

DEPREMDE HASAR GÖREN YAPILARDA ONARIM VE GÜÇLENDİRME YÖNTEMLERİNİN İNCELENMESİ

Savaş GÜLEN, Hüseyin KASAP

Özet - Depremde hasar gören veya olası bir depreme karşı yetersiz yapılar için onarım ve/veya güçlendirme işlemleri gerekmektedir. Onarım için çelik manto, betonarme manto ve epoksi enjeksiyonu gibi bazı yöntemler kullanılmaktadır. Yapıların güçlendirilmesi için yapılan deneysel çalışmalarda bölme duvarlarının yatay yük taşınmasında etkisi olduğu gözlenmiştir. Depremde hasar görmüş yapıların yeni perde duvarları ekleyerek daha büyük deprem yükleri taşıyabilir duruma getirilmesi, yapının güçlendirilmesi için seçilen yollardan biridir. Ancak bu perdelerin simetrik olarak planlanmasına dikkat edilmelidir.

Anahtar Kelimeler - Epoksi enjeksiyonu, mantolama, deprem perdeleri.

Abstract - It necessary repair and/or strengthening operations for insufficiency buildings towards an earthquake on building damages due to earthquakes. For repair, it used some methods like steel jacket, reinforcing jacket and epoxy injection. It observe partition walls get strengthening on experiments that strength building. One of the most popular way of strengthening the damaged building is stiffening the structure by means of shear walls when theoretically this is proper. Only it must be carefull to plan symmetrically this shear walls.

Key Words - Epoxy injection, Jacketing, Shear Walls.

I. GİRİŞ

Taşıyıcı sistemler bazı nedenlerle niteliklerinden ve özelliklerinden kaybederek hasar görebilirler ve kendilerinden beklenen fonksiyonu yerine getiremeyecek duruma düşebilirler. Bu duruma düşmeleri kullanılabilirlik veya dayanım bakımlarından olabilir. Böyle duumlarda yapının onarılması ve/veya güçlendirilmesi gerekir. Bazı kere de niteliklerinden kaybetmediği halde kullanım amaçlarındaki değişiklik dolayısıyla güçlendirme gerekebilir [1].

İyi projelendirilmemiş veya uygulamasında özen gösterilmemiş binalarda hasar meydana gelme olasılığı, depremin şiddetine bağlı olarak büyür. Bunun yanında, projelendirilmesi ve uygulanmasında gerekli özen gösterilen binalarda da şiddetli depremlerde hasar meydana gelebilir. Bu nedenle hasarın belirlenmesi ve devamında gerekli güçlendirmenin ve/veya onarımın yapılması deprem mühendisliği ve inşaat mühendisliğinin önemli konularından biridir [2].

II. TANIMLAR

Öncelikle onarım ve güçlendirme terimlerini ve anlamlarındaki farkı açıklamak uygun olacaktır.

Onarım : Görünüş ve kullanım bakımından hasar görmüş bir yapıda veya onun bir veya birkaç elemanında önceki haline kısmen veya tamamen getirmek için yapılan çalışma ve değişikliktir. Bu önceki haline getiriş (veya ona yaklaşma) yapının görünüşünü ve kullanımı (yük taşıma kapasitesi, rijitliği, sünekliği dahil) bakımlarından olabilir.

Güçlendirme : Bir yapının taşıma gücünü, rijitliğini, sünekliğini veya stabilitesini önceki durumun üstüne çıkarmak için yapılan değişikliktir. Bunun için, yukarıda da söylenildiği üzere, yapının hasar görmüş olması gerekmeyebilir. Yapının kullanım veya işletme yüklerinde bir artmanın söz konusu olması halinde güçlendirme gerekebileceği gibi öngörülen yükler için eksik projelendirilmiş veya inşa edilmiş bir yapının da güçlendirilmesi gerekebilir.

Görülüyor ki onarımda amaç önceki duruma geçmeyen bir duruma getirmektir. Bu, kullanım bakımından olabileceği gibi mukavemet ve benzeri karakteristiklerini hasar öncesi düzeye çıkarmaktır. Onarımın hasar görmüş bir yapıda yapılmasına karşın güçlendirme için yapının hasar görmüş olması gerekmez. Hasar görmemiş bir yapının da güçlendirilmesi söz konusu olabilir. Örneğin;

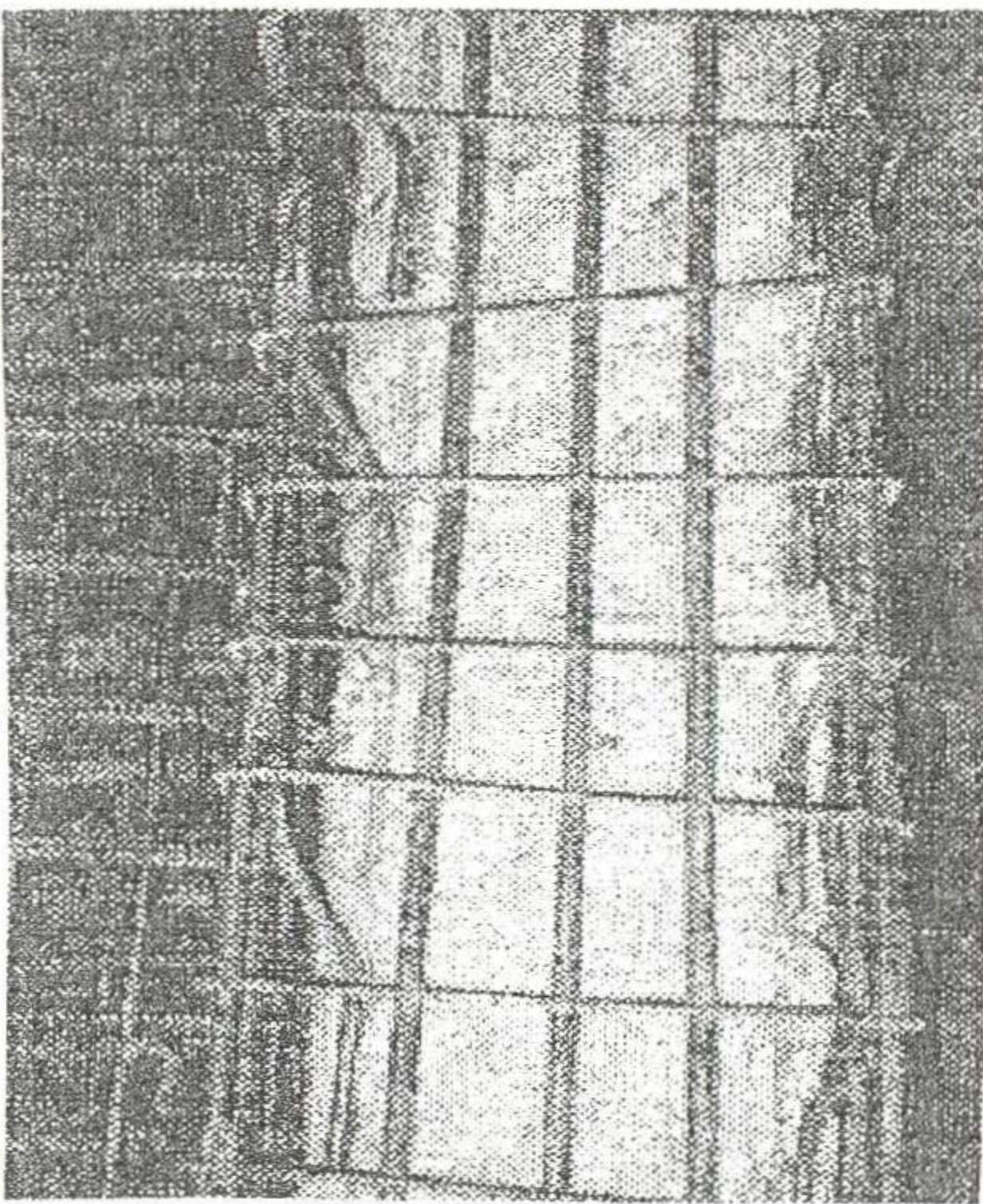
- Yapının yetersiz kapasitede projelendirildiğinin veya inşa edildiğinin anlaşılması halinde,
- Yapının kullanımı ana yapının değişmesi veya deprem bölgesindeki değişiklik nedeni ile daha büyük yüklere maruz kalmasının söz konusu

olduğu hallerde yapının hasarlı olmadığı halde güçlendirilmesi söz konusu olur [1].

III. ELEMAN ONARIMI

Yapım hataları, detaylandırma hataları, eksik malzeme ve deprem gibi zorlamalar sonucunda hasar gören betonarme kolon, perde ve kirişlerin onarımı amacıyla çeşitli teknikler geliştirilmiştir. Bu tekniklere, genellikle kalıcı deformasyon yapmamış olan elemanların rijitliğinin ve sünekliğinin artırılması amacıyla başvurulmaktadır. Hasarlı elemanların onarımı çeşitli yöntemler ile gerçekleştirilebilir. Bu yöntemler içerisinde en sıkça kullanılanlar:

- **Çelik Manto** : Bu yöntem ile kolon ve kiriş içinde olması gereken sargı donatısı, çelik levhalar kullanılarak elemanın dışında kafes şeklinde oluşturulmaktadır. Bu şekilde kolonun hem aksenal yük kapasitesi kısmen arttırılmakta, hem de daha yüksek süneklik elde edilmektedir. Çelik mantoda, katlar arası süreklilik sağlanamadığı için kolonun eğilme kapasitesine bir katkı sağlamamaktadır.
- **Betonarme Manto** : Bu yöntem genellikle kolonlarda uygulanır. Bu yöntem ile kolonun hem aksenal yük kapasitesi, hem de sünekliği arttırılabilir. Manto içerisine yerleştirilen boyuna donatıların katlar arasında sürekliliği sağlanarak, kolonun eğilme kapasitesi de arttırılabilir. Şekil 1'de donatıları yerleştirilmiş tipik bir kolon mantosu görülmektedir. Mevcut kolon ile yeni dökülecek manto betonunun aderansının yüksek olabilmesi için mevcut kolonun donatıları ortaya çıkıncaya kadar kabuk betonu kırılmaktadır.



Şekil 1. Tipik Bir Betonarme Kolon Mantosu Donatı Yerleşimi

- **Epoksi Enjeksiyonu** : Kolon, perde ve kiriş elemanlarında oluşmuş olan çatlakların belli bir genişliği aşmadığı yapılarda betonun aderansının artırılması amacıyla epoksi enjeksiyonu kullanılabilir. Ayrıca, sargı etkisini artırabilmek amacıyla çelik veya karbon fiberli levhalar yapıştırılabilir.

Ekonomik sınırlar içerisinde kalması kaydıyla yapıların onarılması ve güçlendirilmesi mümkündür. Bilinçli yapılan onarım ve güçlendirme, binaların gerçek anlamda depreme dayanıklı hale gelmesini sağlamaktadır. Hiçbir binanın şiddetli bir depremi hasarsız atlattığı garanti edilemez, ancak en önemli mühendislik hedefi göçmenin önlenmesidir [3].

IV. DAHA ÖNCE YAPILMIŞ DENEYSEL ÇALIŞMALAR

Deney Numuneleri

Bu konuda İTÜ laboratuvarlarında yapılan deneysel çalışmalarda bir açıklıklı tek katlı çıplak çerçeve numunelerinde açıklık ve yükseklik 220 cm ve genişlik 152,5 cm olup, dikdörtgen kesitli kolonların boyutları, b/h=20x25 cm'dir. Tablalı olarak oluşturulan kiriş boyutları ise; bw/h/b=20/32,5/82 cm'dir [4].

Malzeme Özellikleri

Üretilen numunelerde BÇI türü donatı ve BS16 kalitesinde beton kullanılmıştır. Bölme duvarlarının oluşturulmasında ise uygulamada yaygın olarak kullanılan boşluklu tuğlalar delikleri yatay gelecek biçimde yer almaktadır.

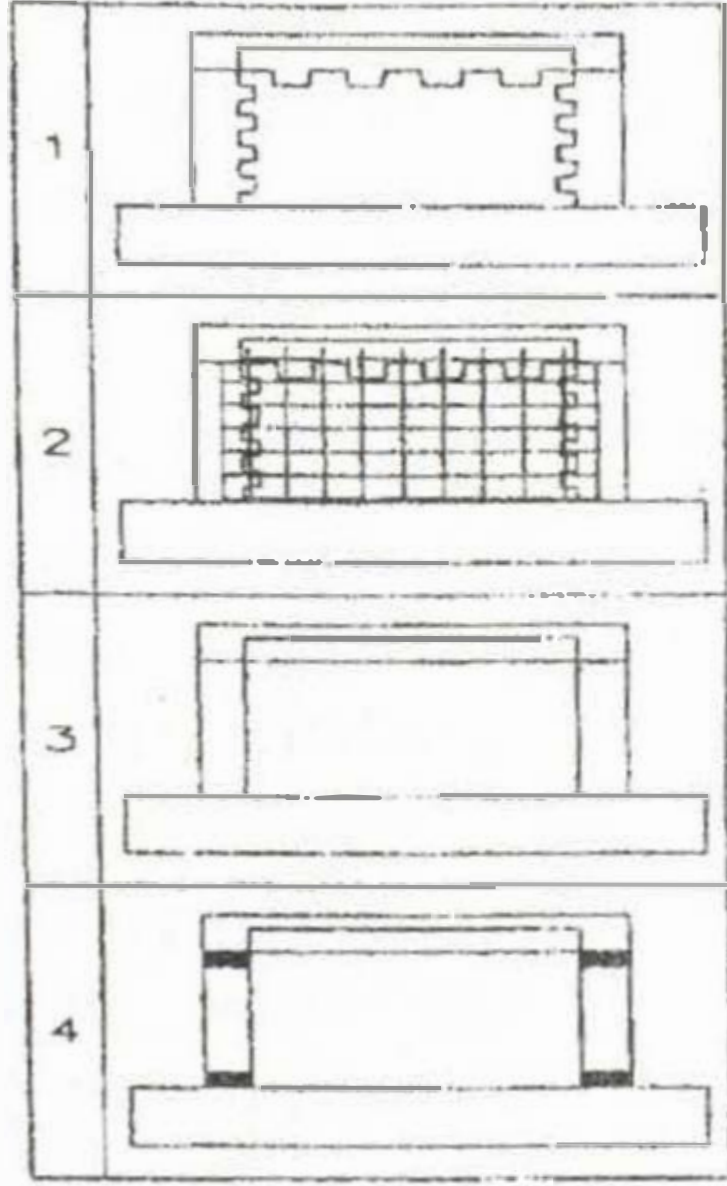
Ortalama duvar kalınlığı 19 cm'dir. Bu tür tuğlalarda deliklere dik doğrultudaki basınç dayanımı 20-40 kg/cm² düzeyinde olduğu görülmüştür.

Deney Düzenegi

Yer değiştirme kontrollü olarak gerçekleştirilen bu deneysel çalışmalarda, yatay yük için numunelerin bazılarında ± 25 ton yükleme kapasiteli iki yönlü hidrolik veren, bazılarında ise +50 ton kapasiteli tek yönlü hidrolik veren kullanılmıştır.

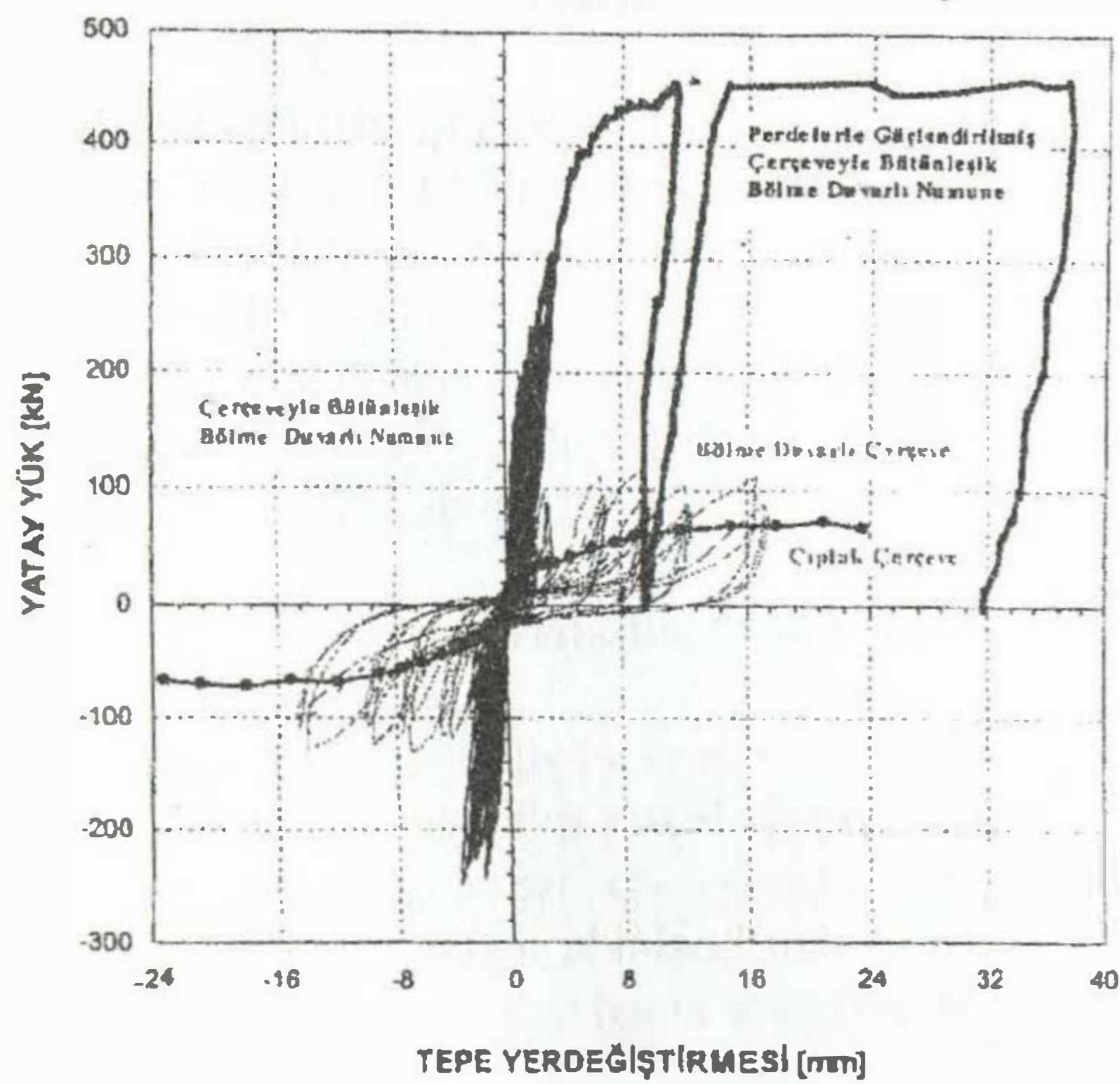
Deneysel çalışma kapsamında çıplak çerçeveler, değişik türde bölme duvarlı çerçeveler, çevresiyile bütünleşik bölme duvarları ve ince perdelerle güçlendirilmiş bütünleşik bölme duvarlı çerçeveler

yatay yük taşıyabilmeleri, süneklikleri ve göçme biçimlerinin gözlenebilmeleri gibi amaçla denenmiştir (Şekil 2).



Şekil 2: Deneyde kullanılan duvar türleri

V. DENEY SONUÇLARI



Şekil 3: Yatay yük - tepe yer değiştirmesi çevrim zarfları

Şekil 3'te verilen yatay yük tepe yer değiştirmesi çevrimlerinin zarfları karşılaştırıldığında ortaya çıkan sonuçlar şunlardır:

- Çıplak çerçevenin başlangıç rijitliği ve en büyük yük taşıma kapasitesi, içine duvar örülmüş numunenin karşılık olan değerlerinden önemli ölçüde küçüktür.
- Bölme duvar çevresindeki betonarme elemanlarla bütünleşmiş numunede başlangıç rijitliği ve dayanım, bütünleşik olmayan numunelere ait karşılık gelenlerden çok büyüktür.
- Hasar görmüş bütünleşik bölme duvarının iki yüzünde oluşturulan ince betonarme perdeli numunenin sonuçları da rijitlik ve dayanım bakımından önceki numunelerin üstüne

çıkmakta ve daha büyük deplasman seviyelerinde önemli dayanım düşüşleriyle karşılaşmamaktadır.

- Duvar yüzeyinde yer alan hasır donatının duvarda dağılmayı tümüyle önlemiş olması ve göçmenin tabanda büyük bir kesit oluşturan ve iki kolondaki donatılar ile temele bağlanmış hasır donatının akmasıyla ortaya çıktığı gözlenmiştir [4].

VI. YAPILARDA BURULMA DÜZENSİZLİĞİNİN KONTROLÜ

Burulma düzensizliği birbirine dik iki deprem doğrultusunun herhangi biri için, herhangi bir katta en büyük görelî kat ötelemesinin o katta aynı doğrultudaki ortalama görelî ötelemeye oranını ifade eden Burulma Düzensizliği Katsayısı η_{bi} 'nin 1,2'den büyük olması durumunu ifade eder.

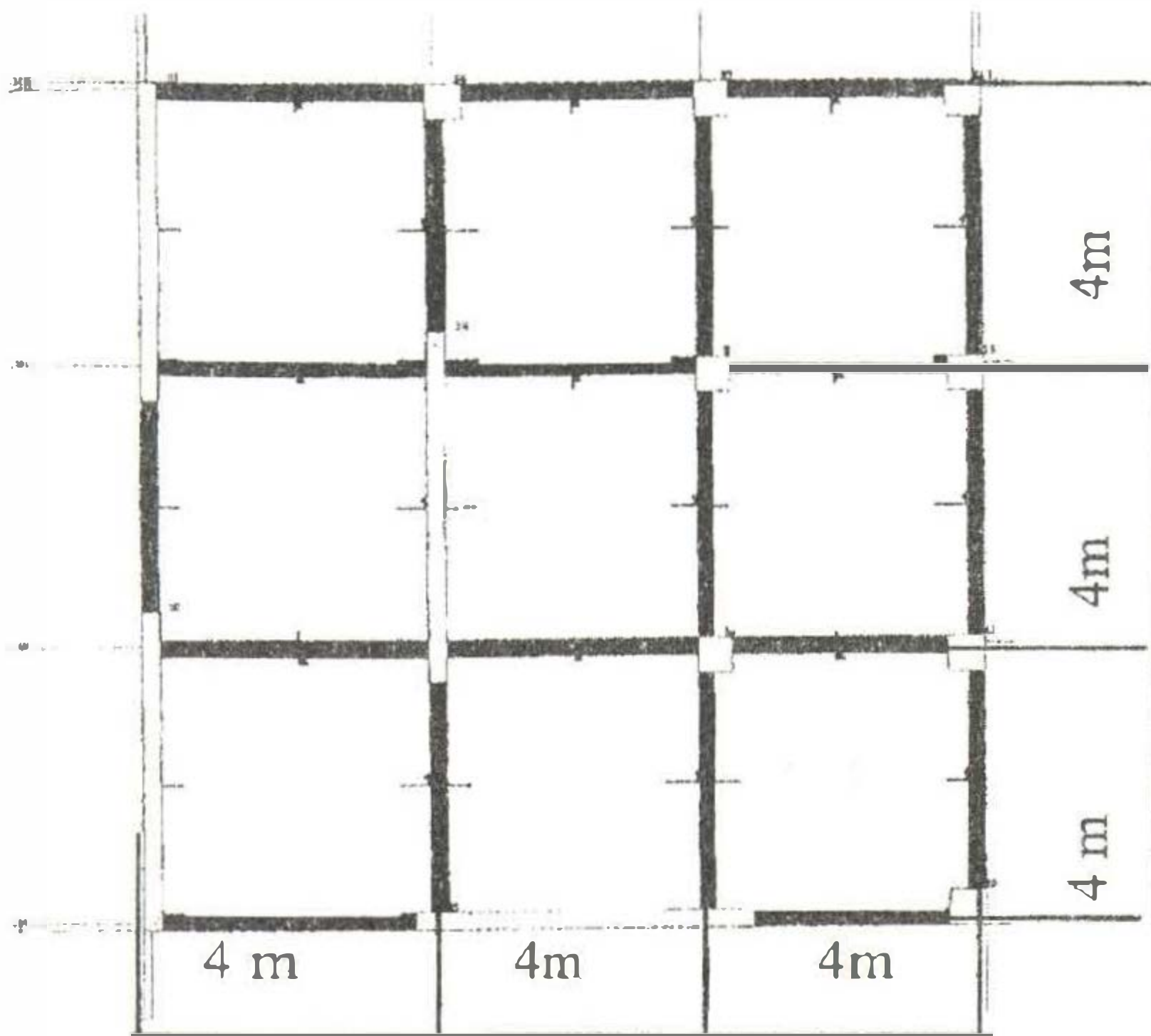
$$(\Delta_i)_{ort} = \frac{1}{2} [(\Delta_i)_{max} + (\Delta_i)_{min}]$$

$$\eta_{bi} = (\Delta_i)_{max} / (\Delta_i)_{ort} \quad [5]$$

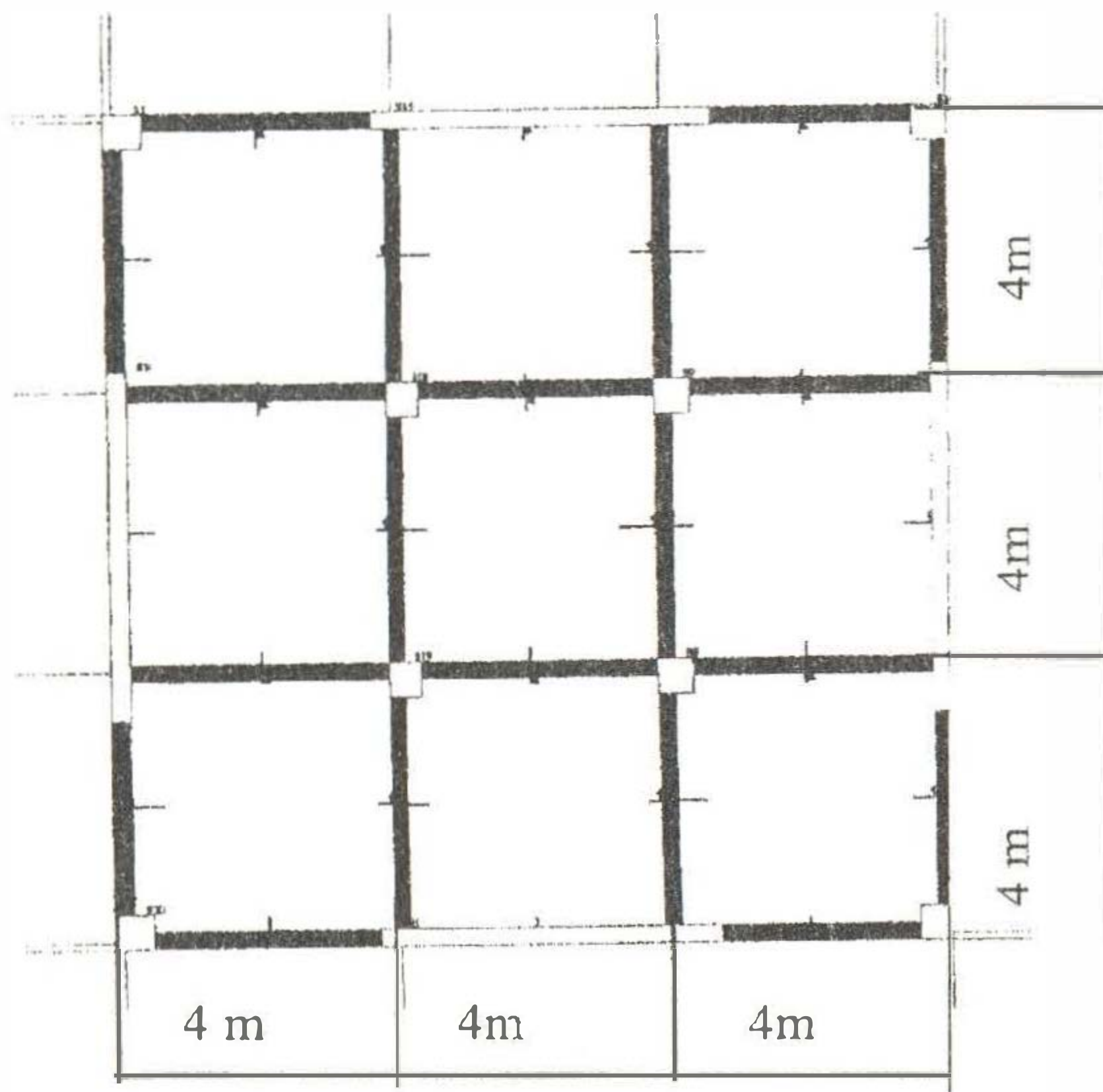
Rijitlik dağılımı bakımından düzensiz olan yapılarda, burulma düzensizliği çok yüksek düzeylerde olabilmektedir. Şekil 5'te Tip 1 Kalıp Planı, Şekil 6'da ise Tip 2 Kalıp Planı için burulma düzensizliği araştırılmıştır.

Tip 1 ve Tip 2 Kalıp Planlı binalar 5 katlı olup, kat yüksekliği 2,8 m'dir. Böylece toplam yapı yüksekliği 14 m'dir. Her iki yapı da süneklik düzeyi bakımından karma sistemler olarak seçilmiştir. Perde kalınlıkları 25 cm'dir. Tüm katlardaki kirişler 25x60 cm² boyutundadır. Tüm katlardaki kolon boyutları ise 50x50 cm²'dir. Tip 1 Kalıp Planı için kat ağırlığı tüm katlarda 180,06 kN'dur. Toplam kat ağırlığı W=900,03 kN'dur. Tip 2 Kalıp Planı için kat ağırlığı 180,75 kN olup, toplam kat ağırlığı W = 903,75 kN'dur.

Yapılan analizler sonucunda, Tip 1 Yapı Planı için X ve Y doğrultusundaki + 0,05 dışmerkezlikli yüklemeye ait η_b burulma düzensizliği katsayıları Tablo 1'de gösterilmiştir. Burada deprem yönünü, koordinat eksenlerinin yönü olacak şekilde alırsak, ortaya çıkan sonuca göre; +X ve +Y yönündeki burulma düzensizlik katsayıları 1,2 sınır değerinden büyüktür. Yine Tip 2 Yapı Planı için X ve Y doğrultusundaki + 0,05 dışmerkezlikli yüklemeye ait η_b burulma düzensizliği katsayılarını Tablo 2'deki değerlere göre incelediğimizde; perdelerin simetrik bir biçimde yerleştirilmesinden dolayı η_b katsayılarının gerek X ve gerekse Y düzlemlerinde 1,2 sınır değerini aşmadığı görülmüştür



Şekil 4 : Tip 1 Kalıp Planı



Şekil 5 : Tip 2 Kalıp Planı

Tablo 1 : Tip 1 Yapı Planı için X ve Y doğrultusundaki burulma düzensizliği katsayıları, η_b

KATIN YERİ	Deprem Yönü ve Kuvvetin Uygulama Noktası			
	+X	-X	+Y	-Y
5	1,19	1,04	1,39	1,16
4	1,30	1,03	1,53	1,11
3	1,39	1,08	1,63	1,07
2	1,48	1,13	1,73	1,01
1	1,57	1,22	1,85	1,09

Tablo 2 : Tip 2 Yapı Planı için X ve Y doğrultusundaki burulma düzensizliği katsayıları, η_b

KATIN YERİ	Deprem Yönü ve Kuvvetin Uygulama Noktası			
	+X	-X	+Y	-Y
5	1,05	1,06	1,06	1,05
4	1,05	1,06	1,06	1,05
3	1,05	1,06	1,06	1,05
2	1,05	1,06	1,06	1,05
1	1,05	1,06	1,06	1,05

VII.SONUÇLAR

- Yapılar orta şiddetli depremleri taşıyıcı sistemi önemli bir hasar görmeden, şiddetli depremleri ise yıkılmadan atlatabilmelidir.
- Yapılan analiz sonucunda taşıyıcı sistemi yetersiz binalar hasarsız dahi olsa güçlendirilmelidir.
- Çerçeveyle bütünleşik bölme duvarlı yapı, çıplak çerçeveye göre rijitlik ve dayanım bakımından çok büyük değerdedir. Bu nedenle bölme duvarların çerçeveyle bütünleşik olarak yapılması önerilir.
- Düzensiz yapıların zayıf akslarında yapılan düzeltmeler ve iyileştirmeler sonucu burulma düzensizliği katsayısı 1,2 değerinin altına inmektedir.

KAYNAKLAR

- [1]Demir, H., "Depremde Hasar Görmüş Yapıların Hasarı İle İlgili Çalışmalar ve İlkeler", 2.Ulusal Deprem Mühendisliği Konferansı, Mart 1993.
- [2]Celep, Z., Kumbasar, N., "Deprem Mühendisliğine Giriş ve Depreme Dayanıklı Yapı Tasarımı", 2000, İstanbul.
- [3] Kubin, J., "Depreme Dayanıklı Yapı Tasarımı ve Onarım / Güçlendirme Teknikleri" file://A:\Sanal Gazete - Mart 2000.htm
- [4]Karadoğan, F., Yüksel, E., "Bölme Duvarlı Betonarme Çerçeveler Üzerinde Gerçekleştirilen Bazı Deneysel Çalışmalar", İ.M.O. İstanbul Bülten, Yıl:12, Sayı:56, İstanbul.
- [5]Bayındırlık ve İskan Bakanlığı, "Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik", 02 Eylül 1997 tarih ve 23098 Mükerrer Sayılı Resmi Gazete.