektirir. Şekil - 10. Bu tip yapılar Yönetmelikte taşıyıcı siste-

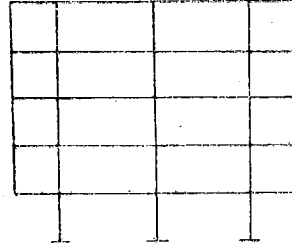


Şekil - 10 - ÇERÇEVE SİSTEMLERİ DÜZENSİZ YAPILAR.

mi düzensiz yapılar olarak nitelenmekte ve daha ağır ve ayrıntılı koşullara göre hesaplanıp düzenlenmeleri istenmektedir. İdeal olan bir çerçeve sistemi alt kattan başlayarak kolonları üst üste gelen ve kolon boyutlarında yapı yüksekliği boyunca uyumlu bir azalma olan çerçeve sistemleridir. Büyük konsol çıkınalı yapılar da deprem açısından uygun değildirler. Bunların alt katlarda hiperstatiklik dereceleri düşüktür, rijit birleşim yerleri azdır ve yapıda rijitlik zemin katında birinci kata göre daha azdır. Zemin katın bir üstteki kattan daha az rijit olması deprem sırasında zemin katın kolonlarının çok daha büyük ötelemeler yapmasına ve çok daha ağır hasar görmesine belkide bu katın timden yıkılmasına yol açabilmektedir. Şekil - 11'deki kolonları yapı yüksekliği boyunca sürekli olan çerçeve sistemi çok daha güvenlidir.



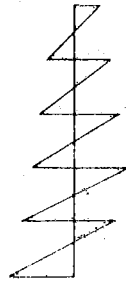
DEPREM AÇISINDAN İYİ
DÜZENLENMİŞ BİR
TASİYİCİ SİSTEM
I- HİPERSTATİK DERECEŚİ
YÜKSEK
II- ÜST KATLARA DOĞRU
AĞIRLIK AZALİYOR



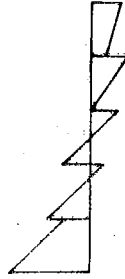
DEPREM AÇISINDAN İYİ
DÜZENLENMEMİŐ BİR TASİYİCİ
SİSTEM
I- HİPERSTATİK DERECEŚİ DÜŐUK
II- ÜST KATLARININ AĞIRLIĞI DAHA
YÜKSEK

ŞEKİL - 11 ÇERÇEVE SİSTEMLERİ

Çerçevesel yapılarda kirişlerin rijitlikleri bağlı oldukları kolonlardan daha yüksek olabilir. Bu durumda yatay kuvvetlerden oluşan momentler Şekil - 12a da görüldüğü gibi dağılacaktır. Betonarme yapıların yatay yükler altındaki hesabında çok kullanılan Muto'nun D yöntemi kirişlerin kolonlardan daha büyük rijitliğe sahip oldukları kabulü halinde gerçeğe yakın değerler vermektedir. Eğer kirişler kolonlardan daha az rijit ise Muto yöntemi ile bulunacak momentler gerçeğe yakın değildir ve bu durumlarda Muto yöntemi kullanılmamalıdır. Eğer kolonlar kirişlerden daha rijit ise kolonlardaki moment dağılımı Şekil - 12b'deki gibi olacaktır. Kolonların uç momentlerinin birbirine eşit yada çok yakın olduğu durumda kolon çok daha etkili kullanılmış olmaktadır.

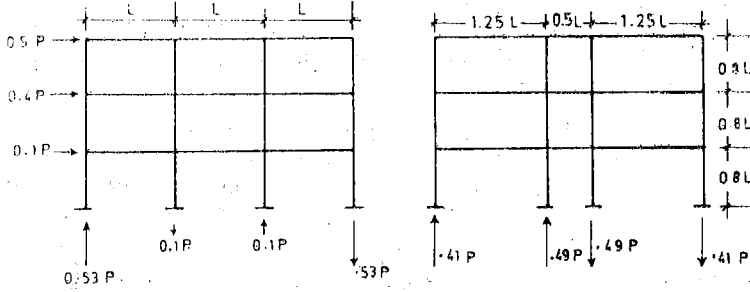


a) KIRISLER
KOLONLARDAN
DAHA RIJIT



b) KOLONLAR
KIRISLERDEN
DAHA RIJIT

ŞEKİL-12 KIRIS/KOLON RIJİTLİK ORANININ KOLON
MOMENT DAĞILIMINA ETKİSİ

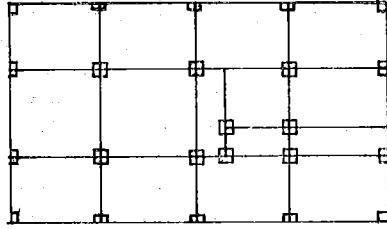


ŞEKİL-13 ÇERÇEVE AÇIKLIKLARININ DEPREMDEN
KOLONLARA GELEN DÜŞEY YÜKLERİN
DAĞILIMINA ETKİSİ

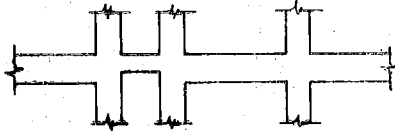
Betonarme yapıların depremlerde sünek bir davranış göstermesi kolonların taşıdığı eksenel yükler ile çok sıkı bir biçimde bağlıdır. Kolon eksenel yüklerinin küçük olması yüksek düktilite elde etmek için gereklidir. Genellikle iç aks kolonlarının düşey yükleri dış aks kolonlarına göre daha büyüktür. Bunun yanında yatay deprem kuvvetlerinden oluşan düşey yükler depremden kolonlara gelecektir. Kolonlarda yatay kuvvetlerin doğurduğu düşey yüklerin miktarı çerçeve açıklıklarına bağlıdır. Şekil - 13. Üç eşit açıklıklı bir çerçevede, yatay kuvvetlerin oluşturduğu düşey yükler dış akslarda daha büyük olmakta, yine üç açıklıklı fakat orta açıklığı az olan bir sistemde ise orta aks kolonlarına yatay yüklerden gelen düşey yükler daha büyük olmaktadır. İç aks kolonlarının yapının kendi ağırlığından gelen eksenel yükleri de büyük olduğundan birde depremden dolayı büyük eksenel yüklerin gelmesi iç aks kolonlarının durumunu daha da kritik yapabilir. Genellikle küçük bir açıklık kenarında olan kolonlara yatay yüklerden gelen düşey yüklerin daha yüksek olacağı bilinmesinde ve çerçeve sistemi oluşturulurken bu durumun dikkate alınmasında yarar vardır.

Şekil - 13b'de verilen çerçeve açıklıklarının farklı olması durumunda bütün kolonlara gelen eksenel yükler aynı düzeyde olmaktadır. Ancak bu arada ortadaki, çok kısa olması nedeni ile büyük rijitliği olan, giriş büyük kesme kuvvetlerine ve eğilme momentlerine maruz kalacaktır. Mimari kısıtlamalar sonucu Şekil - 14a'daki gibi bir çerçeve sistemin seçimi, eğer depremden gelen yükler fazla değil ve yapı alçak ise yeterlidir. Böyle bir durumda bütün girişleri aynı derinlikte yapmanın sakıncası yoktur. Daha yüksek yapılar ve orta şiddetli depremlerde ise ortadaki kısa girişte büyük kesme ve eğilme momenti etkilerinin oluşmasını önlemek için kısa girişin daha az derinlikte olması gerekir. Şekil - 14b. Yüksek yapılarda ve büyük deprem kuvvetleri söz konusu olduğu zaman açıklıklar arasındaki uyumu bozan orta kolondan vazgeçerek, elverdiğince bir örnek açıklıklardan oluşan daha basit bir çerçeve düzenine gitmekte yarar vardır. Şekil - 14c.

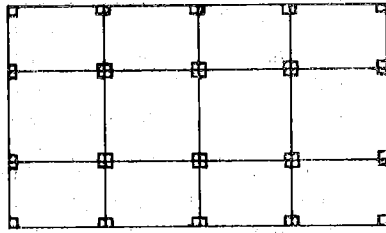
Betonarme çerçevesiz yapılarda, yatay elemanların (döşeme yada giriş) düşey elemanlardan daha önce göçmesi deprem açısından daha az sakıncalı olarak kabul edilmektedir. Bu şekilde yapının bir bütün olarak göçme olasılığı daha az olmaktadır. Giriş ve plaklar üzerinde plastik mafsallaşma olsa bile kolay kolay kopup düşmemektedirler. Bu elemanların plastik enerji yutma gücü kolonlara göre çok daha yüksektir. Oysa kolonlarda yatay kuvvetlerden dolayı kesitlerde çatlama, ezilme yada beton parçalarının dökülmesi sonucu zayıflama olursa, kolon hızla özellikle düşey yüklerden dolayı göçmeye ulaşmaktadır. Betonarme bir yapıda kolonlar girişlerden daha yüksek moment ve kesme kuvveti taşıyabilecek güçte yapılmış ise depremden dolayı gelen yükler altında kırılmalar girişlerde başlayacaktır. Girişlerde kırılma yapının güvenliği açısından daha az sakıncalı olduğundan kolonlar girişlerden daha güçlü olarak yapılmalıdır. Bu durum Yönetmelikte de dikkate alınarak, kolonların moment kapasitelerinin, kendilerine saptanan aynı doğrultudaki girişlerin moment kapasitelerinin toplamına eşit yada daha yüksek olarak yapılması sağlanması istenmektedir. Şekil - 15'da mafsallaşma girişlerde olurken b'de mafsallaşma kolonlarda olacaktır. Kolonlarda olan mafsallaşmanın onarımı daha güç olurken, kolonun hasar görmesi ile yapının yıkılması olasılığı yüksektir. Öte yandan girişlerde olan mafsallaşmanın hem onarımı daha kolay hemde yapının toptan göçme olasılığı daha azdır. Bunun sağlanması için kolonların uç moment kapasiteleri



a)



b)



c)

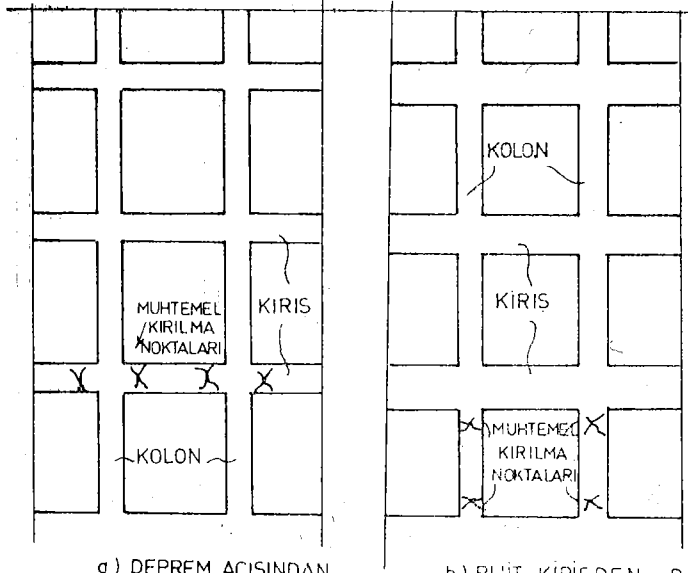
ŞEKİL -14 : FARKLI AÇIKLIKLI ÇERÇEVELER
İÇİN DEĞİŞİK ÇÖZÜMLER.

kendilerine saplanan kirişlerin moment kapasitelerinden daha büyük olması gerekir. Bu anlayışla yapılan yapılarda kolonların, şu andaki uygulamalara göre daha büyük kesitli olarak yapılmasını gerektirmektedir.

Türkiye'de çoğunlukla yapıdaki kolonların uzun kenarları yapının kısa yönü ile çıkışacak şekilde yerleştirilmektedir. Şekil - 16'da verilen bir kolon yerleştirme şekli sık görülen bir uygulamadır. Kolonların bu biçimde yerleştirilmesinde rüzgar yüklerinin etkilerine ekonomik bir şekilde karşı koyma düşüncesi etkili olmaktadır. Bilindiği gibi rüzgar yükleri yapının dış yüz alanına bağlı olan bir yüküdür. Yapının dış cephe alanı ne kadar çok ise rüzgar yükü o kadar büyük olmaktadır. Şekil-16'da verilen yapının x - yönüne dik cephesi y - yönüne dik cephesinden küçük olduğundan, bu yönden gelen rüzgar yükleri ve bu yüklerin kolonlar üzerindeki etkisi de az olacağından kolonların kısa kenarları yapının uzun kenarı ile çıkışması sağlanır. Y — yönünde gelen rüzgar yükü bu yönde uzun kenarı olan kolonlar tarafından kolayca alınır. hernekadar bu yönde rüzgar yükü daha büyüksede kolonların uzun yönleri de aynı yönde olacağından rüzgar yükleri ekonomik bir biçimde taşınabilmiş olacaktır. Kolonların böyle bir konumda yerleştirilmesi, eğer kolonlar dikdörtgen kesitle ise tutarlı bir projecilik olur.

İlerce kolonlar bölümünde daha ayrıntılı olarak anlatılacağı üzere, dikdörtgen bir kolonun her iki asal yöndeki moment kapasitesi ve rijitliği farklıdır. Bir kenarı diğer kenarından 2 kez büyük olan bir kolonun kısa yöndeki moment kapasitesi uzun yöndeki moment kapasitesinin yarısı kadar kısa yöndeki rijitliği ise uzun yöndeki rijitliğinin dörtte biri kadardır. Eğer yapının kolonları Şekil - 16'daki gibi yerleştirilmiş ise, yapının uzun yöndeki moment kapasitesi kısa yöndekinin yarısı, rijitlik ise dörtte biri olacaktır.

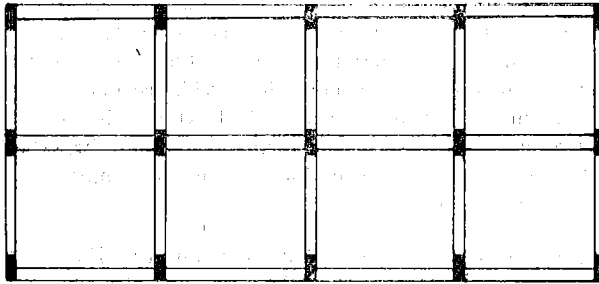
Depremlerde yapılara gelen kuvvetler yapının cephe alanına bağlı değildir. Yapılara gelen deprem kuvvetleri yapının ağırlığı ile orantılıdır. Genel olarak bir yapıya depremde her iki asal yönünde aynı miktarda kuvvet gelir. Çünkü yapının ağırlığı yapının yönüne göre değişmez. Şekil - 16'da gösterilen yapıda her iki asal yönde rijitliklerin farklı olması karşısında bu iki yönde yapı periyotlarının farklı olması mümkündür. Aynı şey deprem kuvvetli yer hareketi için de söylenebilir. Ancak soruça yapıya her iki yönünde az da farklı olsa birbirine oldukça yakın miktarda deprem kuvveti gelecektir. Ancak yapı cephesine bağlı olan rüzgar yükü için aynı şey söylenemez. Yapıya x — yönünden gelecek rüzgar kuvveti y — yönünden gelecek yükün yarısı kadar olacaktır. Bütün kolonların uzun yönleri aynı doğrultuda olduğu için yapının uzun yöndeki moment kapasitesi kısa yöndeki moment kapasitesinin yarısı kadardır. Diğer bir deyişle yapının uzun yönü kısa yönüne göre yaklaşık % 50 daha zayıftır. Ama her iki yönde de gelen deprem kuvvetleri aynı mertebededir. Deprem açısından sakıncalı olan bu durumu gidermek için kolonların kare yada dairesel kesitli yapılması, dikdörtgen kolonların değişik konumlarda yerleştirilmesi bir çözüm olabilir. Şekil - 17'de iç aks kolonlarının uzun kenarları yapının uzun doğrultusu ile çıkışır biçimde konulması daha olumlu bir yaklaşımdır. Yapı planında kolonların, yapının her iki asal doğrultusunda da aynı düzeyde yatay kuvvet taşıma kapasitesinin ve rijitliğinin olmasını sağlayacak biçimde yerleştirilmesine özen gösterilmelidir.



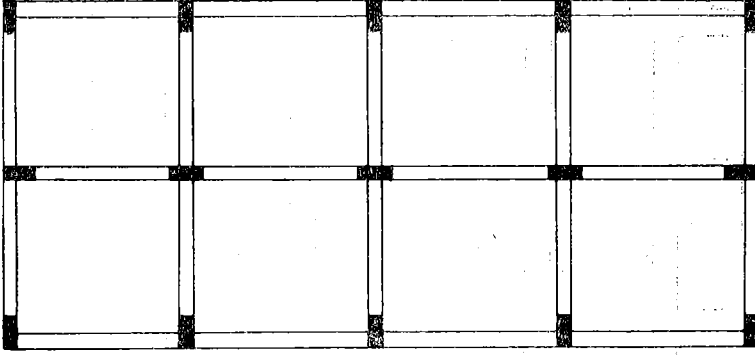
a) DEPREM AÇISINDAN
İYİ BİR PROJEDE
KİRİŞ VE KOLON
RİJİTLİKLERİ
BİRBİRİNE YAKIN
OLMALIDIR.

b) RİJİT KİRİŞDEN DAHA
AZ RİJİT KOLON KÖTÜ
BİR UYGULAMADIR
HASAR KOLONLARDA
OLUŞUR.

ŞEKİL - 15 KİRİŞ / KOLON RİJİTLİKLERİNİN YAPIDAKİ
DEPREM HASARINA ETKİSİ



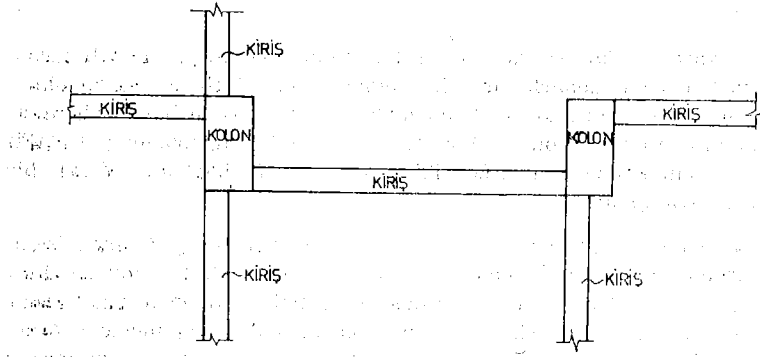
ŞEKİL - 16 KOLONLARIN DEPREM AÇISINDAN
KÖTÜ YERLEŞTİRİLMESİ



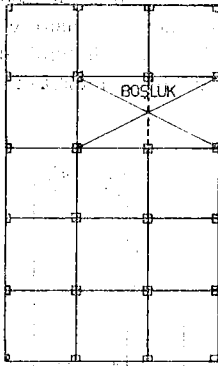
ŞEKİL 17 KOLONLARIN İYİ ŞEKİLDE
YÖNLENDİRİLMESİ

Betonarme yapılarda kolon ve kirişlerin bölme duvarlar içinde saklanması isteği sonucu yapılarda kolon ve kirişlerin aksları şaşırtmalı olabilmektedir. Bunun sonucu olarak kolonlar statikçe gerektiğinden daha büyük kesitlerde olması zorunluğu ortaya çıkmaktadır. Eğer iki kiriş aksı arasında 30 - 40 cm'lik bir fark varsa ve bu kirişlerin yüklerini aynı kolona taşıması söz konusu ise bu kolonun statikçe gerekenden 20 - 25 cm kadar daha büyük yapılması gerekebilir. Bunun sonucu gerektiğinden daha rijit bir kolon yapılmakta ve bu kolon rijit oluşu nedeni ile daha büyük yatay kuvvete maruz kalabilmektedir. Eğer kolon bu olasılığa göre donatılmamış ise gelen yükleri taşıyamayacaktır. Öte yandan düşey yükler açısından hiç gerek olmadığı halde büyük yapılmış bir kolona sırf depremde büyük yüklere maruz kalacağı için daha çok donatı konulmaktadır. Bu oluşum bir bakıma mimari tasarımın taşıyıcı sistem tasarımına bir etkisi olarak ortaya çıkmaktadır. Bu tip kolonların hesabında 'statikçe gerekli kesit' kavramının kullanmak deprem açısından sakıncalı olmaktadır. Şekil - 18.

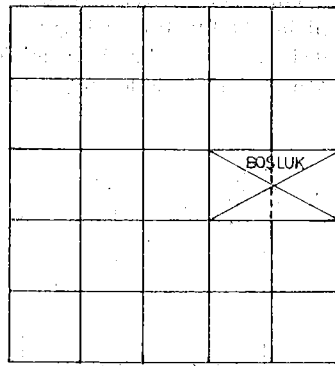
Betonarme yapılarda düşey yüklerin yatay elemanlara rijitlikleri ile orantılı olarak dağıtılmasında kiriş ve döşemelere büyük görevler düşmektedir. Döşeme plakları ve kirişler kendi düzlemleri içinde büyük rijitliğe sahiptirler ve düşey elemanlara yatay yüklerin dağıtımını yaparlar. Bunun için döşemenin sürekli ve bir düze olması gerekir. Aynı şekilde bütün kolonların kirişlerle birbirine bağlanmış olması yatay kuvvetin dağıtımını için gereklidir. Şekil - 19'da gösterilen yapı planlarında döşeme plağı boğulmuş ve bazı kolonlar birbirlerine bağlanmadıklarından düzenli bir çerçeve sistemi oluşturulamamaktadır. Benzeri durumlar yatay yüklerin bütün kolonlara rijitlik ile orantılı olarak aktarılmasını güçleştirir.



ŞEKİL 18 : KIRIŞ AKSLARIN ŞAŞIRTMALI OLMASI SONUCU KOLON BOYUTLARININ GEREĞİNDEN BÜYÜK TUTULMASI.



BOĞULMUŞ DÖŞEME PLAĞI



BU KIRIŞLER YAPILMALI

ŞEKİL 19 : ÇERÇEVE SİSTEMİNİN DÜZENLİLİĞİ BOZABİLECEK DÖŞEME PLAĞININ GÖREVİNİ ENGELLEYEBİLECEK DURUMLARDAN KAÇINILMALIDIR.

Çerçeve Elemanlarının Boyutlandırılması

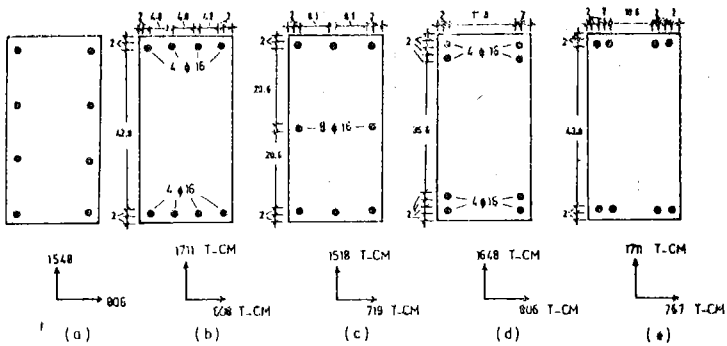
Çerçevesel betonarme yapıların kolon ve kiriş gibi elemanlarının boyutlandırılması ve donatı miktarları deprem açısından bazı kurallara uygun olarak yapılmalıdır. Çerçevenin bir bütün olarak depreme dayanıklı olması için onu oluşturan elemanlarında tek başına depreme dayanıklı olması gerekir.

Kolonlar :

Kolonların kare ve dairesel kesitli olması iyidir. Dikdörtgen kesitli kolonlar da ise kısa ve uzun kenarlar mümkün olduğu kadar birbirine yakın olmalıdır. Kolonun uzun kenar/kısa kenar oranı hiçbir zaman 2.5'dan büyük olmamalıdır. Bu oranın fazla olması kolonun bir perde duvar gibi çalışmasına yol açtığı gibi, belkide bundan daha önemlisi her iki yönde moment kapasitesi farklı bir yapı elemanı ortaya çıkar.

Kolonların 20 cm kalınlığında olan bölme duvarları içinde gizlenmek istenmesi sonucu 20 cm kalınlığında kolonlar yapılmaktadır. Böyle bir kolonun kısa yöndeki moment kolu 12-13 cm'e kadar düşebilmektedir. Kolonun uzun kenar/kısa kenar oranı 2 ise uzun yön/kısa yön moment kapasitesi moment oranı da 2 civarında olacaktır. Depremde yapıya gelen yükler iki yönde de hemen hemen aynı olacağından eğer yapıdaki bütün kolonların kısa yönleri aynı doğrultuda ise yapının bir yönü diğer yönüne göre 2 kere daha zayıf olmaktadır.

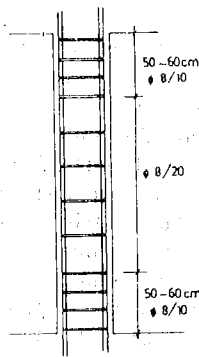
Kolonlara konulacak boyuna donatıların kolonun her iki yönünde yüksek moment kapasitelerine sahip olacak biçimde yerleştirilmeleri gerekir. Bunun sağlanması için donatıları kolonun en kesit köşelerine yakın noktalarda toplenması gerekmektedir. Şekil - 20'de boyut ve boyuna donatımı aynı fakat donatı yerleştirme biçimleri farklı olan beş kolon kesidinin her iki asal yöndeki moment kapasiteleri verilmektedir. Değişik donatı yerleştirme yöntemi ile kolonun M_x ve M_y moment kapasiteleri değişmektedir. Bir yönde maksimum mo-



ŞEKİL - 20. DONATI YERLEŞTİRME BİÇİMİNİN KOLON MOMENT KAPASİTESİNE ETKİSİ (EKSENEL YÜK = 75 TON , N emriyet)

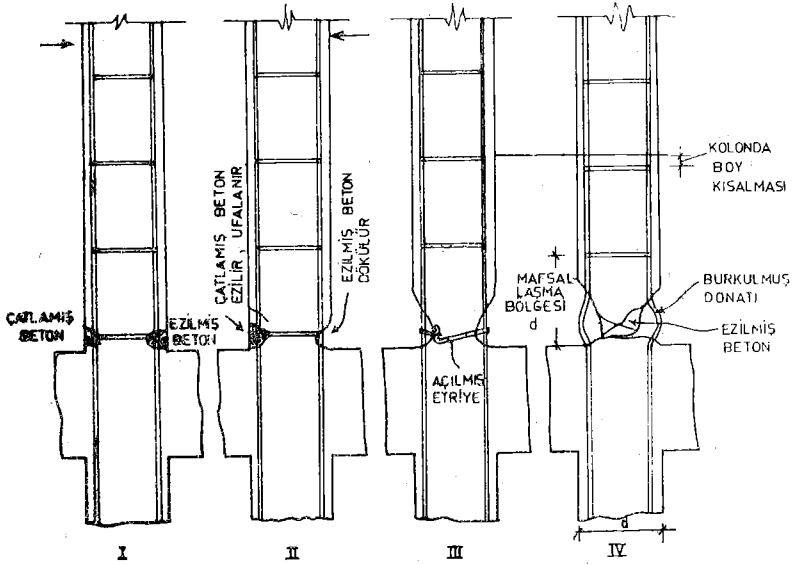
ment elde etmek için yapılacak bir donatı yerleştirme diğer yönde momentin minimum olmasına yol açmaktadır. En iyi çözüm her iki yönde de bir yöndeki maksimumlara yakın moment değerleri veren donatı dağıtım biçimidir. Bu yerleştirme biçimleri yukarıda verilen kıstas açısından üstünlük derecelerine göre e), d), b), c), ve a) şeklinde sıralanabilir. Aynı moment kapasitesine yada birbirine yakın moment kapasitelerine her iki yönde sahip olan bir donatı yerleştirme biçimi en uygun olanıdır. Kısaca boyuna donatının kolunun köşelerine yakın yerlerde yoğunlaştırılması en uygun çözümdür. Ancak boyuna donatıların kesidin köşelerinde yoğunlaşmasının etriyeler bakımından bazı sakıncaları vardır.

Kolonlara konulan enine donatıların (etriyelerin) deprem açısından çok önemli görevleri vardır. Kısaca depreme dayanıklı bir kolon yeterli sayıda ve biçimde etriyesi yerleştirilmiş kolon demektir. **Depremde bir kolonun hasar görmesi büyük ölçüde, belkide hemen tamamen enine donatı yetersizliği sonucu olmaktadır.** Türkiye'de kolonlara konulan etriye genellikle $\phi 6/25$ cm düzeyinde kalmaktadır. Bu hemen hiç etriye koymamakla eş anlamlıdır. Yönetmelik uyarınca en az $\phi 8$ mm çapında etriye konulmalıdır. Deprem tehlikesi bakımından bizden farklı olan yada olmayan birçok ülkede kolonlara konulabilecek en küçük etriye çapı $\phi 10-9.5$ mm olarak kabul edilmektedir. Yönetmeliğin kolon etriyesi ile ilgili hükümlerine kesinlikle, belkide Yönetmeliğin diğer bütün hükümlerinden çok daha fazla, uyulması en büyük bir zorunluluk olarak ele alınmalıdır. Eğer bu konudaki Yönetmelik hükümleri çok karmaşık yada güç olarak düşünülüyorsa pratik olarak Şekil - 21'de gösterilen miktarda etriye mutlaka konulmalıdır. Kolonun alt ve üst uçlarında 50-60 cm'lik bir bölgede $\phi 8/10$ cm etriye konulurken, kolonun ortasında $\phi 8/20$ cm aralıkla etriye bulunmalıdır. Aslında Yönetmelikteki yöntemlerle hesaplayarak etriye koymak gerekir, Şekil - 21'de gösterilen miktarı bir minimum etriye miktarı olarak kabul etmek hiç olmazsa bunun sağlamak depreme dayanıklılık açısından çok yararlıdır. Bu arada kolon uçlarında etriye aralığının 10 cm'den daha az olması beton dökümünü güçleştireceğinden etriye aralığını azaltmak yerine



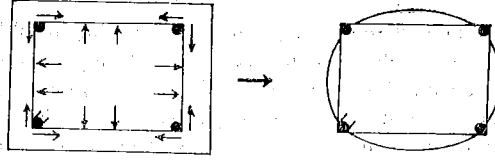
ŞEKİL - 21 : KOLONLARA PRATİK OLARAK KONULMASI GEREKEN
MINIMUM ENİNE DONATI.

daha büyük çaplı donatı kullanılarak etriye alan miktarı artırılmalıdır. Etriye aralıklarının kolon uçlarında sıklaştırılmasının amacı buranın depremde en yüksek eğilme momenti ve kesme kuvvetine maruz kalan bölge oluşudur. Şekil - 22'de gösterilen kırılmanın oluşmasının önlenmesi yada güçleştirilmesi için kolon uçlarındaki etriye aralıklarının azaltılması en uygun çözümdür.

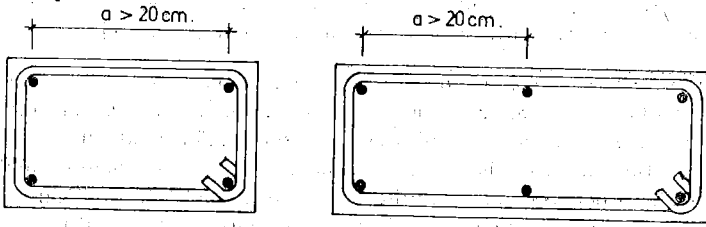


ŞEKİL - 22 BETONARME KOLONDA EĞİLME KIRILMASI OLUŞUMU VE GELİŞİMİ

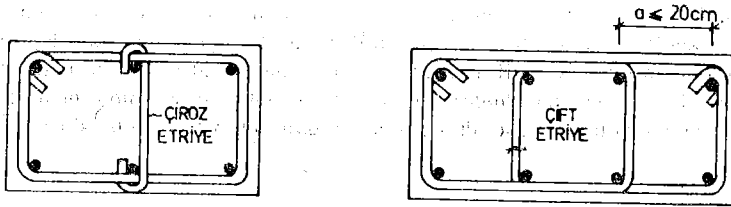
Etriyelerin düşey aralıkları kadar bağlandıkları düşey donatılar arasındaki mesafede önemlidir. Bu mesafe 15-20 cm'den fazla olmamalıdır. Etriyeler sardıkları kolon çekirdek betonunu yandan kısıtlarlar ve çekirdek betonu üç eksenli gerilmeye maruz bir eleman olur. Yandan etriyelerin sağladığı basınç ile kolon çekirdek betonunun basınç dayanımı önemli ölçüde yükselir. Bunun sağlanması için etriye aralıklarının sık oluşu kadar etriyelerin dışarı doğru burkulmamaları için sık aralıklarla düşey donatılara bağlanması gerekir. Böylece etriye serbest burkulma boyları kısalmaktadır. Şekil - 23'de etriye serbest boyunun uzun olması sonucu etriyenin burkulması olasılığı ve bunun önlemek için uygun çözümler gösterilmektedir. Etriyelerin burkulmalarının önlenmesi için serbest etriye boyunun 15-20 cm civarında olması, etriyelerin bütün boyuna donatılara bağlanması, gerektiğinde çift yada çiroz etriye kullanılması gerekmektedir. Şekil - 20'de kolonun maksimum eğilme momenti kapasitesine sahip olması için gereken boyuna donatı yerleştirme şekilleri verilmektedir. Şekil - 20 ve Şekil - 23'ün karşılaştırılmasından görüleceği gibi kolonda maksimum momenti veren boyuna donatıların kolon en kesit köşelerine yakın yerleştirme biçimi etriyelerin burkulma boylarının çok uzun olmasına yol açmaktadır. Bu nedenle etriyelerin çekirdek betonuna yeterli yanal



a) ETRİYE SERBEST BURKULMA BOYUNUN UZUN OLUŞU SONUCU ETRİYENİN GÖREVİNİ YAPAMAMASI



b) ETRİYE BURKULMA BOYLARININ ÇOK UZUN OLDUĞU SAKINICALI DURUMLAR.



c) ETRİYE BURKULMA BOYLARININ AZALTILMASI İÇİN ÇİROZ ETRİYE VE ÇİFT ETRİYE KULLANILMASI.

ŞEKİL 23 : KOLON ETRİYELERİNDE ÇIKACAK PROBLEMLER VE ÇÖZÜMÜ

basınç sağlamaları güçleşir. Yüksek moment kapasitesi sağlayan boyuna donatı yerleştirme biçimi kolon etriyelerinin oldukça sakıncalı bir şekilde yerleştirilmeleri durumunda ortaya çıkardıkları hatırlanmalıdır. Hem yüksek moment kapasitesi elde etmek hemde etriyelerin burkulmalarını önlemek için kolona donatı Şekil - 20a'daki gibi yerleştirilmelidir.

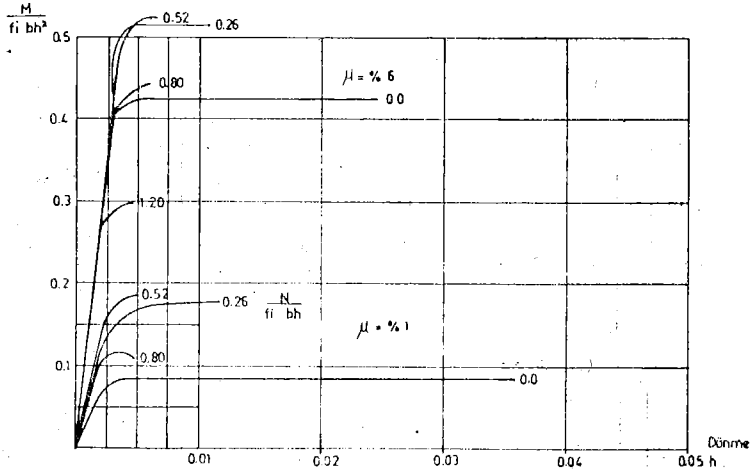
Kolonların depremde gelen yatay kuvvetlerin oluşturdukları eğilme momentine dayanma güçleri kolon eksenel yüküne ve kolon boyuna donatı porsantajına bağlıdır. Bu durum kolon eksenel yük-eğilme momenti karşılıklı etkileşme diyagramları yardımı ile incelenecektir. Şekil - 24'de kolonun kırılma moment kapasitelerinin eksenel yük ile değişmesi görülmektedir. Belli bir eksenel yükte kolon moment kapasitesi maksimum olurken bunun altındaki ve üstündeki eksenel yüklerde moment kapasitesi ve kırılma anındaki kesit dönmesi düktilitesi azalmaktadır. Şekil - 25'de boyutsuz olarak N/N_0 , M/M_0 ve $M \phi$ arasındaki ilişki verilmektedir. Burada N_0 ve M_0 kolonun moment sıfır iken taşıdığı eksenel yük ile, eksenel yük sıfır iken taşıdığı moment olmaktadır. N ve M ise kolondaki gerçek eksenel yük ve moment olmaktadır. Her ne kadar porsantajı yüksek olan kolonun taşıyacağı moment ve eksenel daha büyük olursa da, düktilitesi yüksek olan kolonun porsantajı % 1'dir.

Bilindiği üzere kolona taşıtılan eksenel yük $N = 1/EK (\sigma_b, F_b + \sigma_c, F_c)$ formülünden hesaplanır. $EK = 2.5$ olarak alınır. Diğer bir değişle kolona moment sıfır iken taşıyabileceği eksenel yükün yaklaşık % 40 taşıtılmaktadır. Bu eksenel yük altında kolonun moment kapasitesi maksimum bir değerdedir. Ancak dönme düktilitesi 1-1.5 civarındadır. Kolonların deprem boyunca elastik olarak kalması istenir ve buna göre hesap yapılırsa $EK = 2.5$ olması yeterlidir.

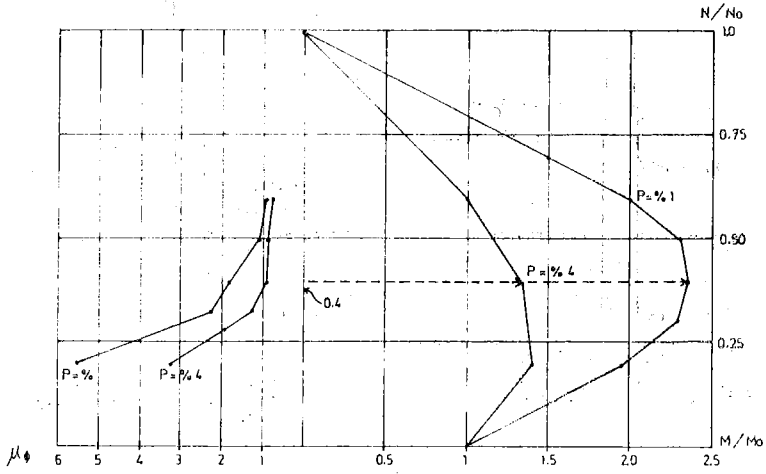
Kısaca kolonların taşıdıkları eksenel yüklerin kolon eksenel yük kapasitesinin % 40'ından az olması ve kolon boyuna donatı porsantajının % 1 civarında olması deprem açısından güvenli kolonlar elde edilmesini sağlar. Ayrıca kolonların boyutlarının geniş tutulması her iki yönde yüksek moment kapasiteli kolonlar oluşturulmasını da sağlayacaktır. Kolonlar için deprem açısından en önemli şey yeterli miktarda ve boyuna donatılarla mesnetlenmiş etriyelerdir. Kolon boyuna donatısının bindirme noktasının kolon ortasında yapılması - kolon uçları yerine, deprem açısından çok yararlı olacaktır. Şekil-26.

Kirişler :

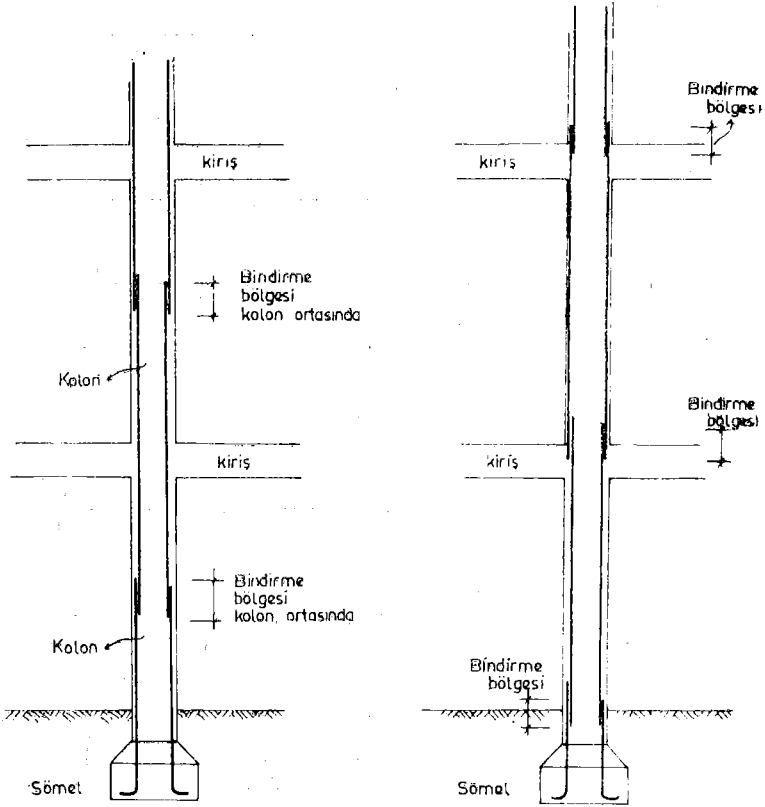
Kirişlerin derin yada sığ olması çerçevelerin depremde yaptıkları yatay ötelemeler üzerinde çok etkilidir. Sığ kirişleri olan çerçevelerin depremde yaptıkları yatay ötelemeler çok fazladır. Yapıda ikinci mertebeden (düşey yük çarpı yatay öteleme) momentlerin büyük miktarlara ulaşmasına yol açar. Ayrıca kiriş derinliklerinin asmolen döşeme kalınlığı kadar olması yada kirişsiz mantar döşeme kalınlığı kadar olması yada döşeme içinde gizlenmesi yine benzer ikinci mertebeden moment oluşumuna yol açar. Bunun için basık kiriş yapılmasını önleyen yada hesaplarda basık kirişlerin etkilerini dikkate alan koşullar Yönetmelikte bulunmaktadır. Şekil-27.



ŞEKİL 24 EKSENEL YUKUN KOLON EĞİLME MOMENTİ VE DÖNME KAPASİTESİNE ETKİSİ



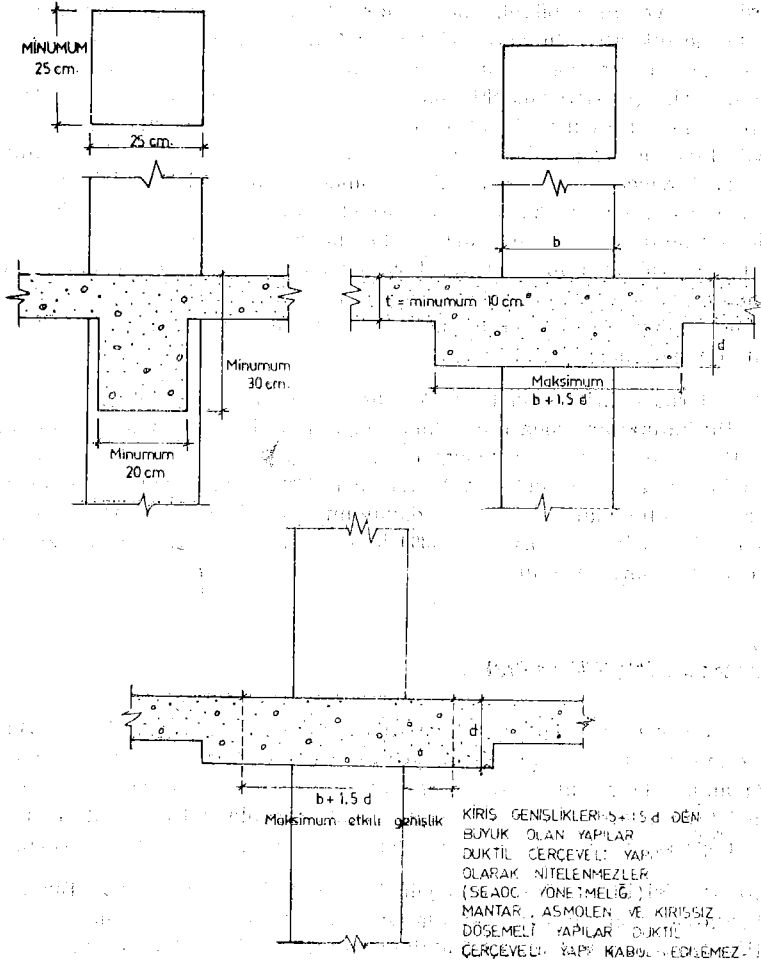
ŞEKİL 25 KOLON EKSENEL YUKU VE PURSANAJININ DUKTİLİTE VE MOMENT KAPASİTESİNE ETKİSİ



(a) Doğru uygulama
Bırdırme, momentin sıfır
olduğu yerde yapılmış

(b) Yanlış uygulama
Bırdırme, depremden gelen
momentleri en büyük olduğu
yerde yapılmış

ŞEKİL -26 : KOLONLARDA BOYUNA DONATI
BİRDİRMELERİNİN DOĞRU VE YANLIŞ
YAPILMASI.



ŞEKİL - 27 : KIRIŞLARI BOYUTLANDIRILMASI

Kirişlerde aynı kolonlarda olduğu gibi, birleşim yerine yakın uçlarında (yaklaşık 50.60 cm'lik bir bölgede) giriş ortasındaki etriye aralığının yarı yarıya azaltılması gerekir. Çünkü buraları en büyük moment ve kesme etkilerinin olduğu bölgedir. Etriye aralıklarının sıklaştırılması betonun çatlamasını ve paralanmasını önleyecek ve girişin ucunun mafsallaşması için çok daha büyük deprem enerjisi gerekecektir.

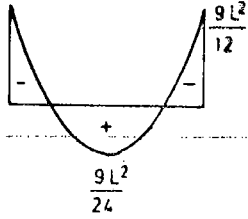
Kirişlerin mesnetlerine yakın yerlerde düşey yüklerden dolayı normal elastik teoriye göre büyük momentler oluşur. Ayrıca depremden gelen momentler de dikkate alınınca girişlerin mesnetlerinde çok büyük moment oluşmakta burada bir donatı sıkışıklığı ortaya çıkmaktadır. Bunun önlenmesi için giriş mesnetlerindeki düşey yüklerden gelen momentleri daha küçük almak diğer bir deyişle girişleri düşey yükler altında yarı rijit olarak çalıştırmak giriş ortasına daha büyük moment taşıtmak bir çözüm yoludur. Şekil - 28. Böylece depremden gelen momentler ile birlikte giriş mesnetlerinde büyük momentler oluşması ve donatı sıkışıklığı önlenecektir. Böyle bir yöntemle mesnetteki donatı miktarı % 15 (kenar mesnetlerde), % 30 (orta mesnette) azalacaktır. Buna karşılık giriş ortasındaki momentler daha büyük olduğundan giriş ortasındaki donatıda aynı oranlarda artış olacaktır. Giriş konular toplam donatı azalmamakla birlikte mesnetteki donatı sıkışıklığı önlenmiş olmaktadır.

Kirişlerin düktil olması için eğilme donatısı yüzdesinin düşük olması gerekir. Bu kullanılan donatının akma dayanımı, beton basınç dayanımına bağlıdır. B 160 ve St - I kullanılması durumunda bu oran en çok % 1.25 olmalıdır. B 225 kullanılması durumunda % 1.5 ve B 300 kullanılması durumunda % 1.75 değerleri aşılmamalıdır. Çekme dayanımı yüksek St-IV donatısı kullanılması halinde B 225 için % 0.5 ve B 300 için % 0.7 girişlerde için maksimum eğilme donatısı pürsantajıdır.

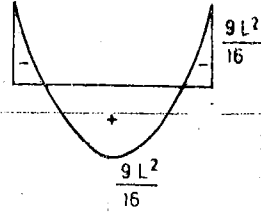
Kolon - Giriş Ek Yerleri :

Kolon-Giriş ek yerlerinin eksantirik olmaması gerekir. Şekil-29. Bu tip ek yerlerinde kolona bağlanan girişler ek yerindeki betona yeterli yan basınç sağlayamadıkları gibi, kesme gerilimi aktarma yüzeyleri de kısıtlı, bu yüzeylerdeki kesme gerilmeleri de büyük boyutlarda olacaktır. Şekil-30'da sakıncalı ve deprem açısından güvenli kolon giriş ek yeri ayrıntıları verilmektedir.

Kolon giriş ek yerlerinde büyük kesme gerilmeleri olabilir. Bunun sonucu bu bölgede beton çatlar ve burada ankraj edilmiş giriş eğilme donatısı sıyrılabilir. Bunun önlenmesi için özellikle dış aks ve köşe kolonlarında etriyelerin kolon-giriş ek yeri içinde de sürekli olması gerekir. Şekil-31.

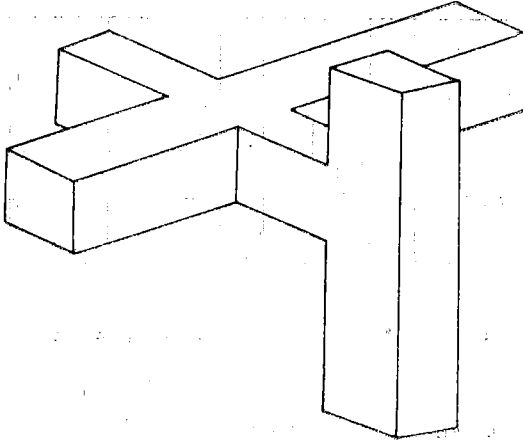


a) MESNETTE DONATI SIKISIKLIĞI YARATAN MOMENT DAĞILIMI

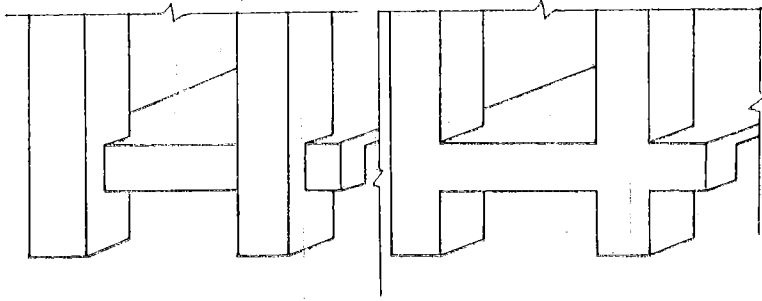
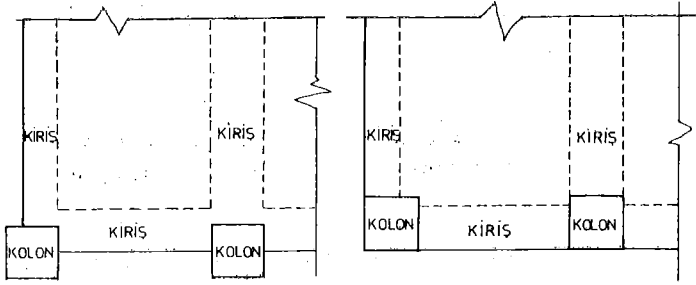


b) MESNET DONATI SIKISIKLIĞI AZALTAN MOMENT DAĞILIMI

ŞEKİL - 28 KİRİŞ MESNETLERİNDE DONATI SIKISIKLIĞINI ÖNLEYECEK DÜŞEY YÜK MOMENT DAĞILIMI



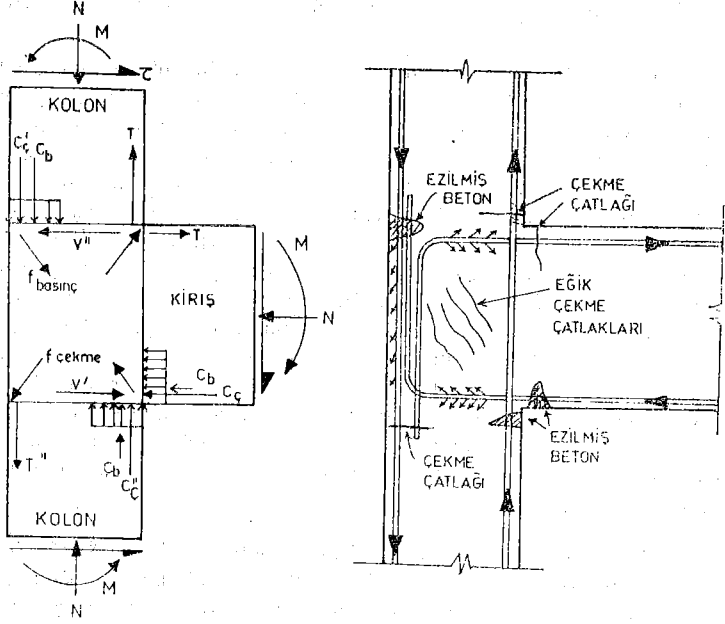
ŞEKİL - 29 DEPREM AÇISINDAN ÇOK SAKINCALI EKSANTRİK BİR KOLON KİRİŞ BİRLEŞİMİ



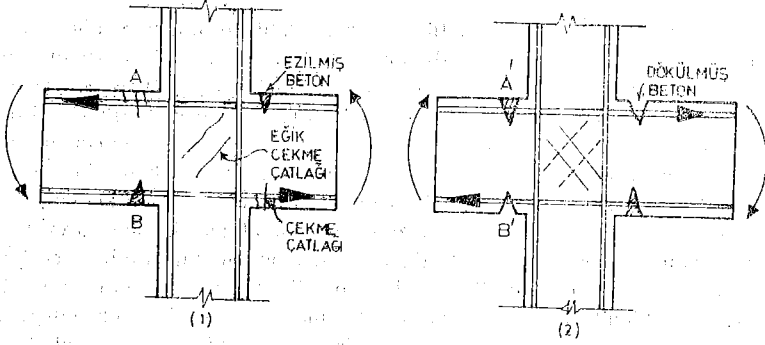
1) ZAYIF KOLON KİRİŞ BAĞLANTISI

2) İYİ KOLON KİRİŞ BAĞLANTISI

SEKİL - 30 KOLON KİRİŞ BAĞLANTILARI



DİŞ AKS KOLON-KİRİŞ EK YERİNDE DEPREM KUVVETLERİ ALTINDA OLUŞAN KUVVETLER VE OLUŞTURDUKLARI HASAR



ŞEKİL-31 İÇ AKS KOLON-KİRİŞ EK YERİNDE KESME ÇATLAĞI OLUŞUMU.

PERDE DUVARLI YAPILARIN DEPREME DAYANIKLI TASARIMI :

Perde duvarlı yapılar çok rijit yapılardır. Yatay ötelemeleri fazla değildir. Önceleri fazla sünek olmadıkları sanılan perde duvarların yapılan son deneylerde oldukça yüksek sünekliliğe sahip oldukları ortaya çıkmıştır. Perde duvarlar çok yüksek yatay kuvvetlere elastik olarak karşı koyabilmektedirler. Yapı ya tümüyle perde duvarlı olmakta, yada perde duvarlı çerçeve yapı olarak tasarlanmaktadır. Perde duvarlı yapıların depremlerde fazla yatay öteleme yapmamaları onların hafif ve orta şiddetli depremlerin sık olduğu bölgeler için en uygun yapılar olduklarını ortaya koymaktadır. Çünkü salt çerçevesiz yapılar hafif ve orta şiddetli depremlerde taşıyıcı sistemleri zarar görmemek ile birlikte taşıyıcı olmayan elemanları ve yapı içindeki eşyalar büyük zarar görmektedir. Bunun nedeni çerçevelerin yapacağı büyük yatay ötelemenin bu elemanlara zarar vermesidir. Perde duvarlar bu cins hafif ve orta şiddetli depremlerin getirebilecekleri zararları önlerler. Öte yandan bir deprem sırasında yada sonrasında önemli hizmetler görecek olan hastane, PTT merkezi, İtfaiye ve benzeri yapıların az hasar görecek perde duvarlı yapılar olarak yapılmaları gerekir.

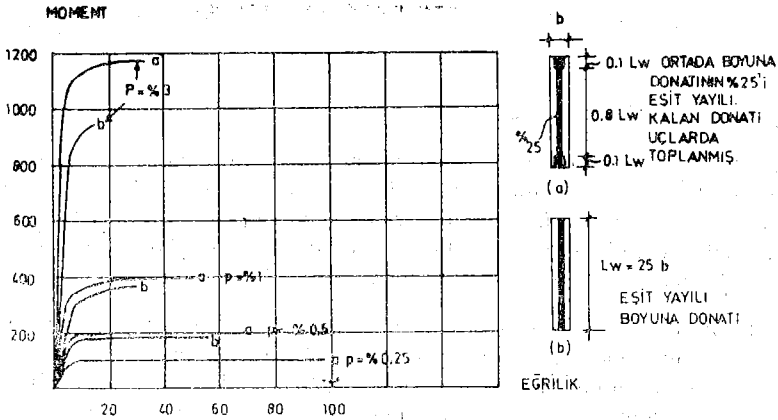
Salt perde duvarlı taşıyıcı sistemlerin bedelleri yüksek olduğu için genellikle yüksek yapılarda (çoğunlukla 15 ve daha yüksek katlı) kullanılmaktadır. 3.10 kata kadar olan yapılarda genellikle perde duvarlı ve çerçevesiz taşıyıcı sistemler kullanılmaktadır. Son yıllarda dünyanın çeşitli yerlerinde olan depremlerden edinilen deneyimler bir miktar perde duvarlı olan çerçevesiz yapıların depreme dayanıklılık açısından salt çerçevesiz yapılara göre çok daha üstün olduklarını göstermiştir.

Perde Duvarların Biçim ve Donatıları :

Perde duvarlar yapı yükseklik/duvar genişlik oranlarına göre a) kısa ve b) narin olarak iki bölüme ayrılırlar. Eğer bu oran $1/2$ 'den küçük ise duvar 'kısa' perde duvar olarak nitelenir. Yüksekliği birkaç katı geçmeyen yapılardaki perde duvarlar kısa perde duvarlardır. Bunlarda eğilme etkilerinden çok kesme etkileri davranışlarına hakim olur. Kısa perde duvarlarda genellikle düşey yükler azdır ve bu nedenle düşey yüklerin perdenin kesme kuvvetini artırıcı etkileri düşük kalır. Davranış bakımından derin kirişlere benzerler. Düşey ve yatay donatılarının aynı oranda olması kesme kuvveti taşıma kapasitelerini artırır. Kısa perde duvarların moment kapasiteleri çok yüksektir. Moment kırılması olabilmesi için büyük kesme kuvvetlerinin oluşması gerekir. Çok büyük kesme kuvvetleri büyük kesme gerilmeleri oluşturacaklarından yeterli kesme dayanımı yoksa sözü edilen yüksek moment kapasitesini geliştirmeden kesme kırılması oluşması tehlikesi vardır. Böyle duvarların yüksek moment kapasitelerinin geliştirilebilmesi için kesme gerilmelerinin düşük oranlarda tutulması gerekir. Kesme gerilmeleri 6 kg/cm^2 mertebesinde olmalıdır (B160 için). Bu koşullar altında perde duvarın ortaya koyacağı eğilme momenti kapasitesini gerektirdiği kadar moment donatısı konulması yeterlidir. Diğer bir deyişle bu perdenin kesme kuvveti taşıma kapasitesine ulaşıldığı anda perde de oluşacak eğilme momentini taşıyabilen miktarda donatı ile yetinilebilir. Narin perde duvarlarda yükseklik/genişlik oranı 2 yada daha büyüktür. Narin perde duvarlarda kesme etkileri kadar eğilme etkileri

de önemlidir. Kiriş-kolon gibi hesaplanırlar. Bunların hesaplarında eksantrik yüklere de maruz kolonların hesaplarına benzer bir hesap yöntemi kullanılmaktadır.

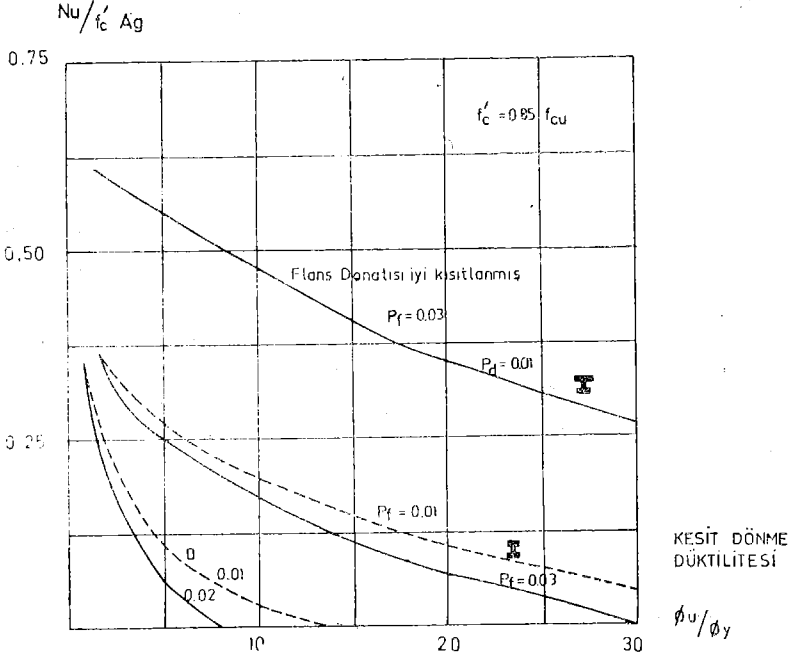
Narin perde duvarlar flanşlı yada flanşsız olabilir. Eğer eğilme momentleri az ise dikdörtgen kesitli ve düşey donatısı eşit yayılı perde duvarlar kullanılabilir. Ancak düşey donatının eşit yayılı olması ile düktilite oranı, bir diğer değişle deformasyon kapasitesi pürsantaj arttıkça azalacaktır. Donatı miktarının artması ile moment kapasitesi artmaktadır. Dikdörtgen kesitli perde duvara aynı miktarda donatı ile daha çok moment taşıtabilmek ve düktilitesini artırmak için donatının perdenin uçlarında yoğunlaştırılması yolu tutulabilir. Şekil - 32.. Bunun sağlanması için kullanılan donatının % 25'i ortada eşit yayılı olarak dağıtmak, kalanını da perde uçlarında toplamak yararlıdır. Bu nedenle Yönetmelik'te perdenin uçlarında, perde uzunluğunun % 10'u kadar olan bir bölgede düşey donatı aralığının yarıyarıya indirilmesi, yada perde donatısının % 75'inin bu bölgede yoğunlaştırılması gerektiği belirtilmektedir.



ŞEKİL - 32 PERDE DUVARDA DONATI MİKTAR VE YERLEŞTİRME BİÇİMİNİN MOMENT VE DEFORMASYON ÜZERİNDE ETKİŞİ

Flanşlı perde duvarlar özellikle Japonya'da çok kullanılmaktadır. Bu ülkede hemen bütün perde duvarların uçlarında flanş olarak kabul edilebilecek kolonlar yer almaktadır. Bu kolonlardaki boyuna donatılar sık aralıklarla triyelerle bağlı yapılmaktadır. Şekil - 33.

Perde duvarların başlangıç rijitliklerinin yüksek oluşu ve çerçeve sistemine göre çok fazla oluşu sonucu perdelerin hızla çatlayıp süratle taşıma



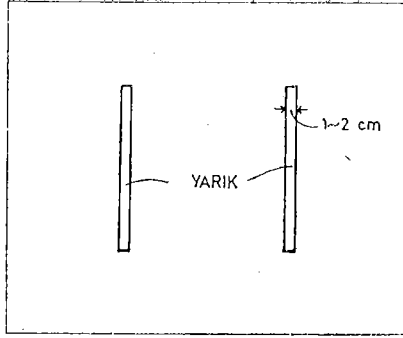
ŞEKİL-33 PERDE DUVARLARIN DÜKTİLİTESİ

kapasitelerini yitirmeleri söz konusudur. Perdenin daha az rijit olması için perdelerde yarıklar yapılması düşüncesi Japonya'da Prof. Muto tarafından geliştirilmiş ve bazı yüksek yapılarda uygulanmıştır. Böylece perdenin rijitliği azaltılmış, düktilitesi artırılmış ve perdedeki çatlakların çok büyük boyutlara ulaşması önlenmiştir. Şekil - 34.

Perde duvarların enine ve boyuna donatı porsantajlarının kısa perde duvarlarda birbirine eşit olması gerekir. Çünkü bu tip perde duvarlarda kesme gerilmeleri önemlidir. Minimum porsantaj % 0.3 olarak belirtilmiştir. Pek çok halde bu oranın % 1 civarında olması yeterlidir. Perde duvarlar çok büyük boyutları nedeni ile çok miktarda donatı kullanılan yapı elemanlarıdır ve oldukça pahalıdırlar. Ancak yapıya büyük ölçüde deprem direnci sağladıklarından çok yararlı olmaktadır. Perde duvarların minimum kalınlığı 15 cm'dir. Ancak kalıp işçiliği, donatı yerleştirme ve beton dökme işlemlerinden daha kalın perde duvarları yapılmasında yarar vardır. Bu nedenle 20-25 cm'den daha ince perde duvar yapılmamalıdır.

Perde - Çerçeve Karşılıklı Etkileşmesi :

Daha önce belirtildiği gibi perde elemanlarında eğilme ve kesme etkileri önemli olmakta (elemanın boyutuna, özellikle yükseklik/genişlik oranına bağlı olarak) buna karşılık çerçeve yapıların düşey elemanlarında (kolonlarında) yalnızca eğilme etkileri söz konusudur. Bu nedenle bu iki ayrı sistemin yatay kuvvetler altında yaptıkları deformasyonlar farklı olmaktadır. Şekil - 35'den

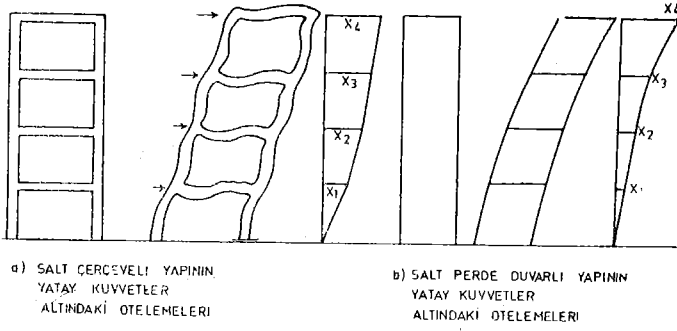


SEKİL-34 YARIKLI PERDE DUVARLAR

görülebileceği gibi perde duvarların yükseklik ile birlikte yatay ötelemelerinde giderek artış olmakta, buna karşılık çerçevelerde ise yüksek ile birlikte oluşan yatay öteleme artışı (katlar arasındaki bağımlı öteleme) giderek azalmaktadır. Dolayısı ile perde duvarı da olan çerçeveli bir yapıda, alt katlarda perde duvarlar çerçevenin yatay ötelemesini kısıtlarken üst katlarda ise çerçeve perdenin ötelemesinin kısıtlamaya çalışmaktadır. Bunun sonucu olarak çerçeveli bir yapıda perde duvarlar zemin ve alt katlarda gelen yatay yüklerin % 90-95'ini taşırlarken üst katlara doğru bu oran azalarak % 60-70'e kadar düşebilmektedir. Bu durum yapının yüksekliği ile değişmektedir. Şekil - 36. Alçak yapılarda perdenin payına düşen yatay kuvvet oranı daha fazla iken yüksek yapılarda bu oran özellikle yapı yüksekliği boyunca giderek azalmaktadır.

Kesin analiz yöntemlerinin çok karmaşık ve güç oluşu, elektronik hesaplayıcıların daha gelişmediği dönemlerde, perde ve duvarlara yatay deprem yüklerinin dağılımında yaklaşık yöntemlerin kullanılmasını gerektirmekteydi. Genellikle bu dağıtımda rijitlik oranına bakılarak her katta yatay yüklerin büyük bölümünün (% 70 yada daha fazlasını) perdeler tarafından alınacağı varsayılarak hesap yapılmaktaydı. Bunun sonucu üst katlarda perdeler hiçbir zaman taşımayacakları bir yatay kuvvete göre hesaplanırken, bu katlardaki kolonlar çok daha fazla zorlanmakta olacaktırlar. Bugün bilgisayar programları ile perde ve çerçevelere gelen yatay kuvvetler çok hassas olarak hesaplanabilmektedir. Ancak betonarmenin 'uyum özelliği' dikkate alınınca yapı yüksekliği boyunca azalan bir oran içinde yapıya gelen yatay kuvvetleri perdeye taşıtan yaklaşık bir hesap yöntemi yine de düşünülebilir.

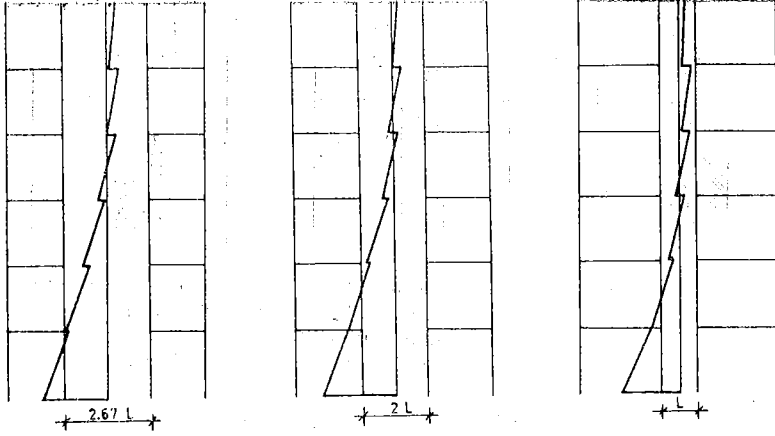
Perde ve çerçevenin karşılıklı etkileşmesi perdeye ve çerçeveye gelen yatay yüklerin oranı perdenin rijitliği kadar bu iki sistemi birbirine bağlayan bağ kirişlerinin rijitliği ile de bağımlıdır. Ancak bu faktörün etkisi fazla değildir. Buna karşılık Perde duvarın boyutları ile çerçeve açıklıkları arasındaki oranın bir miktar etkisi vardır. Şekil - 37.



ŞEKİL-35 PERDE DUVAR VE ÇERÇEVE YAPILARIN YATAY YÜKLER ALTINDAKİ ÖTELEMELERİ

Perdenin Payı (%)			Perdenin Payı %		
	94		70		
	95		83		
	95		83		
			87		
			90		
			90		
			94		
			91		

ŞEKİL-36 PERDEYE GELEN YATAY KUVVET ORANININ YAPININ YÜKSEKLİĞİ İLE DEĞİŞMESİ

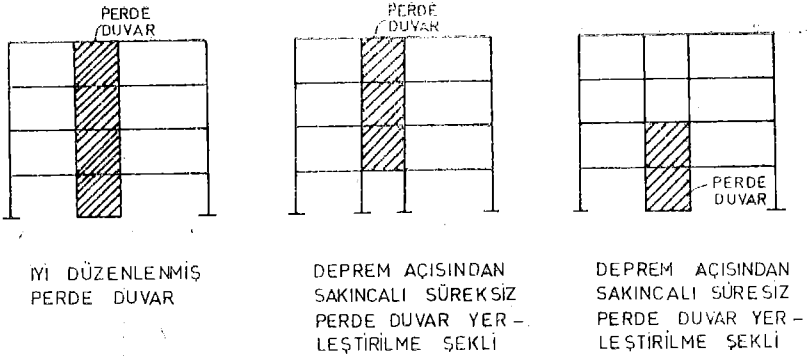


ŞEKİL -37. PERDE DUVAR BOYUTUNUN PERDEYE
GELEN MOMENTLERE ETKİSİ

Perde Duvarların (Yerleştirme Biçimi :

Çerçevesiz yapılar perde duvarlarında konulması deprem açısından çok olumlu olmaktadır. Perde duvarlar yapının yatay ötelemelerini kısıtlayıp hafif ve orta şiddetli depremlerde yapıdaki eşyaların ve taşıyıcı olmayan elemanların hasarını önlemektedirler. Perde duvarların yapının plan ve düşey doğrultusunda yerleştirilmesinde dikkat edilmesi gereken bazı noktalar bulunmaktadır.

Perde duvarlar yapının temelinden başlayarak en üst kata kadar sürekli olarak yapılmalıdır. Perde duvarların zemin katında hiç yapılmaması yada en üst kata kadar uzatılmayıp arada bir yerde kesilmesi deprem açısından çok sakıncalıdır. Değil zemin katda betonarme perde duvar yapılmaması, zemin katda betonarme çerçeveler arasına tuğla dolgu konulmayıp dolgu duvarların bir üst kattan itibaren yapılması, bu zemin katın otopark dükkan vb. olarak kullanılması düşüncesi ile sık yapılan bir uygulamadır, bile yapının üzerinde deprem bakımından büyük sakıncalar ortaya çıkarmaktadır. Şekil-40. Zemin katında dolgu duvarın bulunmaması halinde yapının yatay ötelemeleri çok daha yüksek olmakta ve ikinci mertebeden momentlerin etkisi çoğalmaktadır. Aynı şekilde perde duvarın da zemin katında yapılmamış olmasının sakıncaları çok büyük olmaktadır. 1967 Caracas Venezuela depreminde zemin katında perde duvarları olmayan bir yapıda zemin kat kolonlarında çok büyük hasar olmuştur. Aynı şekilde 1971 San Fernando Kaliforniya depreminde yine perde duvarları zemin katında kolonlara taşıyan bir yapıda zemin kat kolonları çok büyük hasar görmüştür. Perde duvarların kesinlikle yapının temelinden başlayarak en üst kata kadar sürekli olması gerekir. Şekil - 38. Bazı yapılarda mimari süs olarak düşünülen ve zemin katında olmayan ve yatay

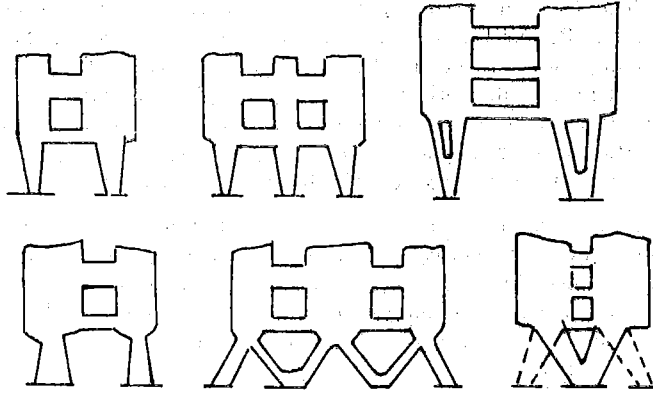


ŞEKİL-38 DÜŞEY DOĞRULTUDA PERDE DUVAR YERLEŞTİRME BİÇİMİ

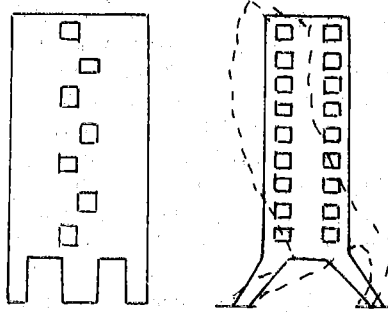
yük almayacağı varsayımına göre hesaplanmış dış cephe perde duvarları yapılmaktadır. Bu duvarlar bir deprem sırasında kesinlikle taşıyıcı perde duvar olarak çalışıp yatay yük alacaklardır ve yukarıda belirtilen zemin katı elastik yapı davranışı kesinlikle olacaktır. 'Zemin Katı Elastik' yapılarda yatay kuvvetlerden oluşan ötelemelerin hemen tamamı (yaklaşık % 70'i) zemin katta oluşur. Bu kattaki kolonlara çok büyük 2 nci mertebeden eğilme momentleri gelir. İlk sarsıntıda yıkılmasalar bile çok ağır hasar göreceklereinden artçı sarsıntılarda çoğunlukla yıkılırlar. Zemin katında perde duvarı olmayan perdeli çerçevesel betonarme yapıların zemin kat kolonlarının büyük öteleme yapabileceği göz önüne alınarak hasar görmeyecek şekilde hesaplanarak yapılması çok güç olmaktadır. Bu nedenle bu tip yapılardan kaçınmak gerekir.

Perde duvarın yapının en üst katına kadar sürekli olmaması perde duvarın kesildiği katta gerilme birikimine yol açar ve bu düzeyde büyük hasar olabilir. Yine 1967 Caracas Venezuela depreminde bölme duvarları (perde duvarlar değil) belli bir kattan sonra yapılmamış bir yapıda, bu kat düzeyinde yapı sanki bıçakla kesilmiş gibi hasar görmüştür ve bölme duvarların bulunmadığı katlar tamamen yıkılmıştır. Bölme duvarların bir katta kesilmesinin böyle bir hasarı doğurabildiği gözönüne alınırsa perde duvarların belli bir katta kesilmesinin yapı için ne kadar büyük ölçüde sakıncalı olabileceği görülebilir. Şekil - 38.

Şekil - 39'da deprem açısından sakıncalı başka perde duvar biçimleri verilmektedir. Eğimli ayaklar üzerine oturan perde duvarlarda zemin katta rijitlik azalması yanında, eğimli ayakların depremlerdeki deformasyonları çok garip biçimlerde olabilir. Bunların klasik yöntemlerle çıkarılması güçtür ve ancak sonlu elemanlar yöntemleri ile hesaplanabilirler. Şekil-39B'deki pencere delikleri şaşırtmalı ve ayaklar üzerinde duran perde duvarda aradaki bağ kirişlerinin boyları çok kısa olmakta bunlara çok büyük kesme gerilmeleri geleceğinden gerek analizleri gereksede deprem kuvvetlerini taşıyabilecek şekilde donatılmaları çok zor olacaktır.



a)



b)

ŞEKİL 39 DEPREM ACISINDAN SAKINCALI
PERDE DUVAR BİÇİMLERİ.

Yukarıda sayılan nedenlerle betonarme yapılarda perdelelerin yapı temeline başlayarak sürekli olmaları ve nispeten basit biçimlerde yapılmaları gerekir. Perde duvarların yatay yük taşımada en etkili oldukları ve yapıya depremde gelen yatay yüklerin en büyük mertebede olduğu zemin katta mutlaka perde duvar bulunması ve duvarların mümkün olduğu kadar basit biçimlerde olması, yapının zemin katında kolonlara oturtulmasından kaçınılması deprem açısından büyük bir zorunluluktur.

Perde duvarların yapı planındaki yerleri de önemlidir. Perde duvarların yapıda burulma etkisi doğurmayacak şekilde düzenlenmesi gerekir. Şekil - 42 de gösterilen Sakarya Valilik yapısında 1967 Adapazarı depreminde önemli hasar olmuştur. Bunun bir nedeni merdiven boşluğu çevresine konulmuş perde duvarların yapıdaki simetriyi bozan bir şekilde yerleştirilmesi ve yapının kütle merkezi ile rijitlik merkezi arasında yaklaşık 3.60 metrelik bir aralık bulunmasıdır. Böylece ortaya çıkan burulma etkisi, dikkate alınmadığından, bir çok kolona burulma dikkate alınmadan yapılmış bir yatay yük dağılımından bulunanın çok üzerinde yük gelip hasara yol açmıştır.

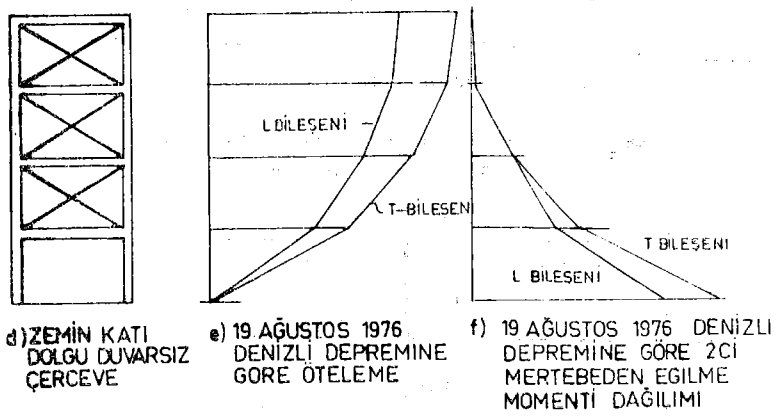
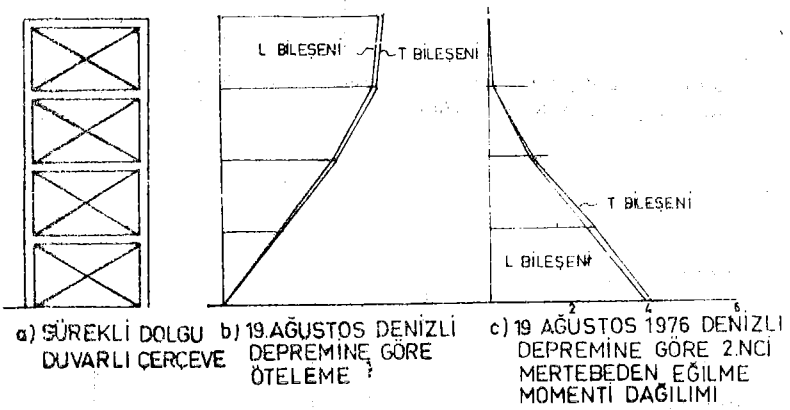
Perde duvarların betonarme çerçevesi yapılarda asansör yada merdiven boşluklarının çevresine yerleştirilmeleri genel bir eğilim olarak görünmektedir. Ancak bu boşluklar yapıda simetrik bir konumda değilse, çevrelerine konulmuş perde duvarlar yapıda burulma etkileri de oluşturucaklardır. Bunun giderilmesi için yapıya ek perde duvarlar konularak rijitlik ve kütle merkezlerinin çakışması sağlanmalıdır. Şekil - 41.

Aslında mimari tasarım sırasında perde duvarların merdiven yada asansör boşlukları çevresine yerleştirileceği ve perde duvarların yapıda simetrik bir konumda olmaları gözönüne alınarak daha mimari tasarım sırasında perde duvarların yerleri saptanmalıdır.

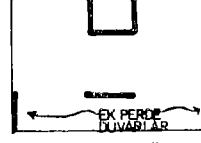
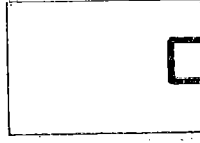
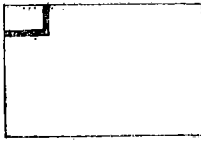
Çerçevesi yapılarda perde duvarlar çoğunlukla yapının kenarlarına yerleştirilmektedir. Böyle bir uygulama pek yüksek olmayan (5-6 katlı) yapılarda uygun olmasına karşılık, yüksek yapılarda devrilme momentleri yapının her iki kenarında toplanacağından, buradaki perde duvarların temellerinin boyutlandırılmasında güçlükler çıkabilir. Yüksek yapıların perde duvarlarının yapı planında dağıtılmış bir biçimde yerleştirilmesi daha uygundur. Şekil - 41. Bu nedenle genellikle yüksek yapılarda perde duvarların yapıdaki merdiven ve asansör boşluklarının çevresine yerleştirilmesi ve bu boşlukların yapının ortasında olmasına dikkat edilir. Bu şekilde ortasında 'delikli boru' biçiminde bir 'çekirdek' ve çevresinde betonarme çerçeveleri olan yapılar ortaya çıkmaktadır. Şekil - 43. Ancak yapının çevresinde de bir miktar perde duvar bulunmasının deprem açısından daha güvenli olduğu ileri sürülmektedir. Şekil - 43b.

TAŞIYICI OLMAYAN ELEMANLAR İLE YAPI İÇİNDEKİ EŞYALARIN KORUNMASI :

Depremlerin oluşturduğu kayıplar yalnızca yapının taşıyıcı sisteminin hasarı ile sınırlı olmamaktadır. Birçok hafif ve orta şiddetli depremde yapıların taşıyıcı sistemlerinin hasar görmemesine karşın yapıdaki eşyalar ve taşıyıcı

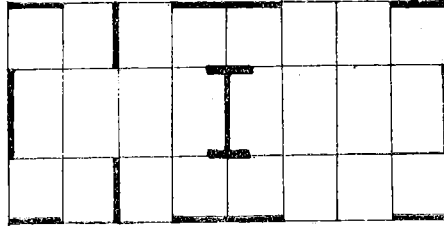
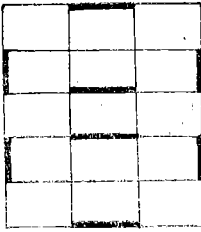


ŞEKİL.40 ZEMİN KATDA TUĞLA DOLGU DUVAR YAPILMASININ ETKİLERİ



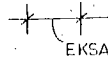
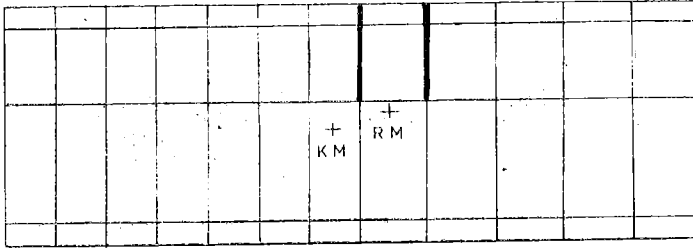
a) BURULMA ETKİLERİ OLUŞTURACAK SİMETRİK OLMAYAN PERDE DUVAR KONUMLARI

b) BURULMAYI ÖNLEYECEK EK PERDE DUVARLAR



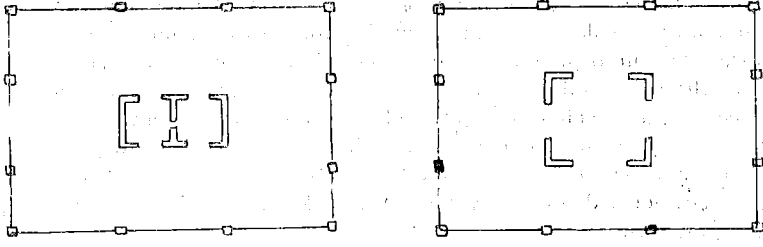
c) DEPREM AÇISINDAN OLUMLU

ŞEKİL - 41 BETONARME YAPILARDA PERDE DUVAR YERLEŞTİRME BİÇİMLERİ

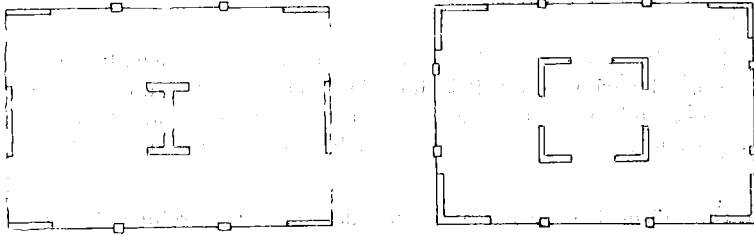


EKSANTRİSİTE

ŞEKİL - 42 SAKARYA HUKUMET KONAGINDA BURULMA ETKİSİ YARATAN EKSANTRİK KONUMLU PERDE DUVARLAR



a) BETONARME PERDE ÇEKİRDEK VE ÇERÇEVELİ YAPILARIN DEPREM DAVRANIŞI YETERLİ OLARAK BİLİNİYOR



b) ÇERÇEVELİ YAPILARDA ÖNERİLEN PERDE DUVAR YERLEŞTİRME SEKİ

SEKİL 43 ÇERÇEVELİ YAPILARA YAPI PLANINDA PERDE DUVAR YERLEŞTİRME BİÇİMİ

olmayan elemanlar büyük hasar görmektedir. Bazen taşıyıcı olmayan elemanlarda ve yapı içindeki eşyalarda olan hasar yapının bedelinin % 50'si düzeyinde olmaktadır. Belkide bundan daha önemlisi bu gibi bölümlerde olan hasar çoğu halde can kaybına da yol açabilmektedir. Hesaplarda yük taşımadıkları kabul edilen dolgu duvarlar gibi bazı taşıyıcı olmayan yapı elemanları yapının depremdeki davranışına olumlu bazen olumsuz katkılarda da bulunabilmektedirler. Bu nedenle depreme dayanıklı yapı tasarımında taşıyıcı olmayan elemanlar ve de yapı içindeki eşyalarında ele alınması gerekmektedir. Çünkü bazı yapıların önemi içlerindeki eşyanın bir deprem sırasında kullanılabilir bir durumda kalmasının gerektirir. Taşıyıcı sistemi hasar görmemiş ancak içindeki haberleşme gereçleri tahrip olmuş bir PTT merkezi için depreme dayanıklı yapılmış demek doğru değildir. Çünkü bu yapı deprem sırasında ve sonrasında kendisinden beklenen ödevi yerine getirememiştir. Bu nedenle bazı yapılar için sadece taşıyıcı sistemin depremde hasar görmemiş olması yeterli değildir. Yapının tüm fonksiyonunu deprem ile yitirmemesi için yapı içindeki bütün unsurların depreme dayanıklı olması gerekmektedir.

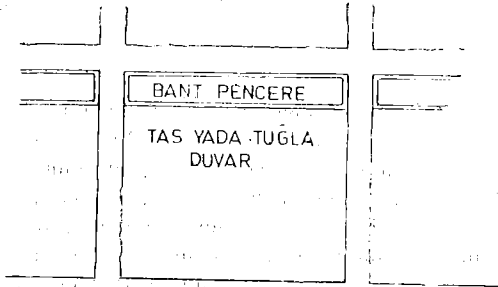
Bölme Duvarları

Tuğla beton briket vb. malzemelerden yapılan bölme duvarlarının normal koşullar altında yük almadıkları kabul edilir. Ancak dolu tuğla ve taş bölme duvarlar ve bir ölçüde asmolen ve boşluklu briket duvarların düşük yatay yükler altında önemli bir rijitlikleri ve yatay kuvvet taşıma güçleri vardır. Böylece özellikle betonarme çerçevesi yapılar da bölme duvarlar yapının şiddetli bir deprem başlangıcında yada hafif bir depremde büyük bir rijitliğe sahip olmalarına yol açarlar. Ancak çerçeveler içinde yer alan bölme duvarları çerçevelerin depremde yapacağı büyük ötelemelere dayanamayıp, çerçeveden gelen yükler altında çatlamaya başlarlar. Dolu tuğlalardan yapılmış duvarlarda çatlama boşluklu cüruf briketten yapılmış duvarlara göre daha güçtür. Tuğla bölme duvarlar fazla çatlamamışlarsa kolonların taşıma güçlerinin zayıflaması halinde, tuğla duvarlar düşey yüklerin bir bölümünü taşıyabilirler.

Tuğla bölme ve dolgu duvarların yapının yatay ötelemelerini kısıtlamada tıpkı perde duvarlar gibi çalıştıkları daha önce de belirtilmişti. Doğaldır ki bu durum depremin hemen başlangıcından yada hafif şiddetli bir deprem için söz konusudur. Ancak bu bakımdan bölme duvarların önemli bir katkısı söz konusudur.

Hasar görmeden önce perde duvar davranışı gösterebilen bölme duvarları, tıpkı betonarme perde duvarlar gibi yapı planında simetrik konumlarda değilse, yada yapının bazı bölümlerinde yoğunlaşmış iseler burulma etkilerininin oluşmasına yol açabilirler.

Bundan başka bölme duvarların yarattığı bir diğer önemli etki 'Kısa Kolon' davranışdır. Şekil - 44'de görülen 'Bant' pencere uygulamaları çoğunlukla bodrum katlarına ve yatakhane ve okul gibi yapılarda koridorlara ışık



ŞEKİL - 44

BANT PENCERELİ TAŞ YADA TUĞLA DOLGU DUVARLARIN KISA KOLON DAVRANIŞI OLUŞTURMASI

gelmesi için yapılmaktadır. Aslında yük almadıkları kabul edilen bu bütün çerçeveyi doldurmayan bölme duvarları, depremde kolonun çevresinde yer aldıkları bölümünün öteleme yapmasını önlerler, pencere düzeyindeki 50-60 cm'lik kolon bölümü ise çok kısa boylu bir kolon olarak çalışır. Boyunun kısalması sonucu bu bölüm çok rijitleşmiş olur ve bu rijitlik ölçüsünde de büyük kesme kuvvetlerine maruz kalarak kırılır. Hesaplarda ise kolonun boyu kat yüksekliği kadar alınmıştır ve daha elastik bir kolon ve dolayısı ile de kolon daha küçük kuvvetlere göre hesaplanmıştır. Kısmi bölme duvarının yukarıda belirtilen etkisi sonucu büyük kuvvetler geldiği zaman kolonda kesme kırılması oluşur. Bu durumun önlenmesi için kolon ya çok büyük kesme kuvvetlerine karşı dayanıklı yapılmalı yada bölme duvarları çerçevenin öteleme- si kısıtlamayacak şekilde çerçeve ile arasında derz bulunacak şekilde yapılmalıdır.

Şekil - 45a'da tavan, giriş ve çerçeveler ile arasında derz bırakılarak yapılmış bölme duvarları görülmektedir. Derz miktarı $h/50-100$ oranında olmalıdır. Burada h = kolonun serbest boyudur. Eğer kolonun boyu 2.50 metre ise bırakılacak derz 2.5.5.0 cm arasında olmalıdır. Derz bırakılan bir uygulamada duvarın düzlemi dışına devrilmesini önleyecek tahditler yerleştirilmesi gerekmektedir. Şekil-45a.

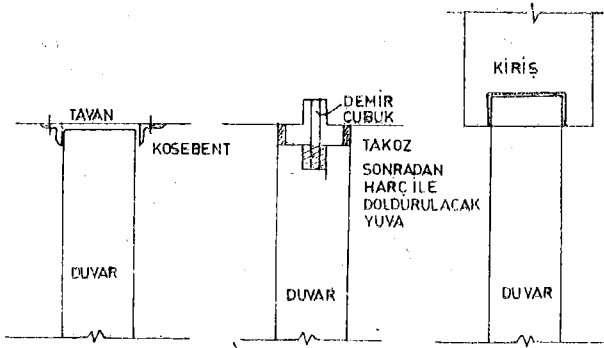
Bazı çok yüksek ve geniş açıklıklı çerçevelerin dolgu duvarlarının depremlerde düzlemleri dışına devrildikleri gözlenmektedir. Açıklık ve yüksekliği 3.00×3.00 metre boyutlarından fazla olan bölme ve dolgu duvarlarının stabilitesi yeterli olmamaktadır. Bunların ara hatılları ile takviyeli olarak yapılmaları gereklidir.

Dolgu duvarların yapının deprem davranışına olan bir başka olumlu katkı ise duvar ve çerçeve arasındaki ve duvar çatladıktan sonra duvar içindeki sürtünme yüzeylerinde yapıya gelen deprem enerjisinin önemli bir bölümünün tüketilmesidir. Bu sonuçta yapıya gelen yüklerin azalmasına yol açar.

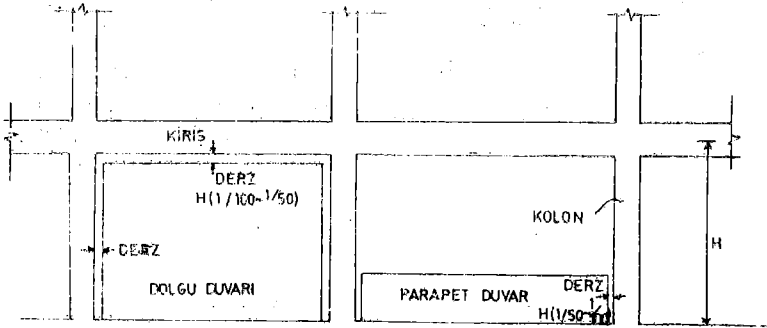
Çerçevesi yapılarla çeşitli malzemeden (alçı, gaz beton vb.) yapılan bölme duvarlarının elastik deformasyon özellikleri ile çerçevenin deformasyon özellikleri karşılaştırılarak bölme duvarların, çerçevenin ötelemelerinden ne ölçüde etkilenebilecekleri, bunu önlemek için bölme duvarının çerçeveden ayrılması vb. önlemler üzerinde durulmalıdır.

Merdivenler :

Merdivenler yapılardaki insanların deprem sırasındaki güvenliği açısından çok önemli yapı elemanlarıdır. Betonarme yapıda depremin şiddetine göre çeşitli ölçüde hasar beklenildiğinden hasarlı yapının deprem sırasında yada sonrasında güvenlik içinde boşaltılabilmesi için merdivenlerin depremde hasar görmemesi gerekmektedir. Merdivenlerin yapıyı oluşturan çerçevelerin içinde yer alan diyagonal elemanlar olarak depremde oluşan yatay kuvvetleri almaktadırlar. Merdivenlerin bulunduğu çerçeveler diğer yapı çerçevelerine göre daha rijit olacaklarından, bu çerçevelere çok daha büyük kuvvet gelmesi beklenir. Merdivenli çerçeve aslında depremde gelecek yatay kuvvetler altında Y yada K diyagonal elemanları olan bir çerçeve gibi çalışacaktır. Yatay



a) DUVARLARIN TAVAN VEYA KIRIŞLERDE KAYICI MESNETLİ OLARAK BAĞLANMASI



SEKİL . 45 b) DOLGU DUVARLARIN CERCEVENİN ÖTELEMELERİNDEN KORUNMAK İÇİN DERZLİ OLARAK YAPIMI

kuvvetlerden dolayı merdiven plağına moment ve çekme ve basınç kuvvetleri gelecektir. Çoğu zaman 25 cm kalınlığında 1.20 m. genişliğinde bir plak olan merdivenin büyük bir rijitliği vardır. Merdiven plağına gelen çekme kuvvetleri çoğu zaman beton plağın beton kesidinin çatlamasına ve merdivenin sahanlığa yalnızca donatı tarafından bağlanarak taşınmasına yol açmaktadır. Sonuç olarak klasik merdiven uygulamaları merdivenlerde deprem de önemli hasara yol açmaktadır. Yapı güvenliği açısından merdivenlerin hasarını önlemek için ya merdivenler yapıdan derzler ile ayrılmış bloklar olarak düşünölmeli yada merdiven kirişı bir ucundan kayıcı mesnetti olarak Şekil - 46'da gösterilen biçimde yapılmalıdır.

Pencereler :

Pencere camlarının yapının depremde yaptığı yatay ötelemelere dayanamayıp aniden patladıkları sık sık göröölür. Bu insan hayatı için çok tehlikelidir. Pencere camlarının kasalara kayıcı bir şekilde takılmaları, kasalar yatay öteleme sonucu deforme olsalar bile camı sıkıştırmayacaklarından, camrın kırılması önleneyecektir. Özellikle metalik pencere kasaları (demir yada alüminyum) çok daha rijit olduklarından, pencere detaylarında bu durumun gözönünde tutulması gerekir.

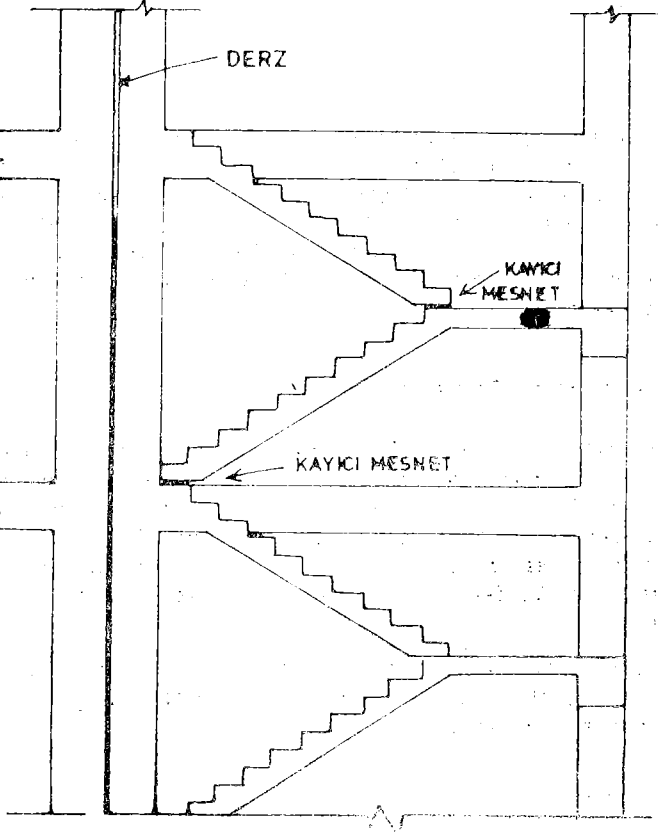
Duvar Kaplamaları ve Kornişler :

İç ve Dış duvarlarda karo mozayik, mermer vb. kaplamalar duvarlara harç ile bağlanmaktadır. Harçların çekme ve aderans dayanımları ve kopma birim deformasyonları bellidir. Yapının depremde büyük yatay ötelemeler yapması bu kaplama malzemelerini duvarlara yapıştırıran harcın aderans dayanımının ve kopma birim deformasyonunun aşılması ve bu ağır kaplama malzemesinin yerinden düşerek yapı içindeki ve dışındaki kişı ve eşyalara zarar vermesi olasılığı vardır.

Yine yapı içinde yada dışındaki korniş, pandantif vb. süs elemanlarının yada asılı elemanların yerlerinden ve ankrajlarından koparak can ve mal kaybına yol açmaları tehlikesi vardır.

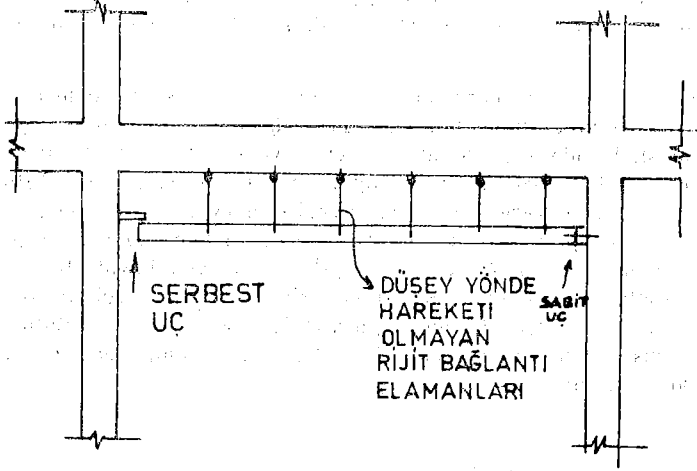
Asma Tavanlar :

Asma tavanların döşemelere iyi bağlanmamış olması yada asma tavan içinde serbest olarak hareket eden kaplama plakalarının bulunması bunların depremde yerlerinden koparak oda içindeki kişı ve eşyaların üzerine düşerek can ve mal kaybına yol açma tehlikesi vardır. Aynı şekilde tavana asılı aydınlatma armatürlerinin de bir deprem sırasında kopup düşmeleri yada büyük salınımlar yaparak tavana çarpıp hasar görmeleri önlenmelidir. Şekil - 47'de gösterildiği gibi asma tavanların sadece tavana asılı olarak yapılması yeterli değildir. Bunların ayrıca bir uçlarından duvara bağlı, diğer uçlarından kayıcı mesnetli olması gerekir. Bu durumda asma tavan çerçeve ile birlikte yatay öteleme yapacağından çerçevenin yatay ötelemeleri sonucu asma tavanın duvarlara çarpıp hasar görmesi önlenebilecektir.



SEKİL - 46

DEPREMLER HANGAR GÖRMEYE EK
MERDİVEN DİŞİ - A.B.



ŞEKİL -47 ASMA TAVANLARIN YAPININ ÖTELEMELERİNDEN ETKİLENMEYECEK ŞEKİLDE YAPIMI

Yapı İçindeki Eşyaların Korunması :

Deprem sırasında yapıda oluşacak büyük ötelemeler yapı içindeki eşyaların devrilerek hasar görmesine yol açmaktadır. Bunun önlenmesi için yapının yatay ötelemelerini kısıtlayan ve yapının büyük yatay kuvvetler altında fazla öteleme yapmasını önleyen rijitliği yüksek perde duvarların kullanılması gerekir. Ancak buna karşılık yine de yapı içinde bulunan ve narinlik oranı yüksek, dolap, serbest duran raflar makine ve donatımların korunması için yere iyi tesbit edilmesi gerekmektedir.

Yönetmelik uyarınca yapıların deprem hesabı yapılırken kullanılan formülde I olarak nitelen yapı önem katsayısıda bulunmaktadır. İçinde önemli şeyleri saklayan yapılar bir deprem sırasında yada hemen sonra kullanılması gereken yapıların önem katsayısı 1.5 olarak alınmak zorundadır. Yani bu yapıların % 50 daha büyük bir deprem kuvvetine elastik olarak dayanacak şekilde yapılması istenmektedir. Daha büyük deprem kuvvetine göre yapılmış yapılar daha az öteleme yapacaklardır. Yapının depremdeki ötelmesinin az olması yapı içindeki eşyaların hasarını bir ölçüde önleyebilir. Ancak bir müze içindeki değerli paha biçilmiz olan bir heykelin, bir hastane içindeki bir ilaç dolabının, bir röntgen cihazının devrilmesini önleyebilecek en etkili önlem bunların yere iyi tesbit edilmiş olmasıdır. Aynı durum yapıların içindeki eşya, makine vb. şeyler içinde söz konusudur. Bunların yere tesbiti aletlerin depremden hemen sonra kullanımı gerekli ise zorunludur. Önemli oluşu kullanım fonksiyonu ve içindeki eşyaların değerine bağlı olan bir yapının, diğer yapılara göre daha büyük bir

kuvvete göre hesaplanması ise, yapının taşıyıcı ve dış etkenlere karşı koruyucu bir unsur olarak deprem sırasında ve sonrasında görevini yerine getirmesi için gereklidir.

Bu nedenle önemli şeyleri koruyan bir yapının ve bu önemli şeylerin depremde sonra hemen kullanılması için hem daha yüksek bir deprem katsayısına göre hesaplanması, hemde yapı içindeki önemli ve değerli alet, teçhizat ve eşyaların yere devrilmeyecek biçimde sağlam tesbiti gerekmektedir. Bunun sağlanması için eşyaların yere tesbitinde, ankrajların eşyanın ağırlığının yaklaşık % 50'sine eşit bir yatay kuvvete dayanabilecek şekilde yapılmaları gereklidir. Yapı içinde önemsiz (depremde hasar görmesi sonucu hayati fonksiyonların yerine getirilmesine engel olmayan) şeylerin, yere tesbit edilmiş önemli elemanlara çarparak onlarda da hasar yaratmaları söz konusu olabilir. Bu nedenle önemli unsurların çevresindeki bütün diğer elemanların da yere tesbit edilmesinde yarar vardır.

KUZEY ANADOLU FAY ZONUNDA DEPREM - KAYNAK PARAMETRELERİNİN MAGNİTÜDLE İLİŞKİSİ

Dr. Ülben Ezen (*)

ABSTRACT

The relations between earthquake source parameters and magnitude are examined using macroseismic observations of 8 major earthquakes ($M_s > 6$) that occurred along the North Anatolian Fault Zone during 1939-1967. The relationships between magnitude (M_s) and seismic source parameters such as seismic energy, seismic moment, fault length, fault area, seismic slippage and stress-drop have been determined from static properties of earthquakes in question.

In the determination of empirical relations, the type of faulting of 8 major earthquakes were assumed as strikeslip, Vertical extension of fault plane was taken as 15 km. The empirical relations found in this study seem to be similar to those published earlier strike-slip type faulting. Any differences between these and ours can be interpreted in terms of regional variation of seismic efficiency.

ÖZET :

Kuzey Anadolu Fay zonunda 1939-1967 döneminde olmuş magnitüdü $M_s > 6$ olan 8 büyük depremin makrosismik gözlemleri kullanılarak, deprem kaynak parametrelerinin magnitüdle ilişkisi araştırılmıştır. İncelenen depremlerin statik özelliklerinden yararlanarak, sismik enerji, sismik moment, fay boyu, fay yüzeyi alanı, yerdeğiştirme ve gerilme-düşümü gibi kaynak parametrelerinin magnitüdle olan ampirik ilişkisi saptanmıştır.

Bu ampirik bağıntıların saptanmasında 8 büyük depremin faylanma türü doğrultu atımlı fay olarak

(*) İ.T.Ü. Maden Fakültesi, Jeofizik Kürsüsü.

kabul edilmiş ve fay düzlemi derinliği 15 km. olarak alınmıştır. Çalışmada bulunan ampirik bağıntıların bazıları daha önceleri başkalarınınca doğrultu atımlı faylanma türü için saptanmış bağıntılara benzemektedir. Öte yandan benzemeyen bazı bağıntıların, diğerlerinininkinden olan farklılığı sismik aktivitenin bölgeden bölgeye olan değişimi olarak yorumlanabilir.

GİRİŞ :

1939 yılında oluşmaya başlayan büyük depremler nedeniyle Kuzey Anadolu fayı geniş bir güncelliğe kazanmıştır. Bu fay zonu yeryüzünün aktif doğrultu atımlı bir fay zonu olan San Andreas Fay'ına çok benzemektedir. Nevar ki bu fay zonu boyunca oluşmuş sadece 8 büyük depremin arazide gözlemleri yapılabilmektedir. (Ketin 1969, Ambraseys 1970). Bu depremlerde arazide ölçülen yerdeğiştirme miktarı 30 cm. den 430 cm. ye kadar değişmektedir. Fay sadece bir yerde Gerede'de (İsmetpaşa istasyonunda) Krip olayı sergilemektedir. Ancak fayın statik ve dinamik karakteristiğini çıkarmak için bunların dışında daha pek çok bilgiye gereksinim vardır.

İşte biz çalışmamızda, duyulan bu gereksinime bir ölçüde katkıda bulunmak için Kuzey Anadolu Fay zonu boyunca bazı istatistik incelemeler yaptık.

Bu amaçla kaynak parametrelerinin magnitüdle olan ilişkisini simgeleyen bazı ampirik bağıntıları saptadık. Tablo 1 de incelediğimiz depremlerin listesi. Şekil 1 de ise bu depremlerin episantr dağılımları görülmektedir.

SİSMİK MOMENT - MAGNİTÜD İLİŞKİSİ

Bir depremin statik özelliklerini kullanarak, statik sismik moment

$$M_0 = \mu \bar{D} S \quad (1)$$

şeklinde tanımlanabilir. Burada μ ortamın rijiditesini, \bar{D} ortalama dislokasyonu (yerdeğiştirmeyi) ve S fay yüzeyinin alanını göstermektedir (Aki 1966, 1972). Keza sismik moment depremin dinamik özelliklerinden yararlanarak (spektral yoldan) da saptanabilir (Kasahara 1957, Tsai ve Aki 1969, Brune 1970, Hanks ve Wyss 1972, Trifunac 1972). Ancak bu tür bir çalışma için kaynağın geometrisi, ortamın elastik özellikleri ve kaynak-zaman fonksiyonu gibi bilgilerin bilinmesine gereksinim vardır. Sismik moment ile magnitüd arasındaki ilişki doğrusal olup

$$\text{Log } M_0 = \alpha + \beta M \quad (2)$$

şeklinindedir.

Wyss ve Brune (1968) yerel magnitüd (M_L) ile moment arasındaki bu doğrusal ilişkiyi Batı Amerika için,

$$\log M_0 = 1.7 M_L + 15.1 \quad 3 < M_L < 6 \quad (3)$$

şeklinde vermiştir. Thatcher ve Hanks (1973) 138 güney Kaliforniya depremi için

TABLO 1 : İNCELENEN DEPREMLERİN LİSTESİ.

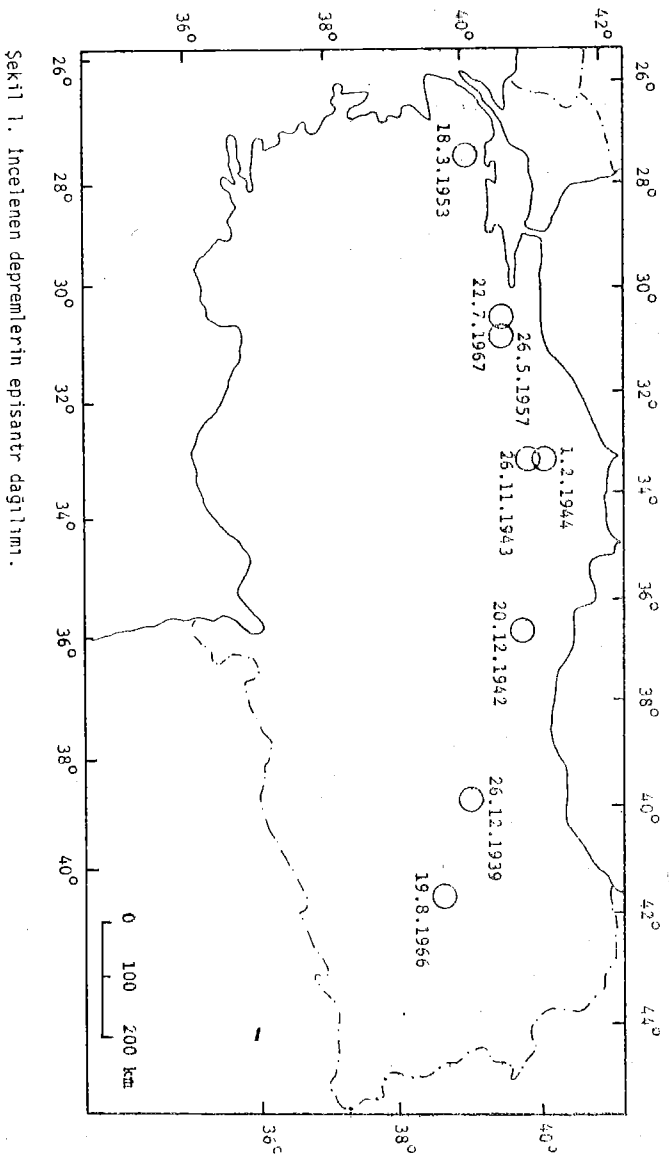
Tarih	GMT		(N) Enlen	Boylu (E)	Magnitüd M _s	Kaynaklar	
	Oluş	Zam				Karnik 1969,	Dewey 1976
1939.12.26	23:57:20		39.80	39.38	8.0	»	»
1942.12.20	14:03:07		40.66	36.35	7.0	»	»
1943.11.26	22:20:43		40.97	33.22	7.3	»	»
1944.02.01	03:22:35		41.10	33.22	7.3	»	»
1953.03.18	19:06:16		40.01	27.49	7.5	»	»
1957.05.26	06:33:26		40.58	31.00	7.0	»	»
1966.08.19	12:22:10		39.19	41.48	6.8	»	»
1967.07.22	16:56:57		40.57	30.80	6.9		

TABLO 2 : İNCELENEN DEPREMLERİN ARAZİDE GÖZLENMİŞ FAY BOYU VE YERDEĞİŞTİRME MİKTARLARI.

Tarih	M _s	L km	UH (cm) UV (cm)		Kaynaklar
			UH (cm)	UV (cm)	
1939.12.26	8	300	370 RL	200 N	Parajes et al. 1941, Pamir ve Ketin, 1941
1942.12.20	7	50	175 RL	50 N	Blumenthal 1943, Ketin 1948
1943.11.26	7.3	280	150 RL	100 N	Blumenthal 1945, Ketin 1969, Tokay 1973
1944.02.01	7.3	180	350 RL	100 N	Ketin 1948, Tokay 1973
1953.03.18	7.5	50	430 RL	0	Ketin ve Roesli (1953)
1957.05.26	7.0	40	160 RL	40	Öcal 1959, Ketin 1969
1966.08.19	6.8	60	30 RL	—	Wallace 1968, Ketin 1969
1967.07.22	6.9	80	190 RL	125 N	Ambraseys ve Zatopek 1969

M_s : Yüzeysel dalgası magnitüdü; L : Fay boyu; UH : Maksimum yatay yerdeğıştirme;

U_v : Maksimum düşey yerdeğıştirme; N : Kuzey blok aşağı kaymış; RL : Sağ yanıl atım (Dewey 1976) dan.



Sekil 1. Incelenen depremlerin episantur dağılımı.

$$\log M_0 = 1.5 M_L + 16.0 \quad 2 < M_L < 7 \quad (4)$$

bağıntısını vermişlerdir. Brune ve King (1967) yüzey dalgası magnitudü (M_s) için

$$\log M_0 = M_s + 19.2 \quad 5 < M_s < 7 \quad (5)$$

Purcaru ve Berckhemer (1978) yine M_s magnitudü için

$$\log M_0 = 1.33 M_s + 16.1 \quad 5 < M_s < 7 \quad (6)$$

bağıntılarını vermişlerdir.

Kuzey Anadolu Fay zonu boyunca moment-magnitud ilişkisi ilk defa Canitez ve Ezen (1973) tarafından incelenmiştir. Canitez ve Ezen (1973) büyük depremlerin arazide gözlenmiş statik parametrelerini kullanarak cisim dalgası magnitudü (m_b) için aşağıdaki bağıntıyı vermişlerdir.

$$\log M_0 = 1.33 m_b + 17.0 \quad 6 < m_b < 8 \quad (7)$$

Verdikleri bu bağıntıda sismik momentleri hesaplariken fay düzleminin derinliğini 20 km. almışlardır. Bu çalışmada ise biz bu konuyu farklı bir kabulle yeniden ele aldık. Sahâ gözlemleri yapılmış 8 büyük depremin statik özelliklerini kullanarak sismik moment - magnitud (M_s) ilişkisini yeniden inceledik. Hesaplamalarımızda $\mu = 3.3 \times 10^{11}$ dyn/cm² ve ortalama yerdeğiştirmeyi $D = 3/4 D_{max}$ (Brune ve Allen 1967) aldık. Ayrıca fay düzleminin derinliğini ise 15 km. olarak varsaydık. Bu varsayımımız aslında makuldu zira Kuzey Anadolu Fay zonunda oluşan depremlerin odak derinliklerinin Canitez ve Toksöz (1971) tarafından yapılan araştırmaya göre 20 km den daha sığ olduğu saptandı.

Tablo 2 de, incelediğimiz 8 büyük depreme ilişkin arazide gözlenmiş fay boyu (L), maksimum yatay ve düşey yerdeğiştirme miktarları görülmektedir (Dewey 1976). Bu değerler kullanılarak 8 büyük deprem için bulunan statik sismik moment değerleri ise Tablo 3 de verilmiştir. En küçük kareler yöntemi ile bu sismik moment değerlerinden geçirilen doğrunun denklemi

$$\log M_0 = 1.23 M_s + 17.96 \quad 6 < M_s < 8 \quad (8)$$

şekindedir. Bu ampirik bağıntıya ilişkin grafik Şekil 2 de görülmektedir.

KUZEY ANADOLU FAY ZONUNDA GERİLME DÜŞÜMÜ

Bir depremin oluşturduğu yüzeydeki yerdeğiştirmeye neden olan; başlangıç gerilmesi (σ_0) ile bitim gerilmesi (σ_1) arasındaki gerilme farkı $\Delta \sigma = \sigma_0 - \sigma_1$ gerilme-düşümü olarak adlandırılır. Bir makaslama dislokasyonunda gerilme-düşümü (stress-drop) basit türde

$$\Delta \sigma = \eta u \frac{U_m}{A} \quad (9)$$

(Aki 1967, Brune ve Allen 1967) şeklinde verilmektedir. Burada U_m maksimum rölatif yerdeğiştirme, μ ortamın rijiditesi, A fay düzleminin derinliği ve η ise

TABLO 3 : İNCELENEN DEPREMLERE İLİŞKİN KAYNAK PARAMETRELERİ.

Tarih	M_s	L (km)	W (km)	S (km ²)	D_{max} (cm)	$M_0 \times 10^{24}$ dyn.cm	log M_0	$\Delta\sigma +$ (Bar)	$\Delta\sigma^*$ (Bar)
1939.12.26	8	300	15	4500	370	4120	27.61	38.45	63.
1942.12.20	7	50	15	750	175	324	26.51	18.18	45.
1943.11.26	7.3	280	15	4200	150	1550	27.19	15.58	23
1944.02.01	7.3	180	15	2700	350	2330	27.36	36.36	48
1953.03.18	7.5	150	15	750	430	798	26.90	44.69	65.
1957.05.26	7.0	40	15	600	160	237	26.37	16.63	24
1966.08.19	6.8	60	15	900	30	68	25.83	3.18	9
1967.07.22	6.9	80	15	1200	190	564	26.75	19.75	90

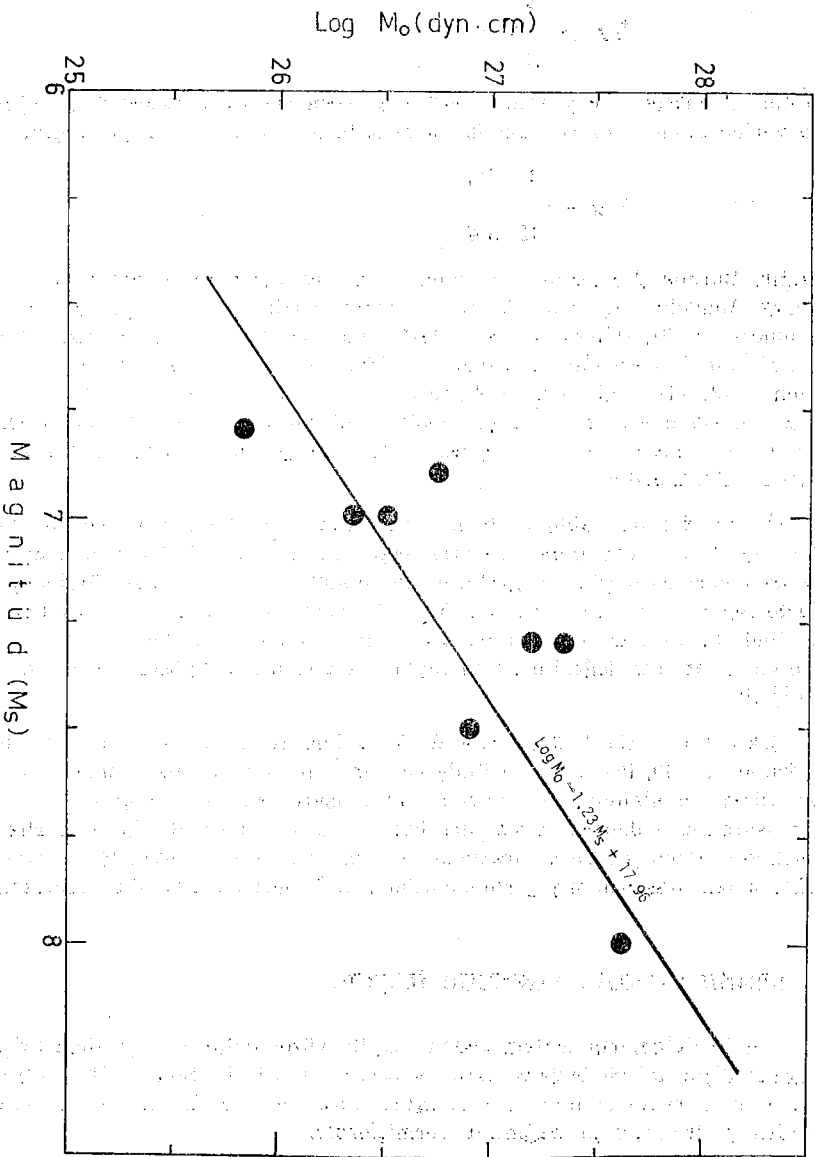
M_s : Yüzey dalgası magnitudü, L : Fay boyu; W : Kabul edilen fay düzleminin derinliğini; S : Fay yüzeyi alanı; D_{max} : Gözlenen maksimum yatay yerdeğiştirme; M_0 : Statik sismik moment; $\Delta\sigma$: Gerilme-düşümü + bu çalışmayı x North (1977) un çalışmasını singelemektedir. North (1977) çalışmasında W = 10 km almış ve L, D değerlerini bizden farklı kullanmıştır. (Bak North 1977, s. 158).

TABLO 4 : İNCELENEN DEPREMLERE İLİŞKİN KAYNAK PARAMETRELERİ.

Tarih	M_s	log M_0 D/L	Log ΔF	log M_0/W	log D (cm)	log S (km ²)	log L (km)	log LD ² (cm ³)
1939.12.26	8	22.70	19.23	21.43	2.56	3.65	2.47	12.61
1942.12.20	7	22.05	18.13	20.33	2.24	2.87	1.69	11.18
1943.11.26	7.3	21.92	18.81	21.01	2.17	3.62	2.44	11.79
1944.02.01	7.3	22.65	18.99	21.19	2.54	3.43	2.25	12.34
1953.03.18	7.5	22.83	18.52	20.72	2.63	2.87	1.69	11.96
1957.05.26	7.0	21.97	17.99	20.19	2.20	2.77	1.60	11.01
1966.08.19	6.8	20.53	17.45	19.65	1.47	2.95	1.77	9.73
1967.07.22	6.9	22.12	18.37	20.57	2.27	3.07	1.90	11.46

M_s : Yüzey dalgası magnitudü, $M_0 D/L$: Sismik enerji (E_s); ΔF : toplam kuvvet düşmesi; W : Kabul edilen fay düzlemi derinliği; D : Gözlenmiş maksimum yatay yerdeğiştirme; L : Gözlenmiş fay boyu; S : Fay yüzeyi alanı'

Sakıt 21: Kuzey Anadolu'lu Fay zonunda sismik moment (M_0)-magritüd (M_s) ilişkisi.



kaynağın türünü kontrol eden bir faktördür. Doğrultu atımlı faylanmalar için $\eta = 2/II$ (Knopoff 1958) $A = W$ ve ortalama yerdeğiştirme $D = 3/4 U_m$ (Bruze ve Allen 1967) atanarak (9) bağıntısı

$$\Delta \sigma = \frac{2 \bar{D}}{II W} \quad (10)$$

şeklini alacaktır. Öte yandan sismik momentin (1) deki değeri (10) bağıntısında yerine konacak olursa sismik moment türünden gerilme düşümü şeklini ala-

$$\Delta \sigma = \frac{2 M_0}{II SW} \quad (11)$$

caktır. Burada $\Delta \sigma$ gerilme - düşümü ve S fay yüzeyinin alanıdır ($S = L \times W$). Kuzey Anadolu Fay zonunda bazı depremler için gerilme-düşümü değerleri Chinnery (1969), Hanks ve Myss (1972), Ezen (1972), Canitez ve Ezen 1973) ve North (1977) tarafından incelenmiştir. Ezen (1972) (9) bağıntısını Canitez ve Ezen (1973) (11) bağıntısını kullanarak ve odak derinliğini $W = 20$ km olarak Kuzey Anadolu Fay zonunda gerilme-düşümlerini $m_b > 7$ için 10 ila 35 bar arasında bulmuşlardır. $m_b < 7$ depremler için ise gerilme-düşümü 10 bardan daha küçük bulmuşlardır.

Öte yandan biz tablo 3 teki moment değerlerini kullanarak ve fay düzlemi derinliğini $W = 15$ km olarak ve (11) bağıntısını kullanarak 8 büyük deprem için yeniden gerilme-düşümü değerlerini hesapladık. Tablo 3 tendeye göre olduğu gibi Varto depremi dışında (19.8.1966, $M_s = 6.8$ Kuzey Anadolu Fayı boyunca gerilme-düşümü 10 ile 50 bar arasındadır. Varto depreminin gösterdiği ayrıcalık ise, bu depremin tam bir doğrultu atımlı faylanma mekanizması göstermemesine dayanabilir.

Şekil 3 te; (11) bağıntısında $W = 15$ km atanarak sabit gerilme-düşümü doğruları (1, 10, 100 bar..) çizilmiş ve her depremin sismik moment değerleri fay yüzeyinin alanının fonksiyonu olarak işaretlenmiştir. Şekilden görüldüğü gibi işaretlenen depremlerden biri hariç (Varto) hepsi 10 ila 50 barlık sabit gerilme-düşümü doğrusu arasında kalmaktadır. Bu görüntü, bu depremlerin tablo 3 teki hesaplanmış gerilme-düşümü değerleri ile uygunluk içindedir.

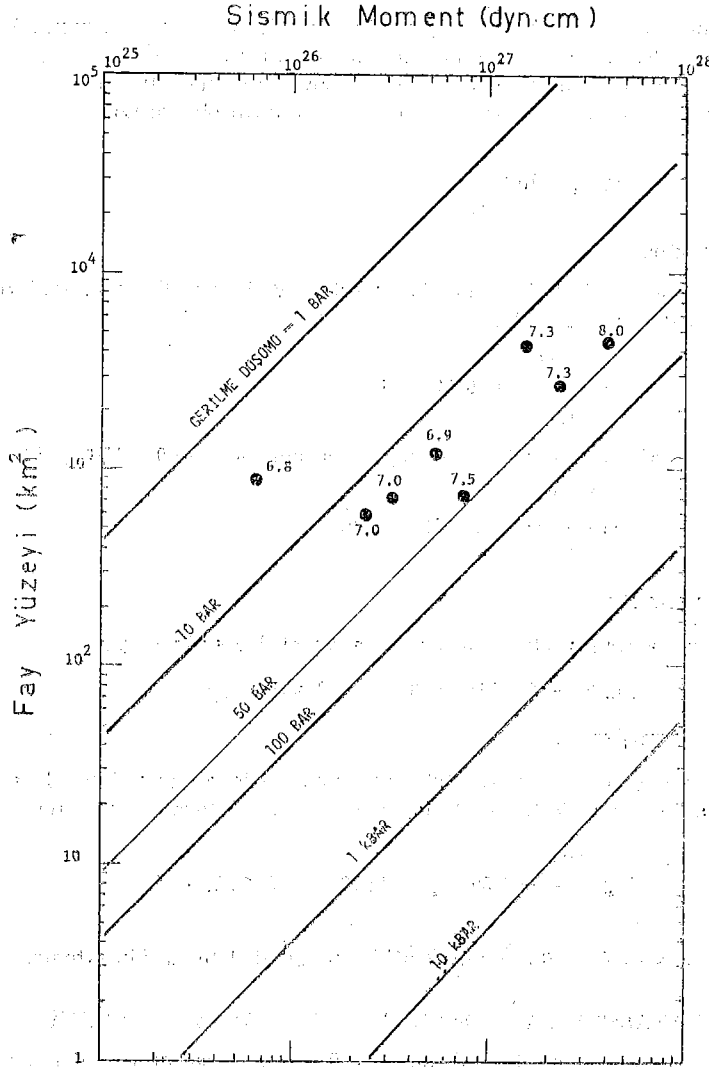
SİSMİK ENERJİ - MAGNİTÜD İLİŞKİSİ :

Sismik dalgaların toplam enerjisi E_s ile yüzey dalgası magnitüdü (M_s) arasındaki ilişki, içlerinde Gutenberg ve Richter (1956) ile Both (1958, 1973) olmak üzere çoğu araştırmacılarca incelenmiştir. Gutenberg ve Richter (1958) defalarca gözden geçirdikleri şu bağıntıyı vermişlerdir.

$$\log E_s = 1.5 M_s + 11.8$$

$$\log E_s = 2.4 m_b + 5.8$$

Bath (1958) yüzey dalgası dizilerinin integrasyonundan, yüzey dalgası enerjisi e_s ile M_s arasındaki ilişkiyi saptamaya çalışmıştır. Daha sonra e_s den toplam E_s e geçerek



Şekil 3. Kuzey Anadolu Fay zonunda sismik moment (M_0)-fay yüzeyi alanı (S) ve gerilme düzeyi ($\Delta\sigma$) ilişkisi. Değerler üzerindeki sayılar büyüklüğü belirtilmektedir.

$$\log E_s = 1.44 M_s + 12.24 \quad (13)$$

bağıntısını vermiştir.

Ohnaka (1978) ise toplam enerji E_s in direkt biçimde dairesel fay modeli için

$$M_0 D/2R$$

terimi ile orantılı olduğunu önermiştir. Bu terimde M_0 sismik moment, D yer-değiştirme ve $2R$ dairesel kırığın çapıdır. Doğrultu atımlı fay modelini dikdörtgen bir kırık olarak düşünüp bu kırığın L boyu terimde $2R = L$ olarak atan-
dığında, doğrultu atımlı faylanma için E_s in orantılı olduğu terim

$$\log E_s = \log \frac{M_0 D}{L} \quad (14)$$

şeklini alacaktır.

Ohnaka (1978) (14) bağıntısını düşünerek, $\log M_0 D/L$ ile magnitüd arasında, 54 büyük deprem için ($M_s > 5.5$)

$$\log \frac{M_0 D}{L} = 1.89 M_s + 8.82 \quad (15)$$

bağıntısını ve 60 tane yerel Kaliforniya depremi için ($2.0 < ML < 6.8$)

$$\log \frac{M_0 D}{L} = 1.88 ML + 9.07 \quad (16)$$

bağıntısını vermiştir.

Thatcher ve Hanks (1973) Kaliforniya yerel depremleri için

$$\log E_s = 2.0 M_L + 8.1 \quad 2 < 2M_L < 7 \quad (17)$$

bağıntısını vermişlerdir.

Bu çalışmada bizde Ohnaka (1978) nin yolunu izleyerek ve Tablo 4 te sunulan değerleri kullanarak Kuzey Anadolu Fayı için bu türden bağıntıyı

$$\log \frac{M_0 D}{L} = 1.30 M_s + 12.72 \quad 6 < M_s < 8 \quad (18)$$

şeklinde bulduk. (18) bağıntısının grafiği ise Şekil 4 te görülmektedir.

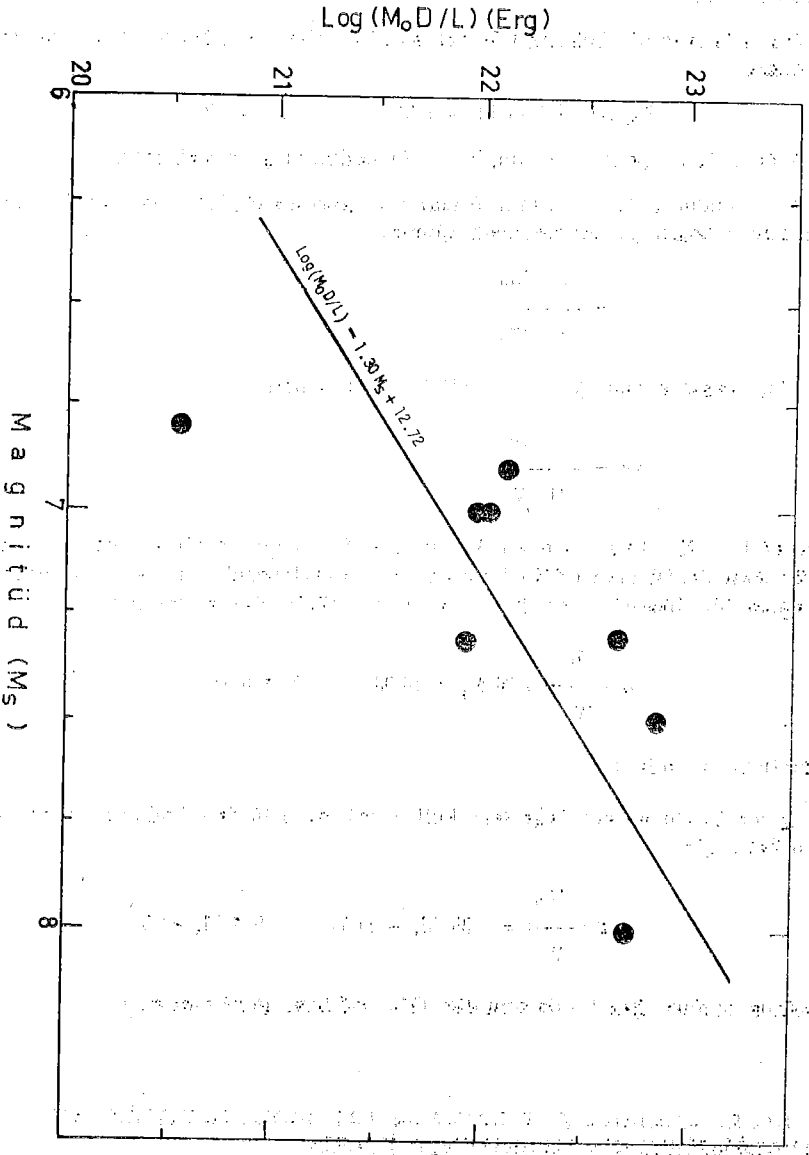
KUZAY ANADOLU FAY ZONUNDA TOPLAM KUVVET DÜŞÜMÜ

Ohnaka (1978) toplam kuvvet düşümünü (total force drop) yeni bir parametre olarak

$$\Delta F = \Delta \sigma \cdot S \quad (19)$$

şeklinde tanımladı. Burada ΔF toplam kuvvet düşümü, S fay yüzeyi alanı üzerindeki $\Delta \sigma$ gerilme-düşümünü simgelemektedir. Gerilme düşümünün logaritması $\log \Delta \sigma$ ile yerel magnitüd M_L arasında bir korelasyon bulunmamasına karşılık, toplam kuvvet düşümünün logaritması $\log \Delta F$ ile M_L arasında iyi bir

Ekliptik 4. Kuzey Anadolu'lu Fay zonunda sismik enerji ($M_0 D/L$) - magnitud (M_s) ilişkisi.



korelasyonun varlığı önerildi. Ohnaka (1970) bu önerisini Kaliforniya yerel depremlerine uygulayarak

$$\log \Delta F = 1.07 ML + 12.81 \quad 2 < ML < 26.8 \quad (20)$$

bağıntısını verdi.

Bizde benzer bir bağıntıyı Kuzey Anadolu Fayı için Tablo 4 teki değerleri kullanarak

$$\log \Delta F = 1.23 M_s + 9.57 \quad 6 < M_s < 8 \quad (21)$$

şeklinde bulduk. Şekil 5 te ampirik (21) bağıntısı görülmektedir.

Öte yandan doğrultu atımlı faylar için gerilme-düşümü ile sismik moment arasındaki bağıntıyı hatırlayacak olursak

$$\Delta \sigma = \frac{2 M_0}{II SW} \quad (22)$$

idi. (22) bağıntısında $\Delta \sigma \cdot S = \Delta F$ konacak olursa

$$\Delta F = \frac{2 M_0}{II W} \quad (23)$$

elde edilir. (23) bağıntısından ΔF in M_0/W terimi ile direkt orantılı olduğu görülmektedir. Ohnaka (1978) bu orantıdan yararlanarak $\log M_0/W$ ile magnitud arasında bir ilişkinin varlığını aramış ve büyük depremler için

$$\log \frac{M_0}{W} = 1.34 M_s + 10.93 \quad M_s > 5.5 \quad (24)$$

bağıntısını vermiştir.

Bizde Tablo 4 teki değerleri kullanarak aynı türden bağıntıyı Kuzey Anadolu Fayı için

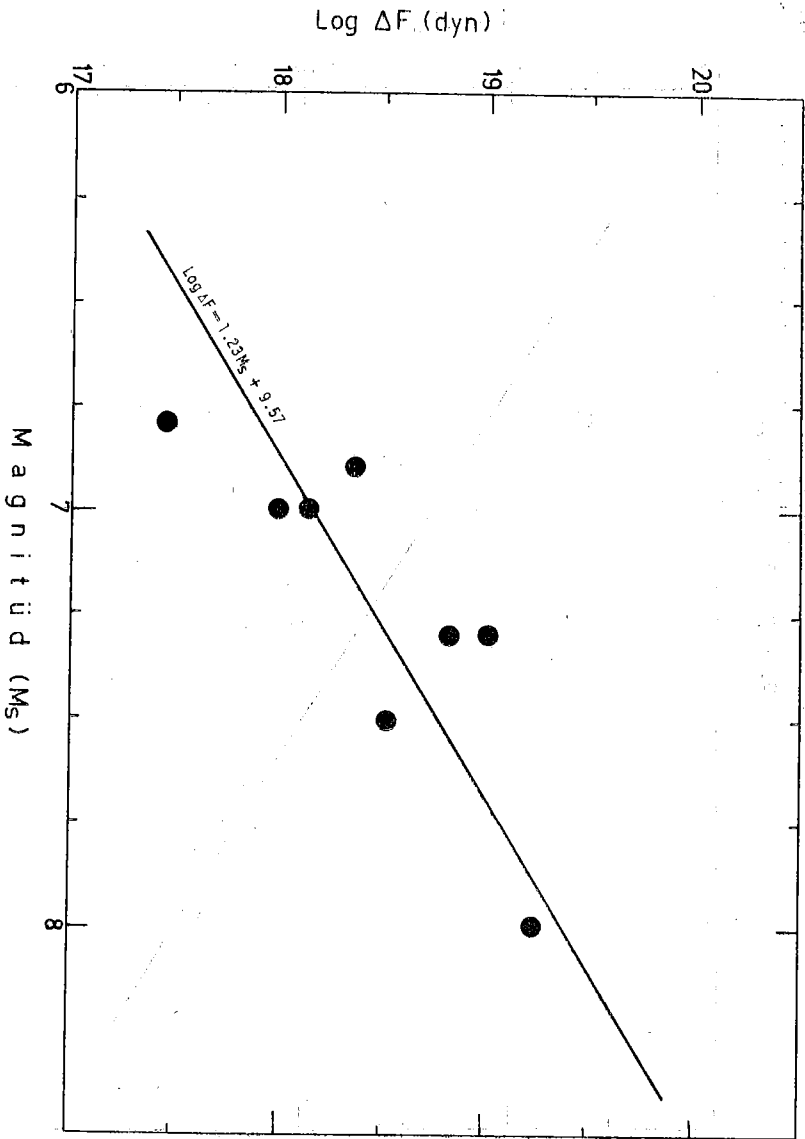
$$\log \left(\frac{M_0}{W} \right) = 1.23 M_s + 11.77 \quad 6 < M_s < 8 \quad (25)$$

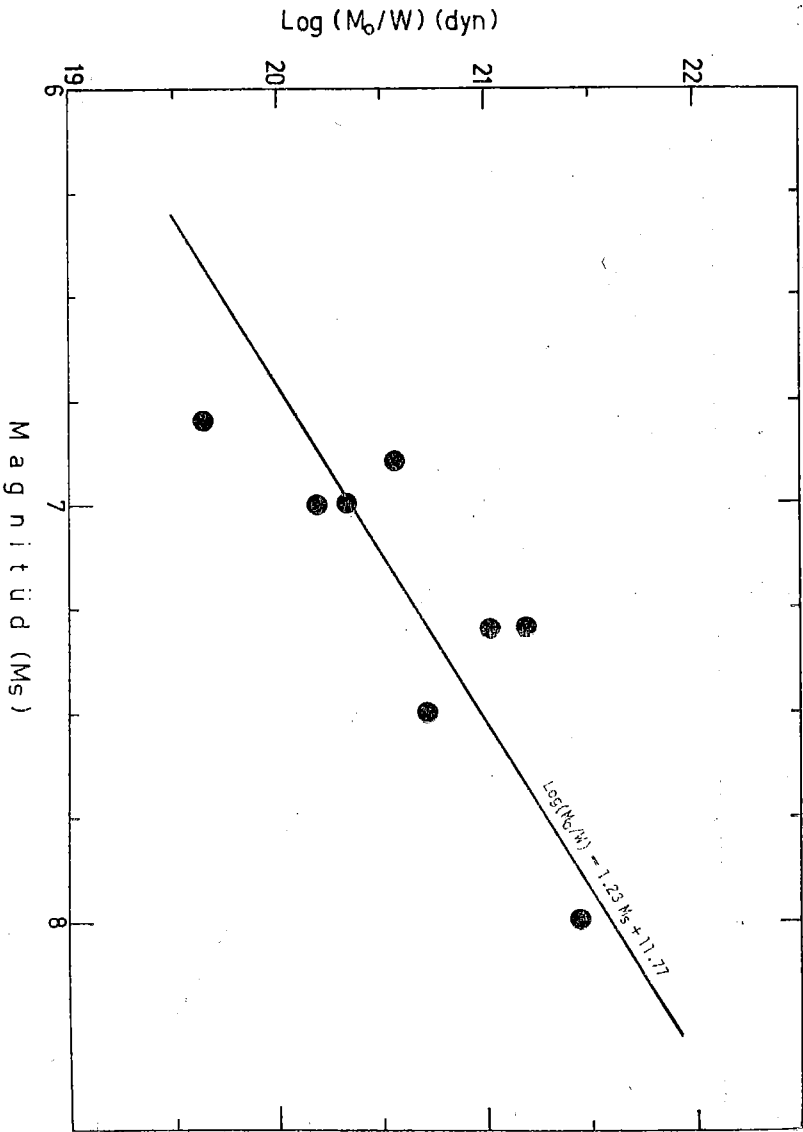
şeklinde bulduk. Şekil 6 da ampirik (25) bağıntısı görülmektedir.

KUZAY ANADOLU FAY ZONUNDA FAY BOYU, FAY ALANI VE YERDEĞİŞTİRMENİN MAGNİTÜDLE İLİŞKİSİ

Depremden sonra yüzeyde fay güzergahı boyunca gelişen sismik yerdeğiştirme (D) ile magnitud arasındaki ampirik ilişki Chinnery (1969), Ohnaka (1978), Thatcher ve Hanks (1973) tarafından aşağıdaki bağıntılarla verilmiştir.

Şekil 5. Kuzey Anadolu Fay zonunda toplam kuvvet dışması (ΔF) - magnitüd ilişkisi.





Sekil 6. Kuzey Anadolu Fay zonunda M_o/W - magnitüd (M_s) ilişkisi.

$$\log D \text{ (cm)} = 0.96 M_s - 4.76 \quad M_s > 6.5 \text{ (Chinnery 1969)}$$

$$\log D \text{ (cm)} = 0.546 M_s - 1.73 \quad M_s > 5.5 \text{ (Ohnaka 1978)} \quad (26)$$

$$\log D \text{ (cm)} = 0.76 ML - 3.08 \quad 2 < ML < 7 \text{ (Thatcher ve Hanks 1973)}$$

Tablo 4 teki değerleri kullanarak bizde Kuzey Anadolu fayı için yukarıda verilen türde bağıntıyı

$$\log D \text{ (cm)} = 0.65 M_s - 2.43 \quad 6 < M_s < 8 \quad (27)$$

şeklinde bulduk. Şekil 7 de (27) bağıntısı görülmektedir.

FAY BOYU VE ALANI İLE MAGNİTÜD İLİŞKİSİ

Deprem kaynağının fiziksel boyutu depremde oluşan fay düzleminin büyüklüğünden tanımlanabilir. Deprem fayı sahada iyi gözlemlendiği takdirde şüphesiz fay düzleminin alanı kaynağın boyutlarını simgeleyen en iyi parametre olabilir. Bu amaçla fay düzlemi alanı S (L x W) ile magnitüd (M_s) ilişkisi araştırıldı.

Tablo 4 teki değerleri kullanarak Kuzey Anadolu fayı için Fay yüzeyi alanı ile magnitüd arasındaki bağıntıyı

$$\log S \text{ (km}^2\text{)} = 0.58 M_s - 1.05 \quad 6 < M_s < 8 \quad (28)$$

şeklinde bulduk. (28) bağıntısı Şekil 8 de görülmektedir. Öte yandan bazı araştırmacılar, aynı tür bağıntıyı değişik katsayılarla vermişlerdir. Bu bağıntılar,

$$\log S \text{ (km}^2\text{)} = 1.02 M_s - 4.01 \quad M_s > 6 \text{ (Utsu ve Seki 1954)}$$

$$\log S \text{ (km}^2\text{)} = 1.69 M_s - 9.6 \quad M_s > 6 \text{ (Berckhemer 1962)}$$

$$\log S \text{ (km}^2\text{)} = 1.21 M_s - 5.05 \quad M_s > 6 \text{ (Bath ve Duda 1964)} \quad (29)$$

$$\log S \text{ (km}^2\text{)} = 0.60 M_s - 1.31 \quad 3 < M < 8 \text{ (Chinnery 1969, doğrultu-atımlı faylanma için)}$$

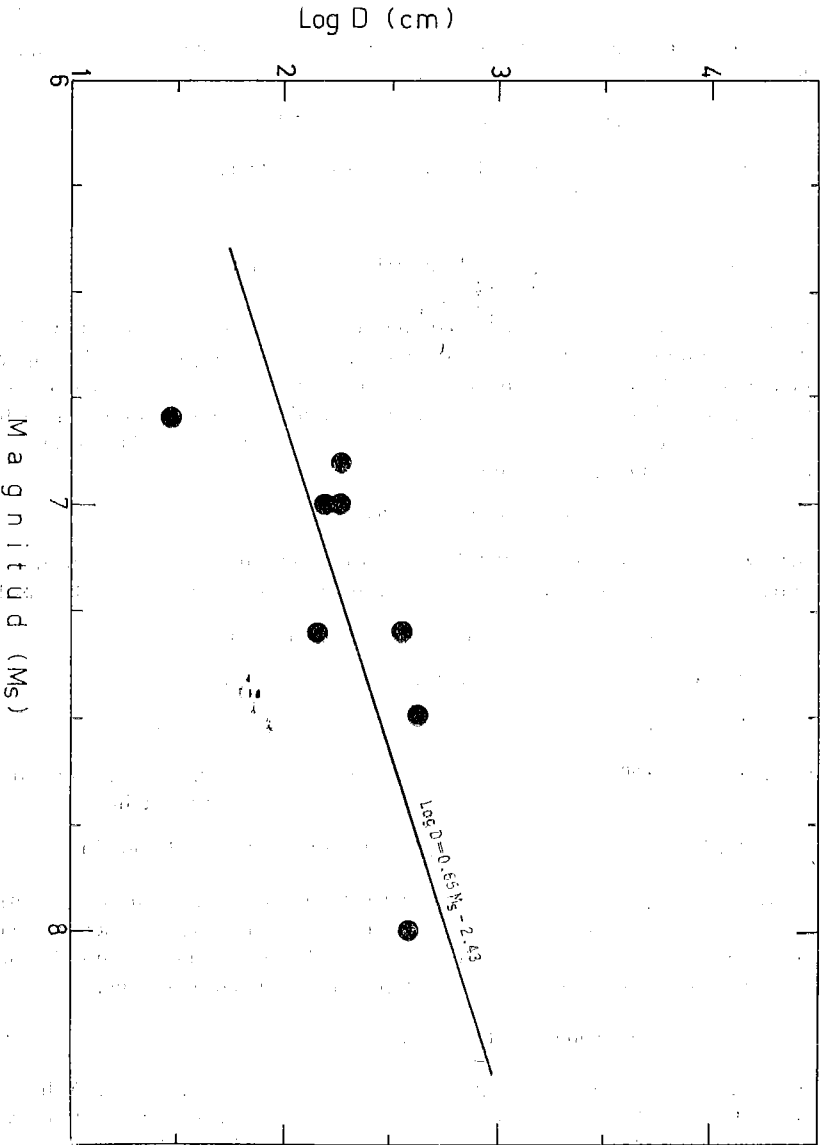
$$\log S \text{ (km}^2\text{)} = 1.39 M_s - 6.86 \quad M_s > 5.5 \text{ (Ohnaka 1978) şeklindedir.}$$

Dünyanın değişik bölgelerinde oluşmuş çok sayıda sığ depremin, episantrlarının yakınında yüzeyde kırıklar oluşturduğu gözlenmiştir. Bu nedenle çoğu araştırmacılar fayın yüzeyde oluşturduğu kırığın boyu (L) ile magnitüd arasındaki ilişkiyi araştırmışlardır. Bu türden bağıntının genel denklemi

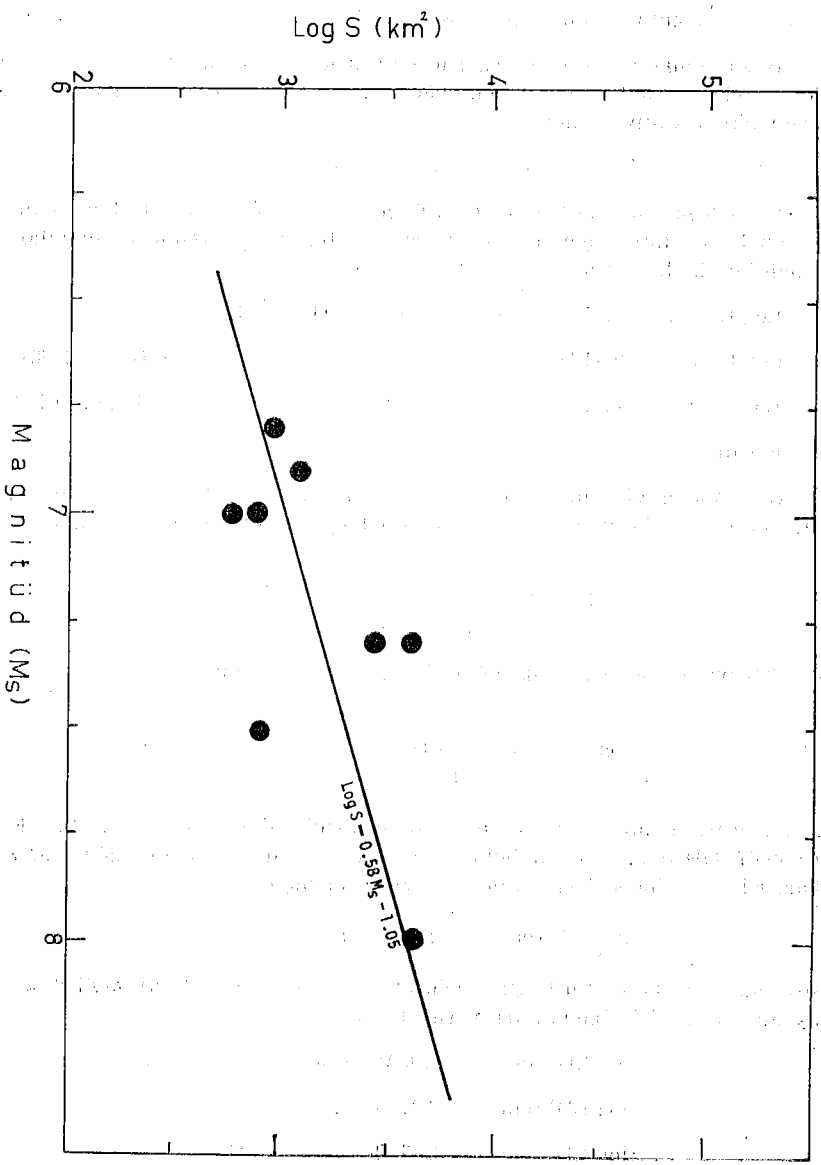
$$M = A \log L + B \quad (30)$$

şeklindedir. Bu tür bağıntı Tocher (1958), Iida (1965), Ambraseys ve Tchalenko (1968), Bonilla ve Buchanon (1970), Slemmons (1977) ve Acharya (1979) tarafından incelenmiştir. Ancak Smith (1976) yüzeyde kırık oluşturabilecek depremlerin büyük magnitüde olduklarını belirtmiş Chinnery (1969) ise büyük depremlerde kaynak parametrelerinin arazide sık sık ölçülebilmesinin oldukça zor olduğunu vurgulamıştır. Zira kıyılarda veya haritalanmamış bölgelerde son bulan fay güzergahları nedeniyle bazen fay boyunun tam saptanamıyacağı açıktır. Bu gibi hallerde Chinnery (1969) ardçı deprem verilerinden, tsunami kayıtları

Sekit 7 - Kuzey Anadolu'lu Fay zonunda Yerdegistirme (D)-magnitud (Ms) ilişkisi.



Sekit 8. Kuzey Anadolu Fay zonunda fay yuzeyi alan (S)-magnitud (M_s) ilişkisi.



rından ve yüzeydeki geodetik ölçümlerden yararlanmak gereğini belirtmiştir. Keza Libermann ve Pomeroy (1970) büyük depremlerde faylanmanın boyuna ilişkin temel bilgilerin, ana soktan sonraki ardçı deprem kuşaklarının tayini i e sağlanabileceğini önermişlerdir. Yine Wyss (1978) kaynağın boyunu ve kaynak arazisinin alanını tahminde; ardçı depremlerin haritalanması, geodetik ölçümler, statik dislokasyon modelleri, cisim ve yüzey dalgalarının analizi gibi yöntemlerin kullanılabilirliğini göstermiştir.

Böyle olmakla beraber biz, sadece arazide gözlenmiş fay boyu değerlerinden hareketle Tablo 4 te verilen değerleri kullanarak Kuzey Anadolu Fayı için aşağıdaki bağıntıyı bulduk.

$$\text{Log L (km)} = 0.577 M_s - 2.19 \quad 6 < M_s < 8 \quad (31)$$

Şekil 9 da bu (31) bağıntısı görülmektedir. Kuzey Anadolu Fayı için bulunduğumuz bu bağıntı, diğer araştırmacılarca Kaliforniya depremleri kullanılarak bulunan bu tür bağıntılara çok yakındır. Bu bağıntılar

$$\text{Log L (km)} = 0.62 M - 2.18 \quad M > 6 \quad (\text{Press 1967})$$

$$\text{Log L (km)} = 0.52 ML - 3.52 \quad 3 < ML < 6 \quad (\text{Wyss ve Brune 1968}) \quad (32)$$

$$\text{Log L (km)} = 0.59 M_s - 2.24 \quad 6 < M_s < 8.2 \quad (\text{Smith ve Vande Lindt 1969})$$

şeklinindedir.

Öte yandan yine magnitüdle; fay boyu (L) ve yerdeğiştirme (D) arasında bir korelasyon kurulabilir. Şöyleki (14) bağıntısı hatırlanacak olursa

$$\log E_s = \log \frac{M_0 D}{L} \quad (33)$$

ve (33) bağıntısında sismik moment $M_0 = uLWD$ konursa

$$\log E_s = \log u - \frac{LD^2}{L}$$

e.de edilir. Sismik enerjinin magnitüdle ilişkisi düşünülürse, ilk kez King ve Knopoff (1968) tarafından bulunan LD^2 nin magnitüdle olan ilişkisi ortaya çıkar. King ve Knopoff (1968) bu ilişkiyi genel biçimde

$$\log LD^2 (\text{cm}^3) = \beta + \alpha M \quad (35)$$

şeklinde vermiştir. Bu bağıntı için - King ve Knopoff (1968) değişik katsayıları aşağıdaki ampirik bağıntıları vermişlerdir.

$$\log LD^2 (\text{cm}^3) = 1.90 M - 2.65 \quad 3.6 < M < 8.5$$

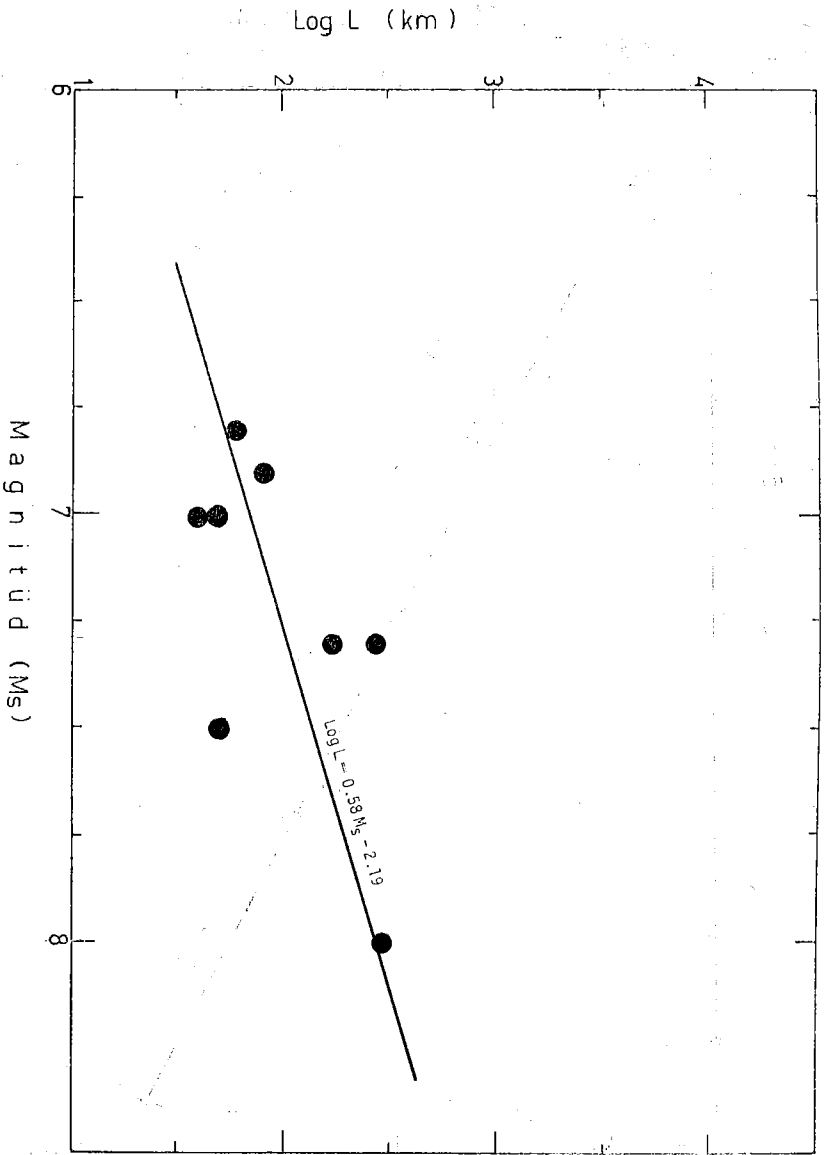
$$\log LD^2 (\text{cm}^3) = 2.24 M - 4.99 \quad 5.5 < M < 8.5 \quad (36)$$

$$\log LD^2 (\text{cm}^3) = 2.46 M - 6.67 \quad M > 6$$

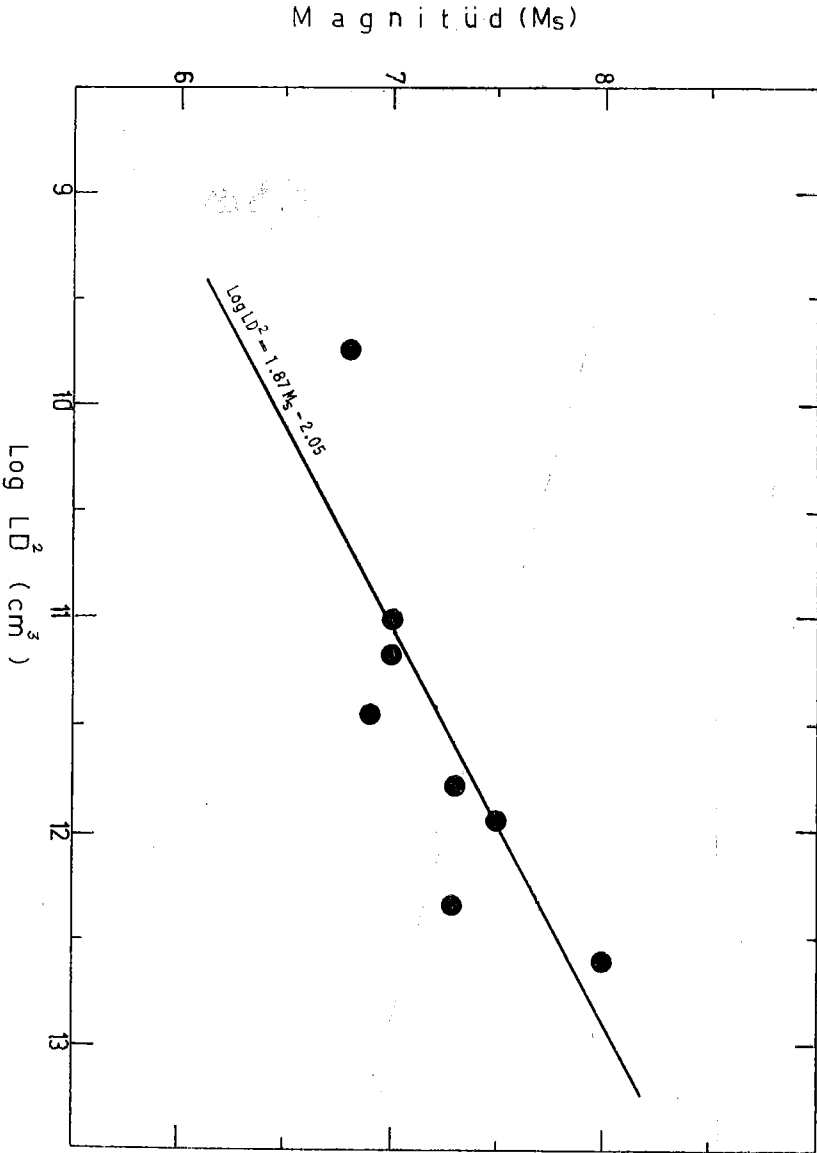
Chinnery (1969) sadece doğrultu atımlı faylanmalar için bu türden bağıntıyı

$$\log LD^2 (\text{cm}^3) = 1.75 M - 1.47 \quad (37)$$

Sekil 9. Kuzey Anadolu Fay zonunda fay boyu (L)-magnitud (Ms) ilişkisi.



Sekil 10. Kuzey Anadolu Fay zonunda LD^2 - magnitud (M_S) ilişkisi.



şeklinde vermiştir. Ohnaka (1978) W/L oranını sabit $W/L = 0.407$ ve $u = 4 \times 10^{11}$ dyn/cm² olarak 54 büyük deprem için bu türden bağıntıyı

$$\log LD^2 \text{ (cm}^3\text{)} = 1.89 M_s - 2.39 \quad M_s > 5.5 \quad (38)$$

şeklinde bulmuştur.

Bizde, yine Tablo 4 teki değerleri kullanarak Kuzey Anadolu Fayı için bu türden bağıntıyı

$$\log LD^2 \text{ (cm}^3\text{)} = 1.87 M_s - 2.05 \quad 6 < M_s < 8 \quad (39)$$

şeklinde bulduk. Şekil 10 da (39) bağıntısı görülmektedir.

SONUÇLAR

Kuzey Anadolu Fay zonunda 1939-1967 döneminde oluşmuş 8 büyük depremin ($M_s > 6$) saha gözlemleri kullanılarak; deprem kaynak parametreleri ile magnitüd arasındaki bağıntılar incelenmiştir.

Bu ampirik bağıntılar; sismik moment-magnitüd, sabit gerilme-düşüm değerleri için sismik moment-fay yüzeyi alanı ilişkisi, sismik enerji (M_0D/L)-magnitüd, toplam kuvvet düşümü (ΔF) - magnitüd, yerdeğiştirme (D) - magnitüd, fay yüzeyi alanı (S) - magnitüd ve fay boyu (L) - magnitüd ilişkisini simgelemektedirler.

Hesaplamalarda incelenen her deprem için fay düzlemi derinliği 15 km. ve faylanma türü tam bir doğrultu-atımlı fay modeli olarak düşünülmüştür. Ancak Varto depreminin faylanma türünün tamamıyla doğrultu atımlı fay modeli olarak düşünülmesiyle saptanmıştır.

Çünkü; sismik enerji, toplam kuvvet düşümü ve yerdeğiştirmenin magnitüde olan ampirik bağıntıları bulunurken grafiklerde bu depreme ilişkin değerler daima diğer 7 depreminkinden oldukça ayrı düşmektedir. Ayrıca bu depremin gerilme-düşüm değeri; diğer 7 depremin 10 ila 50 bar arasında kalma değerlerine karşılık 10 barın hayli altına (3 bar) düşmüştür.

Bulduğumuz ampirik bağıntıların bazıları, diğer araştırmacılarca yeryüzünün değişik bölgelerinde oluşmuş ve faylanma türü tamamen doğrultu atımlı fay modeli olarak düşünülmüş depremlerden bulunan bağıntılar ile uygunluk içindedir. Bu bağıntılar; Fay boyu-magnitüd, yerdeğiştirme - magnitüd, toplam kuvvet düşümü-magnitüd ve fay yüzeyi alanı-magnitüd ilişkilerini simgelemektedir. Bundan yanısıra diğer araştırmacılarca bulunmuş olanlara benzemeyen bazı bağıntılarımızda vardır. Bu bağıntılara sismik moment-magnitüd ve sismik enerji magnitüd ilişkileri örnek verilebilir.

Sadece 8 büyük depremi incelememize karşın yine de Kuzey Anadolu Fay zonunda deprem kaynak parametreleri ile magnitüd arasında iyi bir korelasyon kurulabilmiştir. Depremlerin statik özelliklerinden yararlanarak saptadığımız bu bağıntıların, dinamik özellikleri kullanan bir çalışma ile test edilmesinde yarar vardır.

TEŞEKKÜR :

Bu çalışmanın yapılışı sırasında değerli teşvik, öneri ve katkılarından yararlandığım Sayın Hocam Prof. Dr. Kâzım Ergin'e teşekkürü bir borç bilirim.

KAYNAKLAR :

- Acharya, H.K., (1979), Regional variations in the rupture-length magnitude relationships and their dynamical significance. *Bull. Seism. Soc. Am.* 69, 2063-2084.
- Aki, K., (1966), Generation and propagation of G waves from Niigata earthquake of June 16, 1964, I. A statistical analysis. *Bull. Earthq. Res. Inst, Tokyo Univ.* 44, 73-88.
- Aki, K., (1967), Scaling law of seismic spectrum. *J.G.R.* 72, 1217-1231.
- Aki, K., (1972), Earthquake mechanism. *Tectonophysics*, 13, 423-446.
- Ambraseys, N.N., (1970), Some characteristic features of the Anatolian fault zone. *Tectonophysics*, 9, 143-165.
- Ambraseys, N.N. and J. Tchalenko, (1968), Documentation of faulting associated with earthquakes, Part I. Unpublished manuscript. Dept. of Civil Engineering, Imperial College of Science, London.
- Ambraseys, N.N. and A. Zatopek, (1969), The Muğurnu Valley west Anatolia Turkey earthquake of 22 July, 1967. *Bull. Seism. Soc. Am.* 59, 521-289.
- Bath, M., (1958), The energies of seismic body waves and surface waves, in contributions in Geophysics, In Honor of Beno Gutenberg. H. Benioff, M. Ewign, B. F. Howell, Jr., and F. Press, Editors, Pergamon Press. New - York, pp. 1-16.
- Bath, M., (1973), *Introduction to Seismology*, John Wiley and Sons, New-York, 1973.
- Bath, M., and S. J. Duda, (1964), Earthquake volume, fault plane area, Seismic-energy, strain, deformation and related quantities *Ann. Geof.* 17, 353-368.
- Berckhemer, H., (1962), Die Ausdehnung der Bruchlache in Erdbebenherd und ihr Einfluss auf das seismische Wellenspektrum. *Gerland. Betr. Zür. Geophys.* 71, 5-26.
- Blumenthal, M., (1945), La ligne sismique de Ladik Vilayet de Samsun. *Maden Tetkik Arama Mecmuası*, Ankara 10, 153-174.
- Blumenthal, M., (1943), Zur Geologie der Landstrecken der Erdbeben Von Ende 1942 in Nord-Anatolien una dortselbst ausgeführte makroseismische. *Maden Tetkik Arama Mecmuası*. Ankara, 8, 33-58.
- Bonilla, M.G. and J.M. Buchanon, (1970), Interim report on worldwide historic surface faulting US. Geol. Sur. Open. file rept.
- Brune, J.N. and C.R. Allen, (1967). A low stress-drop, low magnitude earthquake with surface faulting. The Imperial, California earthquake of March 4, 1966. *Bull. Seism. Soc. Am.*, 57, 501-514.
- Brune, J.N., (1970), Tectonic stress and spectra of seismic shear waves from earthquakes, *J.G.R.* 75, 4997-5009.

- Canitez, N. and M.N. Toksöz, (1971), Focal mechanism and source depth of earthquakes from body-and surface-wave data. *Bull. Seism. Soc. Am.* 61, 1369-1379.
- Canitez, N. and Ü. Ezen., (1973), Slip rate and stress-drop along the North Anatolian Fault. Symposium on earthquake statistics and Risk, UNESCO Balkan Project Istanbul. Unpublished manuscript.
- Istanbul Teknik Üniversitesi, Maden Fakültesi, Jeofizik Kürsüsü.
- Chinnery, M., (1969), Theoretical fault models. A symposium on processes in the focal region. *Publ. Dom. Obs. Ottawa. Canada XXXVI, 7, 211-223.*
- Chinnery, M., (1969), Earthquake magnitude and source parameters. *Bull. Seism. Soc. Am.* 59, 1969-1982.
- Dewey, J.W., (1976), Seismicity of Northern Anatolia. *Bull. Seism. Soc. Am.* 66, 843-868,
- Ezen, Ü., (1972), An investigation of stress-drops of earthquakes occurred along the North Anatolian Fault zone between the period of 1939-1971. Istanbul Teknik Üniversitesi, Maden Fakültesi, Jeofizik Kürsüsü. M. Sc. Thesis (in Turkish).
- Gutenberg, B. and C. F. Richter., (1956), Earthquake magnitude, intensity energy, and acceleration. *Bull. Seism. Soc. Am.* 46, 105-145.
- Hanks, T.C. and M. Wyss, (1972), The use of body-wave spectra in the determination of seismic-source parameters. *Bull. Seism. Soc. Am.* 62, 561-589.
- Pida, K., (1965), Earthquake magnitude, earthquake fault and source dimensions. *J. Earth. Sci. Nagoya Univ.* 13, 115-132.
- Karnik, V., (1969), Seismicity of the European area part I. Reid, ed. Dordrecht 364 pp.
- Kasahara, K., (1957), The nature of seismic origins as inferred from seismological and geodetic observations (part I). *Bull. Earthq. Inst. Tokyo. Univ.* 35, 473-530.
- Ketin, İ., (1948), Über die tectonisch-mechanischen Folgerungen aus den grossen Anatolischen Erdbeben des letzten Dezenniums, *Geol. Rundschau* 36, 77-83.
- Ketin, İ. and F. Roesli, (1953), Macroseismische Untersuchungen über das nordwestanatolische Beben von 18 März 1953. *Eclogae. Geol. Helvetiae.* 46, 187-208.
- Ketin, İ., (1969), Über die nordanatolische horizontal verschiebung. *Bull. Mineral. Res. Exploration. Inst. Turkey, Foreign. Ed.* 72, 1-28.
- King, C-Y. and L. Knopoff., (1968), Stress drop in earthquakes. *Bull. Seism. Soc. Am.* 58, 249-257.
- Knopoff, L., (1958), Energy release in earthquakes. *Geophys. J.* 1, 44-52,

- Libermann, R.C. and P.W. Pomeroy., (1970), Source dimensions of small earthquakes as determined from the size of the aftershock zone. *Bull. Seism. Soc. Am.* 60, 879-890.
- North, R.G., (1977), Seismic moment, source dimensions and stresses associated with earthquakes in the Mediterranean and Middle East. *Geophy. J. Roy. Astr. Soc.* 48, 137-161.
- Öcal, N., (1959), 26 Mayıs 1957 Aband Zelzelesi. *Kandilli Rasathanesi Sismoloji Yayınları*, No. 4.
- Ohnaka, M., (1978), Earthquake-source parameters related to magnitude. *Geop. J. Roy. Astr. Soc.* 55, 45-66.
- Pamir, H. and İ. Ketin., (1941), Das Anatolische erdbeben cände 1939, *Geol. Rundschau*. 32, 279-287.
- Parejas, E., I. Akyol and E. Altınlı, (1941), Le tremblement de terre d'Erzincan du 27 Decembre 1939. *Istanbul Univ. Fen Fak. Mecmuası*, Seri 44, 187-222.
- Press, F., (1967), Dimensions of the source region for small shallow earthquakes. In proceedings of the VESIAC conference on the source mechanism of shallow seismic events, VESIAC Report 7885 - 1 - x, 155-164.
- Slemmons, D.B., (1977), Faults and earthquake magnitude Rept. 6. State of Art. for Assessing Earthquake Hazard in the US. Miscellaneous paper. 5-73-1. US. Army Engineer.
- Smith, S.W. and Van de Lindt. W., (1969), Strain adjustments associated with earthquakes in Southern California. *Bull. Seism. Soc. Am.* 59, 1569-1589.
- Smith, S.W., (1976), Determination of the maximum earthquake magnitude *Geophy. Res. letters.* 3, 351-354.
- Tatcher, w. and T.C. Hanks., (1973), Source parameters of Southern California earthquakes. *J.G.R.* 78, 8547-8576.
- Tocher, D., (1958), Earthquake energy and group breakage. *Bull. Seism. Soc. Am.* 48, 147-153.
- Tokay, M., (1973), Geological observation along the North Anatolian fault zone between Gerede and Ilgaz, Turkey. Symposium on the North Anatolian Fault and Earthquake Belt. March 29-31, 1972 Ankara. 12-29 (original in Turkish).
- Trifunac, M.D., (1972), Tectonic stress and source mechanism of the Imperial Valley, California earthquake of 1940. *Bull. Seism. Soc. Am.* 62, 1283-1302,
- Tsai-Yi-Ben and K. Aki, (1969), Simultaneous determination of the seismic moment and the attenuation of the seismic waves. *Bull. Seism. Soc. Am.* 59, 275-287.
- Utsu, T. and A. Seki., (1954), A relation between the area of aftershock region and the energy of mainshock, *Zisin*, 7, 233-240 (in Japanese).

Wallace, R.E., (1968), Earthquake August 19, 1966 Varto area eastern Turkey. Bull. Seism. Soc. Am. 58, 1145,

Wyss, M. and J.H. Brune, (1968), Seismic moment, stress, and source dimensions for earthquakes in the California-Nevada region. J.G.R. 73, 4681-4694.

Wyss, M., (1978), Estimating expectable maximum magnitude of earthquakes from fault length. (abstrac EOS, Trans. Am. Geophy, Union 59, 1125.

BATI ANADOLUDA DEPREMLERLE PARAMETRELERİ ARASINDAKİ İLİŞKİLER

Üstün KIYAK (*)

ABSTRACT

In this paper, the relationship between earthquake parameters were investigated, in the West Anatolian Part, in the period of 1904-1969, During this period 55 earthquakes whose magnitudes are equal to or much greater than 5, were occurred in West Anatolia.

In our calculations the formulae which is given by Shebalin (1957) $I_0 = aM - \nu \log h + b$ was used. With this formulae, the relationship between magnitude intensity and hypocentral distance was examined. Attenuation coefficient, was also calculated for this region, previously by Shebalin.

Therefore West Anatolian region was divided into three subzones and a and b coefficients were calculated, so different equations for each sub-zone were obtained as follows.

$$I_0 = 1.56M - 41 \log h + 2.31$$

$$I_0 = 1.32M - 41 \log h + 4.42$$

$$I_0 = 1.31M - 41 \log h + 4.03$$

Furthermore, the relationship between the intensity and distance was also calculated by using the isoseismals of 14 earthquakes which occurred in this region, before 1970.

By the help of the formulae $I_{\Delta} = I_0 - a \ln \Delta + b$, in this case, a and b coefficients were found and finally a valid formulae for whole region was developed as shown below

$$I_{\Delta} = I_0 - 1.221 \ln \Delta + 3.34$$

ÖZET :

1904-1969 yılları arasında Batı Anadolu bölgesinde oluşmuş gözlemsel değerlendirilmesi yapılmış 55 deprem incelenmiş ve

(*) İstanbul Üniversitesi Yerbilimleri Fakültesi Jeofizik Mühendisliği Bölümü.

$$I_0 = aM - b \log h + b \quad (\text{Shebalin 1957})$$

olarak verilen bağıntıya ilişkin katsayılar saptanarak şiddet-büyüklik ve ocak derinliği ilişkileri araştırılmıştır. Bağıntıda bulunan v , deprem şiddeti azalım katsayısı-attenuation-Shebalin tarafından Batı Anadolu için daha önce saptanmıştır. Bu çalışmada deprem odaklarının yığılım gösterdiği bölgeler araştırılmış ve Batı Anadolu bölgesi üç alt bölgeye ayrılmıştır. Alt bölgeler için a ve b katsayıları hesaplanarak;

$$I_0 = 1.56M - 41 \log h + 2.31$$

$$I_0 = 1.32M - 41 \log h + 4.42$$

$$I_0 = 1.51 M - 41 \log h + 4.03$$

eşitlikleri elde edilmiştir.

Bundan başka, Batı Anadolu bölgesinde 1960 dan sonra olmuş 14 deprem'in eşşiddet haritalarından yararlanılarak şiddet-uzaklık ilişkileri araştırılmıştır. Burada;

$$I_{\Delta} = I_0 - a \ln \Delta + b$$

bağıntısı kullanılmış ve her deprem için a ve b katsayıları saptanarak, sonuçta bütün bölge için

$$I_{\Delta} = I_0 - 1.22 \ln \Delta + 3.34$$

eşitliği önerilmiştir.

GİRİŞ :

Depremi değerlendirmenin temel amacı, öncelikle depremden korunma, oluşturduğu can ve mal kayıplarını olabildiğince en az'a indirme diye tanımlanabilir. Bu amaca erişmek için önce yıkımın olduğu bölgenin incelenmesi ile işe başlanmış ve daha sonra da depremden korunabilme özlemi ile şiddet tanımı düşüncesi ortaya atılmıştır. Deprem şiddeti, yıkımın bir ölçütü olup gözlemsel değerlendirmelere dayanan türetilmiş bir parametredir. Böylece deprem şiddetinin daha tanımı aşamasında bazı sakıncalar ortaya çıkmaktadır ki günümüzde bile bu konuya yeterince açıklık getirilememiştir. Özellikle Türkiye gibi ekonomik gelişmesini tamamlamamış ülkelerde, depremin insanlar ve yatırımlar üzerindeki büyük zararlarını karşılamak giderek olanaksız hale gelmektedir. Zararların hafifletilebilmesi için depreme dayanıklı bina yapımı ve depremi oluşundan önce haber verme (prediction) çalışmaları sürdürülmektedir. Her iki konuya da olumlu yaklaşımlar sağlayabilmek için depremin parametreleri ile olan ilişkilerinin sağlıklı olarak belirlenmesi gerekmektedir.

Aletsel çalışmaların bu yüzyılın başından beri etkin olmaya başladığı düşünülecek olursa, deprem bölgelerine ilişkin özelliklerin saptanmasında bu kadar bir sürenin yeterli olmayacağı gerçeği ortaya çıkmaktadır. Böylece eski çağlarda olduğu bilinen depremlere ilişkin özelliklerin saptanmasına yaklaşımlar sağlanması çok boyutlu yararları da beraberinde getirecektir.

UYGULANAN YÖNTEM - Bu çalışmada Shebalin'in geliştirdiği yöntem kullanılmıştır. Bunun için "Catalogue of Earthquakes, UNESCO" değerleri te-

mel alınmıştır. Katalogdan, 1904-1969 sürecinde oluşmuş ve gözlemsel değerlendirilmesi yapılmış, büyüklüğü 5 ve daha yukarı 55 deprem gözönüne alınmıştır. Bağıntıda bulunan deprem şiddeti azalım katsayısı, "attenuation" Batı Anadolu için deprem ocaklarının derinliğine bağlı olarak Shebalin tarafından 3.4 - 4.09 olarak saptanmıştır. Seçilen alt bölgelerin tümü için bu katsayı 4 olarak alınmıştır.

Bölgelerin seçiminde ise, özellikle deprem dış merkezlerinin yığılım gösterdiği bölgelerin bezer özelliklerinin birbirinden farkının belirlenmesi amaç edinilmiştir. Bu amaçla yönelik olarak Batı Anadolu üç alt bölgeye ayrılmış ve seçilen veriler

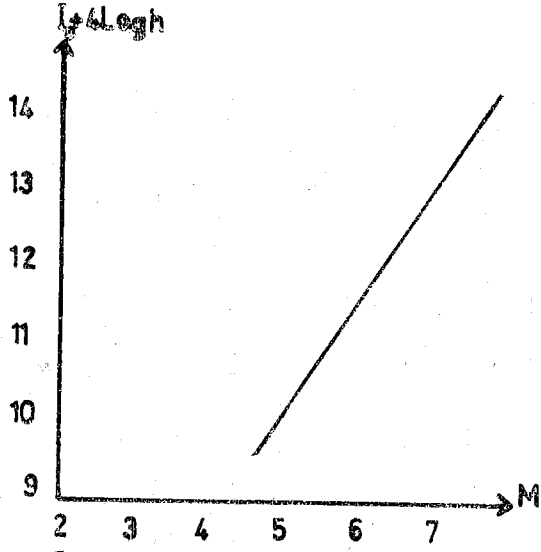
$$I_0 = aM - \mu \log h + b$$

bağıntısına en küçük kareler yöntemi ile uygulanarak alt bölgeler için ayrı, ayrı eşitlikler önerilmiştir.

Birinci alt bölge 40.70 - 41.20 enlemleri ile 28.50 - 32.00 boylamları arasında kalan alandır. Bu bölgeye ilişkin çizelge ve grafik aşağıdadır.

TARİH	ENLEM	BOYLAM	BÜYÜKLÜK	DERİNLİK	ŞİDDET
26.10.1923	41.20	28.60	5	15 Km	5.5
24.1.1928	40.99	30.86	5.1	10 Km	5.5
20.9.1943	40.85	30.51	6.6	10 Km	9
20.6.1943	40.84	30.73	5.5	10 Km	7
5.4.1944	40.84	31.12	5.5	10 Km	7
26.5.1957	40.76	30.81	5.9	10 Km	7
27.5.1957	40.73	30.59	5.8	50 Km	7
26.12.1957	40.83	29.72	5.2	10 Km	5
18.9.1963	40.77	26.12	6.3	40 Km	8
22.7.1967	40.72	30.51	7	9 Km	10
30.7.1967	40.72	30.52	5.6	18 Km	8

ÇİZELGE 1 - Birinci alt bölge (40.70 - 41.20 Enlem, 28.50 - 32.00 Boylam) verileri.



Şekil 1.

Bu bölge için önerilen eşitlik :

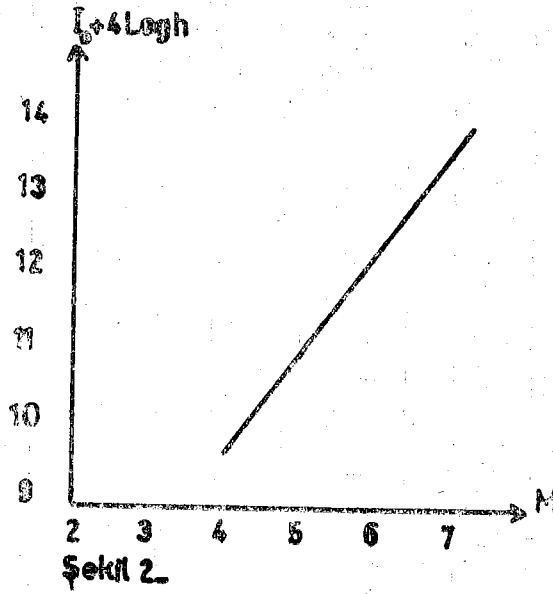
$$I_0 = 1.56M - 4\log h + 2.31 \text{ dir.}$$

İkinci alt bölge olarak 39.50 - 40.40 enlemleri ile 26.20 - 30.00 boylamları arasında kalan alan seçilmiştir. Çizelge 2 de veriler ve grafik 2 de verilerin dağılımı gösterilmiştir. Bu bölge için önerilen bağıntı

$$I_0 = 1.32 M - 4 \log h + 4.42 \text{ dir.}$$

TARİH	ENLEM	BOYLAM	BÜYÜKLÜK	DERİNLİK	SİDDET
7.1.1905	39.60	27.90	5	15 Km	4
15.4.1905	40.20	29.01	5.6	6 Km	9.5
2.5.1928	39.64	29.14	6.5	10 Km	8
4.1.1935	40.40	27.49	6.7	30 Km	9
4.1.1935	40.30	27.45	6.6	20 Km	8
25.7.1939	39.75	29.52	5	50 Km	6
3.8.1939	39.75	29.68	5.5	50 Km	7
19.10.1939	39.82	29.50	5.7	10 Km	7.5
15.11.1942	39.55	28.58	6.1	10 Km	8.5
14.4.1943	39.62	29.64	5	40 Km	6
13.11.1948	40.23	29.02	5.6	60 Km	7.5
5.2.1949	39.89	29.35	5.5	40 Km	7
29.11.1950	39.73	28.05	5.1	40 Km	6.5
15.9.1951	40.15	28.02	5	40 Km	6
19.3.1952	39.60	28.64	5.8	40 Km	6.5
18.3.1953	39.99	27.39	7.4	10 Km	10.5
26.3.1953	39.94	27.48	5.1	10 Km	6
1.4.1953	39.97	27.45	5.3	20 Km	5
3.6.1953	40.28	28.53	5.7	20 Km	7.5
6.1.1956	40.39	26.29	5.7	10 Km	7
6.10.1964	40.30	28.23	7	34 Km	9
21.8.1966	40.33	27.40	5.5	12 Km	6
3.3.1969	40.08	27.50	5.7	6 Km	8

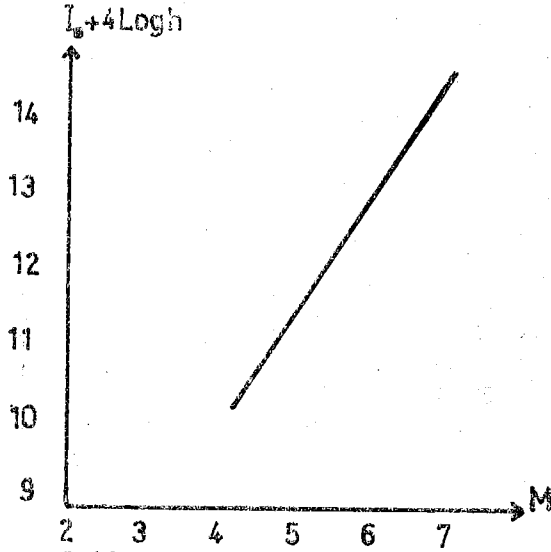
ÇİZELGE 2 - İkinci alt bölge (39.50 - 40.40 Enlem, 26.20 - 30.00 Boylam) verileri.



Üçüncü alt bölge ise, 37.50 - 39.50 enlemleri ile, 26.20 - 28.50 boylamları arasında kalan alandır. Bu alan verilerinin çizelge ve grafiği aşağıdadır.

TARİH	ENLEM	BOYLAM	BÜYÜKLÜK	DERİNLİK	ŞİDDET
11.8.1904	37.80	27.20	6.2	13 Km	9
18.8.1904	38.00	27.00	6	30Km	7
27.11.1920	39.30	26.50	5.3	14 Km	6
31.3.1928	38.15	27.80	7	10Km	10
23.5.1937	38.69	27.78	5.6	10Km	7
9.1.1939	38.03	27.40	5.6	70Km	7
23.6.1941	37.95	27.81	5.1	10Km	7
21.9.1941	37.50	28.29	5.3	70Km	5
5.2.1942	38.84	27.74	5.1	10Km	7
12.8.1942	39.13	27.64	5.1	50Km	6
25.6.1944	38.79	27.31	6.2	40Km	8
23.7.1948	38.79	26.29	7	10Km	10
30.7.1949	38.62	26.45	5.2	40Km	7
2.5.1953	38.48	26.67	5.2	40Km	7
22.7.1953	39.24	28.43	5.6	10Km	6
16.7.1955	37.65	27.26	7	40Km	9
28.3.1957	39.30	27.70	5.1	17 Km	6
2.3.1965	38.41	28.33	5.6	42Km	6
4.5.1966	37.74	27.71	5.2	37Km	7
23.3.1969	39.20	28.50	5.3	9 Km	7
6.4.1969	38.47	26.41	5.9	16 Km	8

ÇİZELGE 3_Üçüncü alt bölge(37.50-39.50 Enlem, 26.20-28.50 Boylam) verileri.



Şekil 3.

Bu bölge için önerilen bağıntı ise:

$$I_0 = 1.51M - 4\text{log}h + 4.03 \text{ dür.}$$

DEPREM ŞİDDETİ İLE BELİRLİ UZAKLIK ARASINDAKİ İLİŞKİNİN İNCELENMESİ

Bu bölümde, 1960 dan sonra Batı Anadolu Bölgesinde oluşmuş ve gözlemsel değerlendirilmesi yapılmış, 14 depremin verilerinden yararlanılmıştır. Bu verilen Çizelge 4 de gösterilmiştir.

TARİH	ENLEM	BOYLAM	BUYUKLUK	ŞİDDET	DERİNLİK
18.10.1963	40.60	29.00	6.4	8	21Km
6.11.1964	40.10	28.00	6.8	9	15Km
13.6.1965	37.80	29.30	5.7	7	21Km
4.4.1966	37.80	27.70	5.2	7	14Km
9.5.1967	39.20	27.20	4.4	5	30Km
19.7.1967	38.10	28.90	4.4	6	24Km
3.11.1968	38.60	28.90	5	6	25Km
3.3.1969	40.10	27.50	5.6	7	7Km
23.3.1969	39.20	28.50	5.9	7	14Km
28.3.1969	38.30	28.60	6.5	8	12Km
28.3.1970	39.10	29.40	7.2	9	23Km
19.4.1970	39.00	29.80	5.8	8	24Km
23.4.1970	39.20	28.80	5.6	8	16Km
20.12.1970	39.30	29.20	5.5	7	25Km

ÇİZELGE IV_Batı Anadoluya ilişkin 1960-1970 verileri.

Deprem şiddeti ile belirli uzaklıklar arasındaki ilişkinin araştırılması için

$I_{\Delta} = I_0 - a \ln \Delta + b$ bağıntısı kullanılmıştır.

I belirli uzaklıktaki şiddet değerini göstermektedir. Bunun elde edilebilmesi için izoseist haritaları kullanılmıştır. Haritalarda çeşitli uzaklıklar ölçülerek karşılığı olan şiddet değerleri saptanmıştır. Sonuçta;

$I_{\Delta} = I_0 - 1.221 \ln \Delta + 3.34$ ilişkisi saptanmıştır.

SONUÇ :

Bu araştırmada birbirine çok yakın bölgelerde oluşan depremler incelenmekle beraber, önerilen katsayıların farklılığı göze çarpmaktadır. Böyle bir durumda bile farklılaşmalar varken, bütün Türkiye'yi tek bir bölge olarak düşünüp, çok farklı yerlerde oluşmuş depremlerden yararlanarak, bir tek bağıntı amasının geçerliliği tartışma götüren bir gerçektir.

Günümüzde tam kesin olmamakla beraber, Türkiye'nin etkin deprem bölgeleri yeterince belirlenmiştir. Araştırmada seçilen depremlerin gözlemsel değerlendirmeleri de yapılmıştır. Bu verilere dayanarak, Batı Anadolu bölgesin-

de Şiddet - Büyüklük, Şiddet - Uzaklık ilişkilerini belirleyen bağıntılar önerilmiştir.

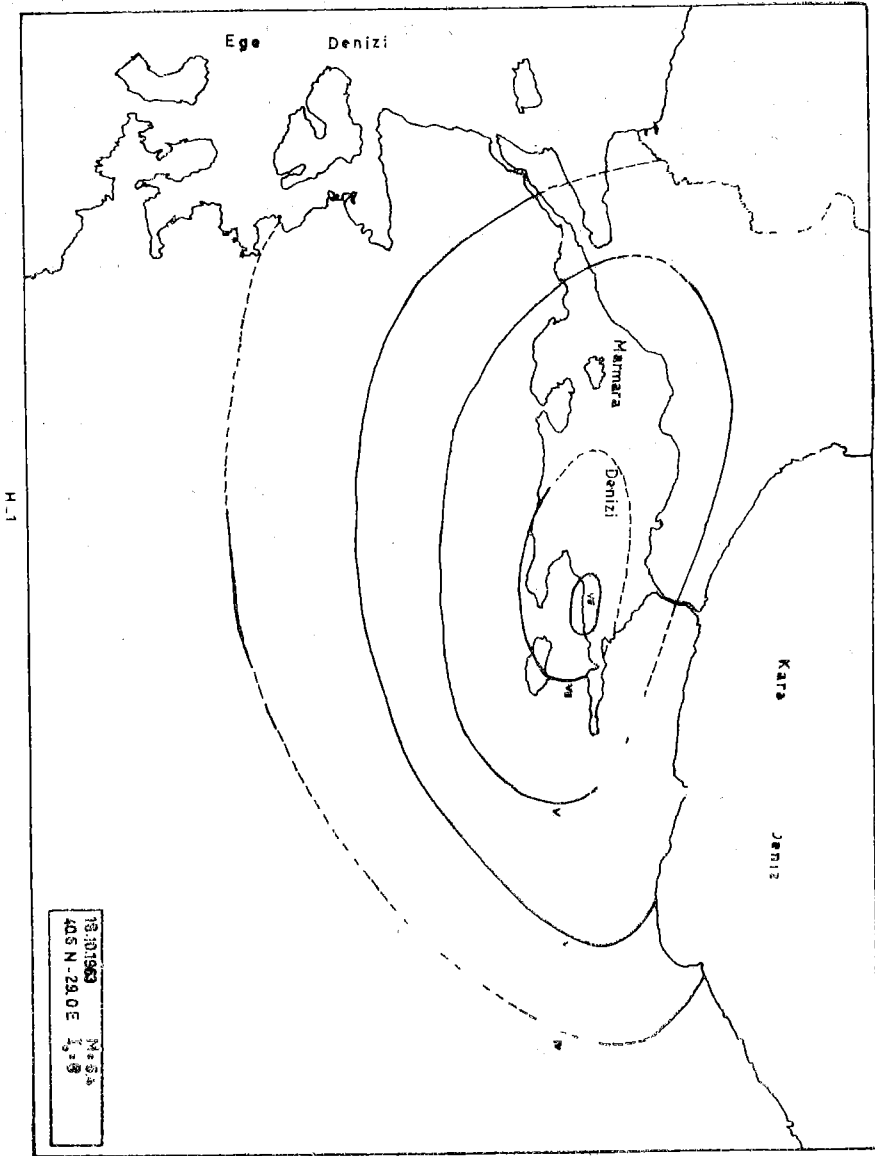
Depremi değerlendirmenin amaçlarından birisi de, insanı deprem zararlarından korumak ve giderek depreme dayanıklı bina türleri geliştirmek olduğuna göre, bu çalışma ile inşaat mühendislerine gerekli veriyi sağlayabilmek için, yeni bir anlayış getirilmek istenmiştir. Bunun yanı sıra bazı temel gereklerin yerine getirilmesi de daha sağlıklı sonuçlar elde edilmesi açısından gerekli görülmektedir.

1 — Öncelikle Türkiye'nin deprem oluşumları bakımından etkin olan bölgelerine ilişkin enerji yoketme, buna bağlı olarak deprem şiddeti azalım katsayılarının ve kabuk yapılarının belirlenmesi gereklidir.

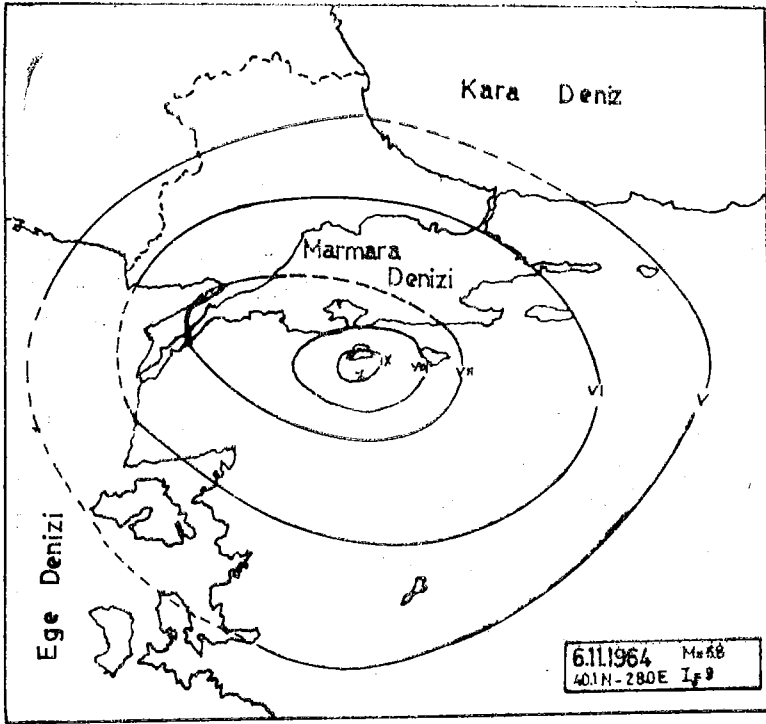
2 — Türkiye'de mikro bölgelendirme sorununa iyi bir yaklaşım sağlanmalı, gözlemsel verilerle yetinmeyip, yeterli bir alet şebekesi oluşturularak, gözlemsel verilerin, elde edilecek aletsel sonuçlarla karşılaştırılması gerçekleştirilmelidir.

KAYNAKLAR

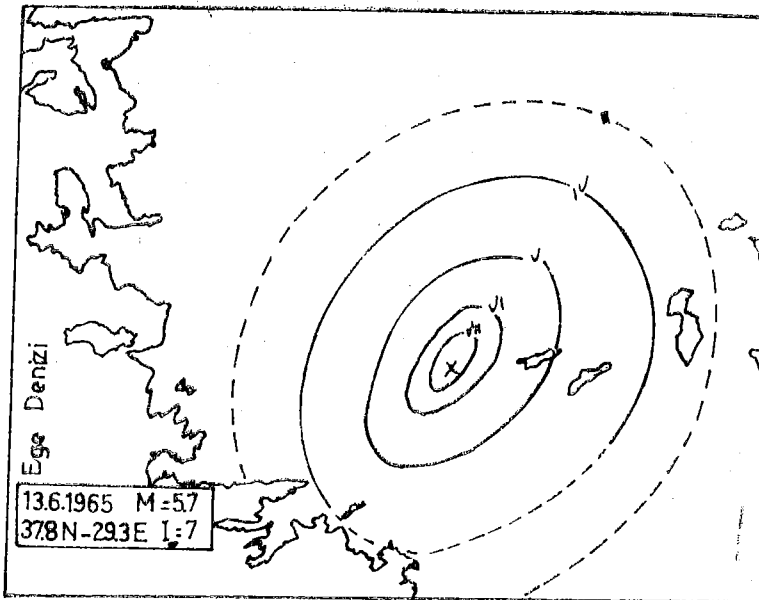
- Ü. Kıyak - Batı Anadolu'da Depremlerin Parametirleri Arasındaki İlişkiler. Yüksek Lisans çalışması (1977)
- Shebalin, Karaiik, Hadziewski - Catalogue of Earthquakes. UNESCO (1974).
- Howell, Scuhultz - Attenuation of Modified Mercalli Intensity (1975).
- Karnik - Seismicity of The European Area (1970).
- O. Gündoğdu - Depremin Boyutları, Depremi Değerlendirmenin Amacı (1976).



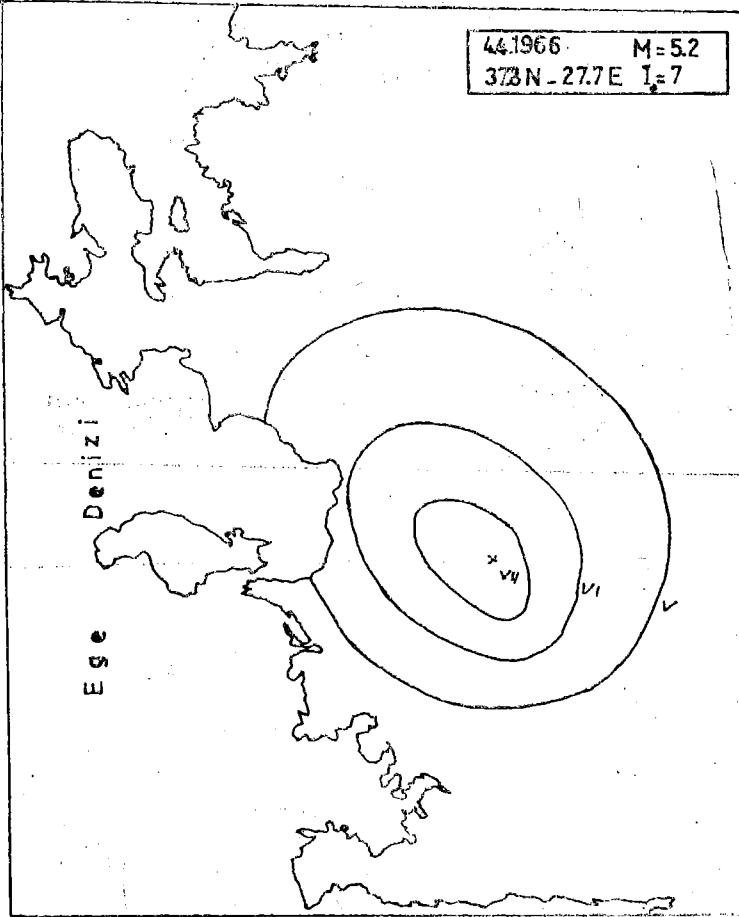
H-1



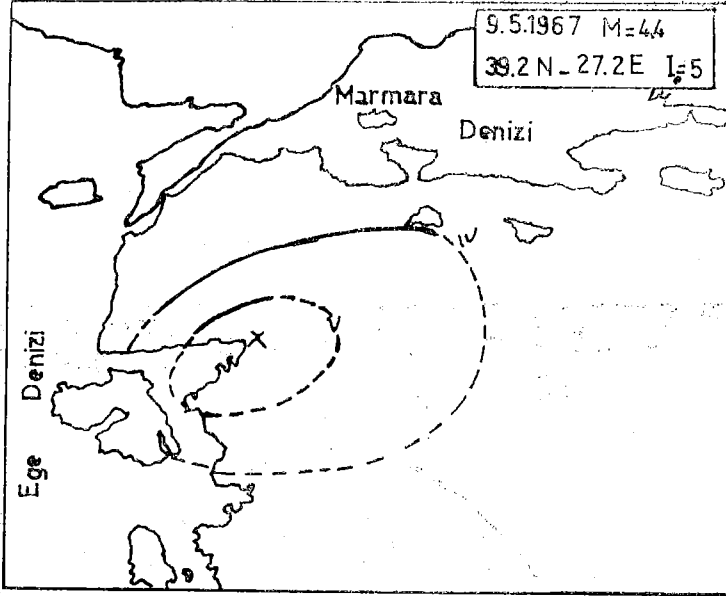
H-2



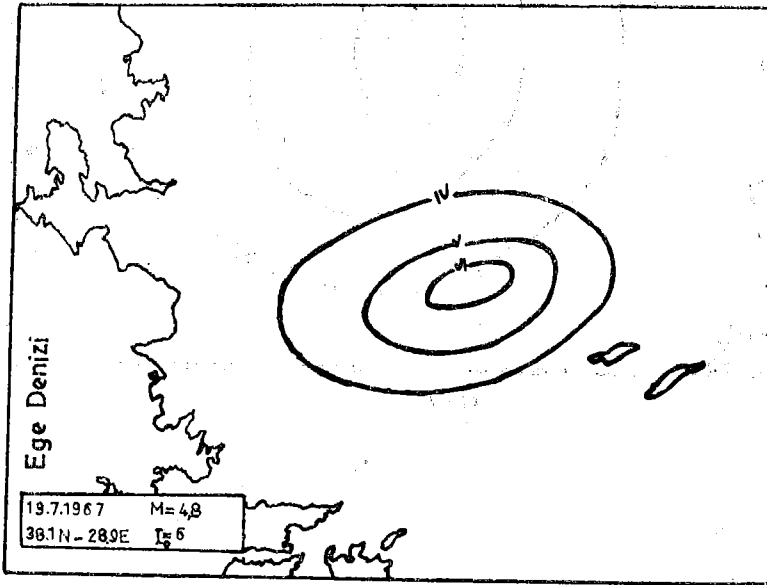
H-3



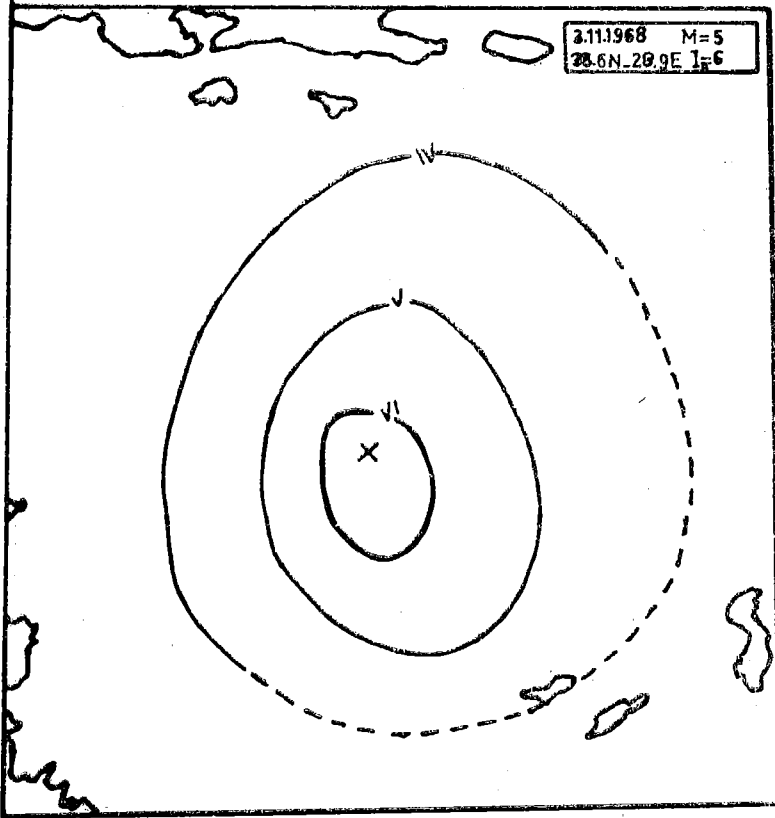
H-4

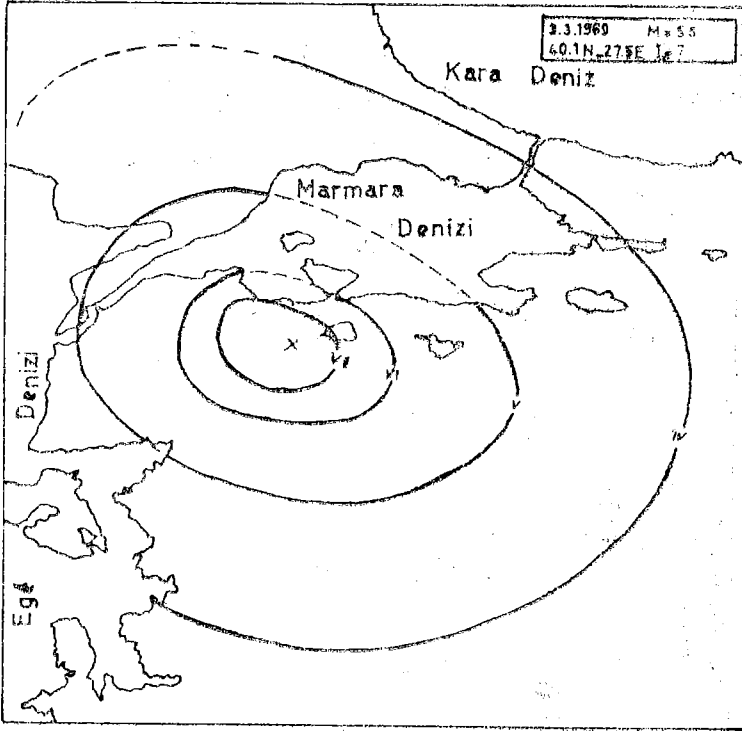


H-5

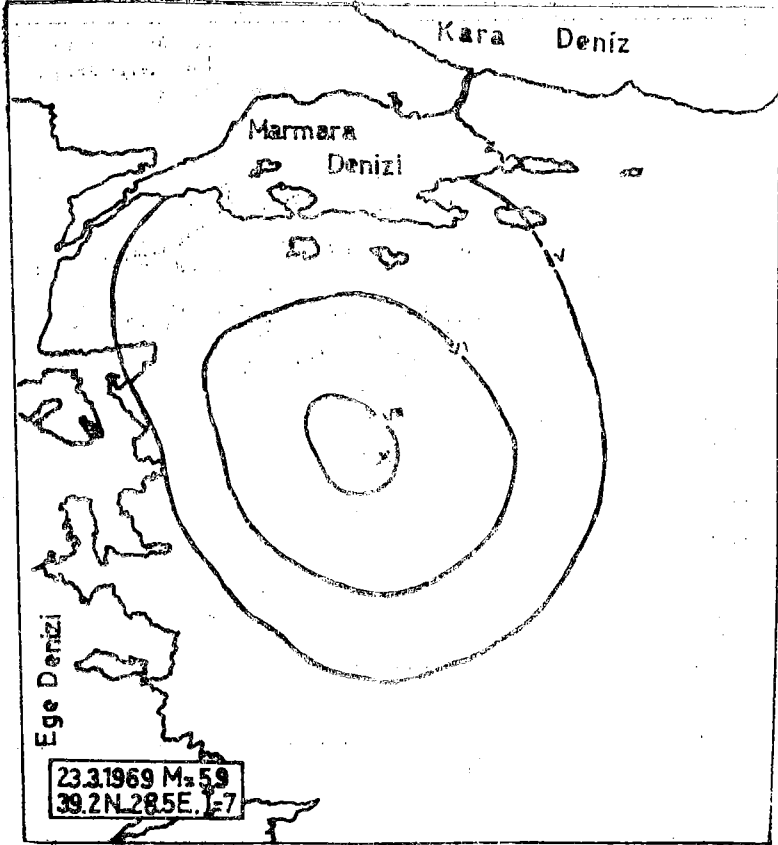


H-6

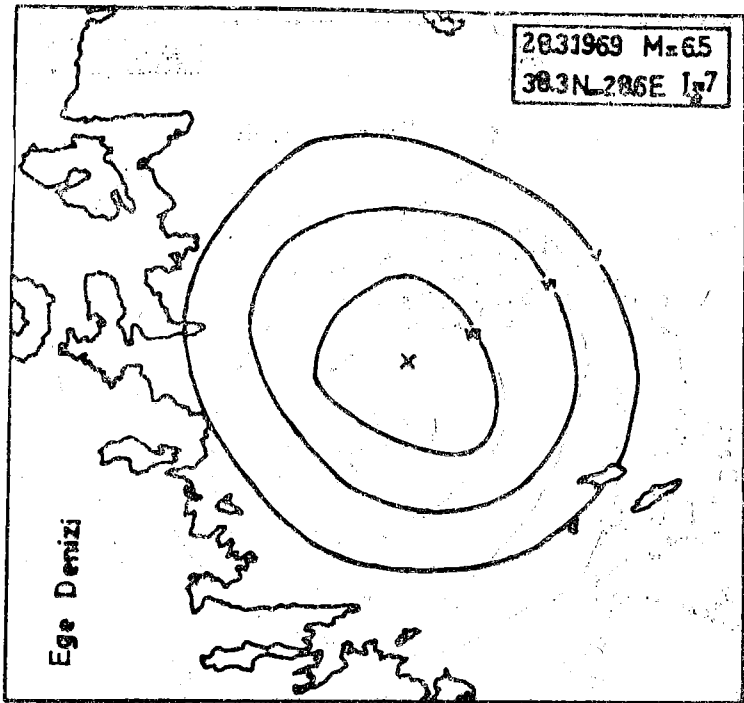




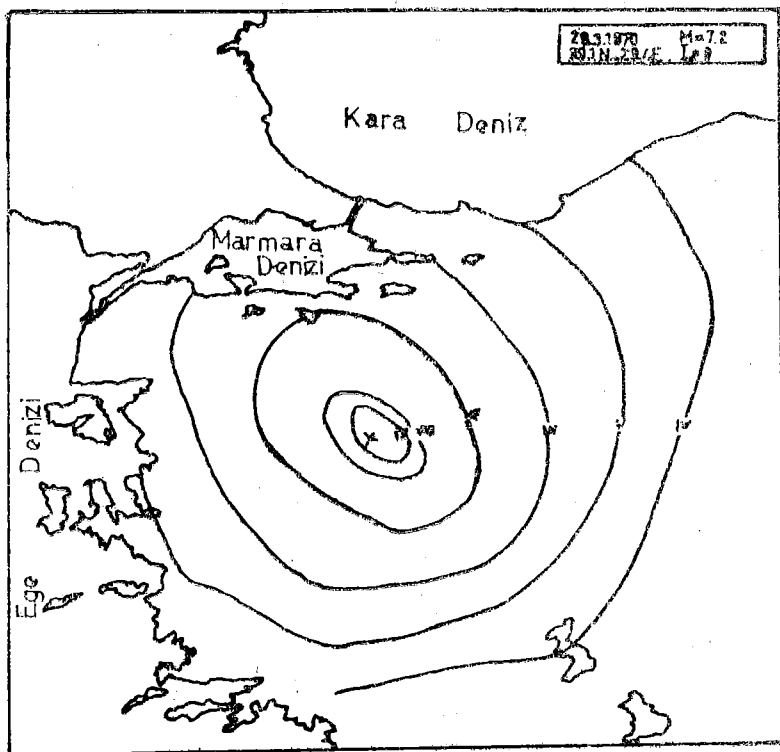
H-8



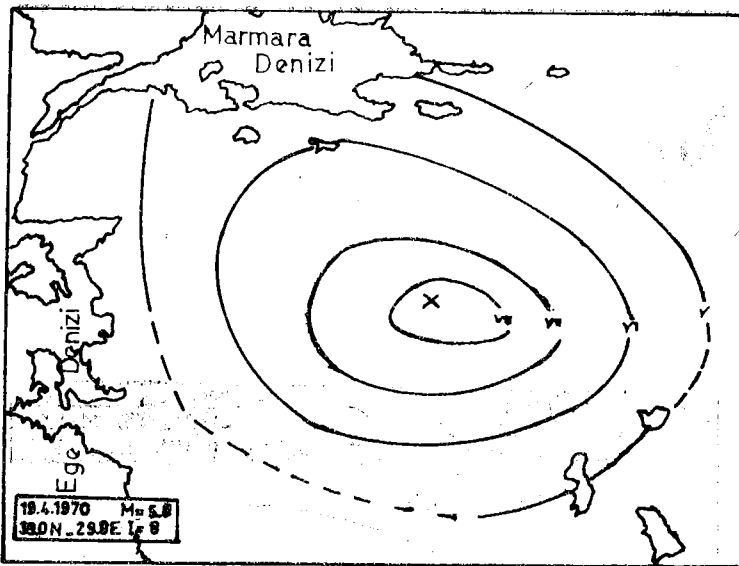
H-9



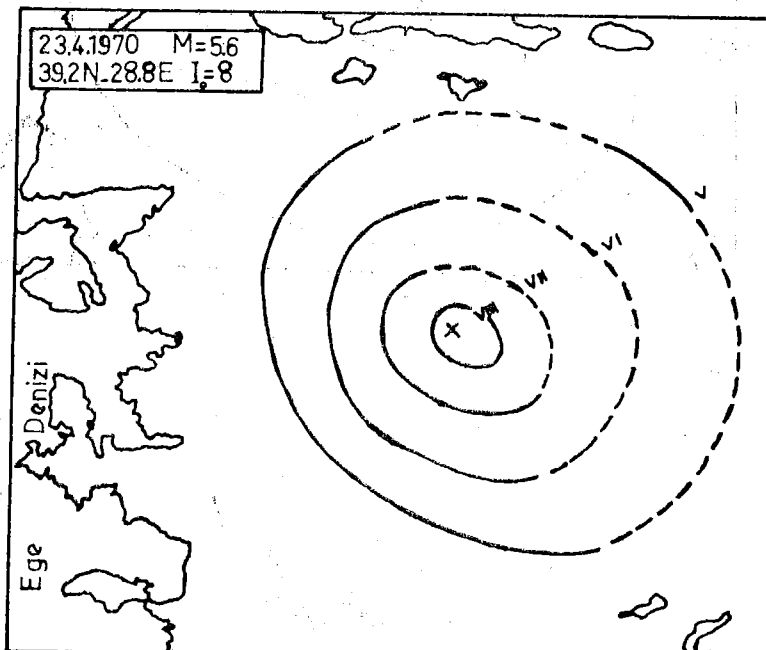
H-10



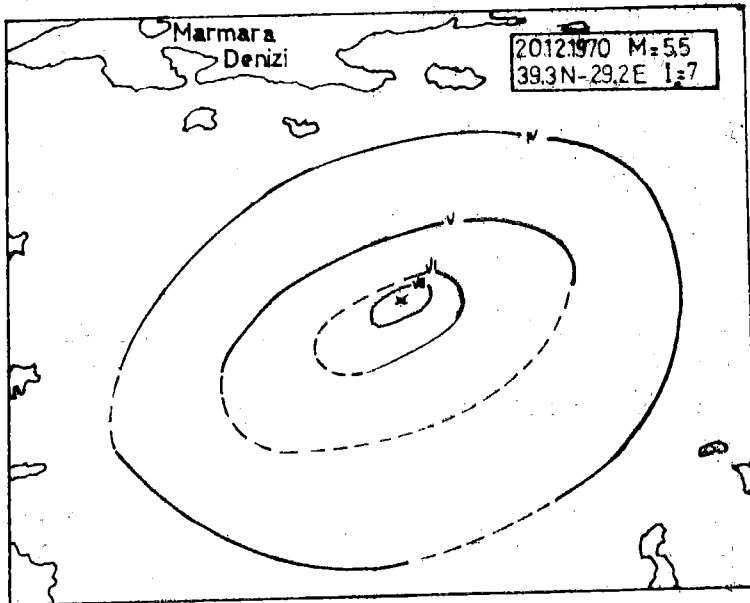
H-11



H-12



H-13



H-14

YAYIN KOŞULLARI
DEPREM ARAŞTIRMA ENSTİTÜSÜ BÜLTENİ

1. Bültene gönderilecek telif ve tercüme yazıların :
 - a) Depremle doğrudan doğruya, ya da dolaylı yoldan ilgili olması
 - b) Bilimsel ve teknik bir değer taşıması
 - c) Yurt içinde daha önce başka bir yerde yayınlanmamış olması
 - d) Daktilo ile ve kağıdın yalnız bir yüzüne en az iki nüsha olarak yazılmış bulunması
 - e) Şekillerin aydıngeç kağıdına çini mürekkebi ile çizilmiş olması
 - f) Fotoğrafların net ve klişe alınmasına müsait bulunması gerekmektedir.
2. Telif araştırma yazılarının baş tarafına araştırmanın genel çerçevesini belirten en az 200 kelimelik İngilizce, Fransızca ya da Almanca bir özet konulmalıdır.
3. İmar ve İskân Bakanlığı mensubu elemanlar tarafından hazırlanan ve telif ya da tercüme ücreti ödenerek yayınlanacak olan yazıların, mesai saatleri dışında hazırlanmış olduğu yazan, derleyen, ya da çevirenin bağlı bulunduğu birim amiri tarafından (genel müdürlüklerde daire başkanı, müstakil birimlerde birim amiri) verilecek bir belge ile belgelendirilmesi zorunludur. Bu belge ile birlikte verilmeyen yazılar için ücret ödenmez.
4. Telif ve tercüme ücretleri ancak yazı bültende yayımlandıktan sonra tahakkuka bağlanır.
5. Bültende yayınlanacak yazıların 300 kelimelik beher standart sayfası için teliflerde 150 TL, tercümelerde 100 TL. ücret ödenir.
6. Yazılarda bulunan şekiller için, gerekli olan asgari alan içinde bulunabilecek kelime sayısına göre ücret takdir edilir.
7. Telif ve tercüme ücretlerinin gelir vergisi stopaj yoluyla kesilir.
8. Yazıların bültende yayınlanması Deprem Araştırma Enstitüsü bünyesinde teşekkül eden Uzmanlar Kurulu'nun kararı ile olur.
9. Seçmeyi yapacak Uzmanlar Kurulu 5. maddede sözü edilen asgari alanları hesaplamaya, yazı sahiplerine gereksiz uzatmaların kısaltılmasını teklif etmeye, verilecek ücrete esas teşkil edecek kelime sayısını tesbit etmeye ve yazıların yayın sırasını tayine yetkilidir.
10. Kurulca incelenen yazıların bültende yayınlamp yayınlanmayacağı yazı sahiplerine yazı ile duyurulur.
11. Yayınlanmayacak yazılar bu duyurmadan sonra en geç bir ay içinde sahipleri tarafından geri alınabilir. Bu süre içinde alınmayan yazıların korunmasından Enstitü sorumlu değildir.
12. Yayınlanan yazılardaki fikir, görüş ve öneriler yazarlarına ait olup, Deprem Araştırma Enstitüsünü bağlamaz.
13. Diğer kuruluşlar ve Bakanlık mensupları tarafından bilgi, haber tanıtma vb. gibi nedenlerle gönderilecek not ve açıklamalar, ya da bu nitelikteki yazılar için ücret ödenmez.
14. Enstitü mensupları Enstitüce kendilerine verilen görevlere ait çalışmalardan ötürü herhangi bir telif ya da tercüme ücreti talep edemezler.