

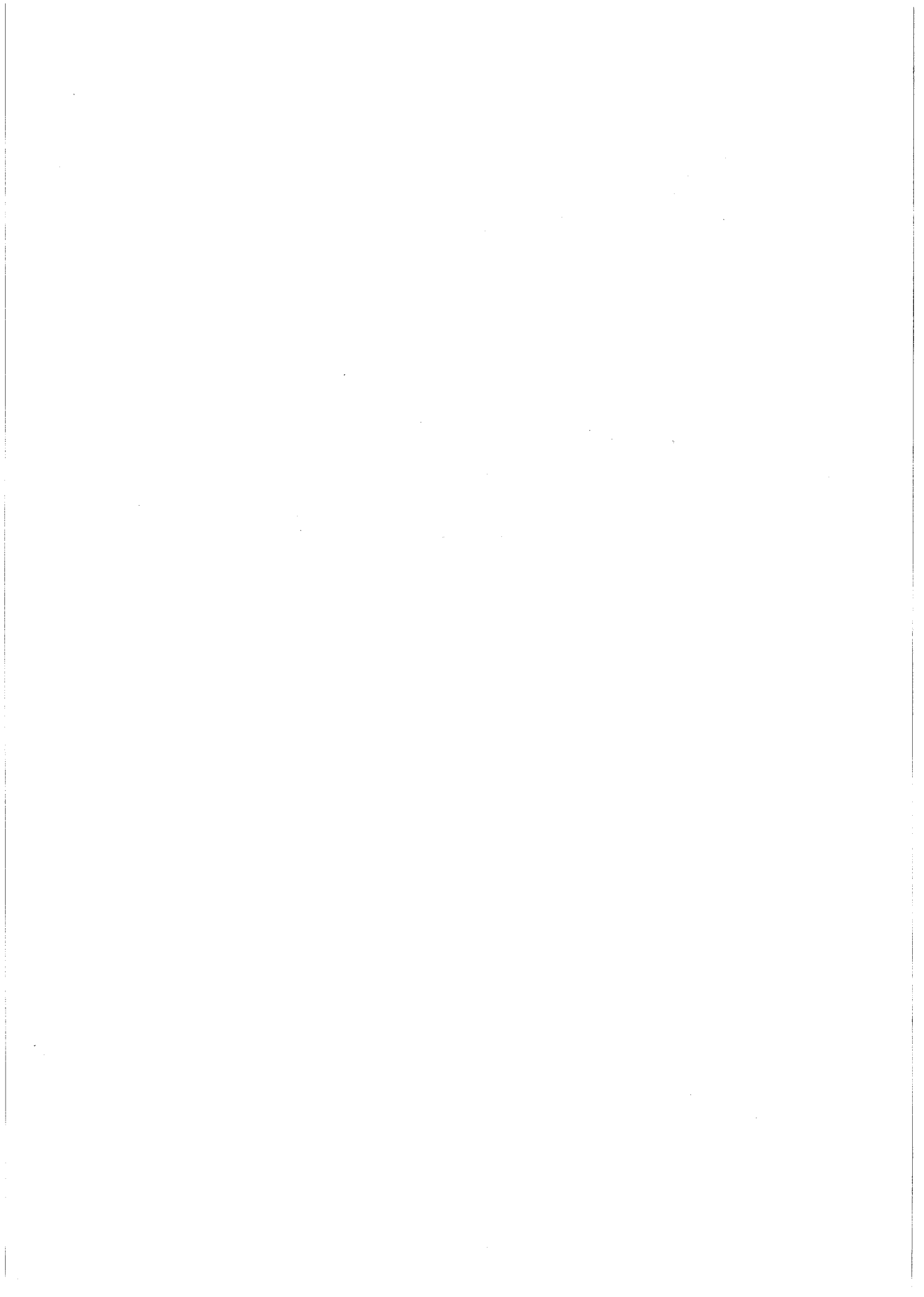


**T.M.M.O.B.
İNŞAAT MÜHENDİSLERİ ODASI
İZMİR ŞUBESİ**

ÇOK KATLI YAPILAR SEMPOZYUMU

(21-22-23 Eylül 1989)

**Prof. Dr. Günay ÖZMEN
DEPREME DAYANIKLI ÇOK KATLI
YAPILARA TASARIM VE ÜRETİM
SORUNLARI**



DEPREME DAYANIKLI ÇOK KATLI YAPILARDA TASARIM VE ÜRETİM SORUNLARI

Prof.Dr.Günay ÖZMEN
ATA İNŞAAT

1- GİRİŞ

Son yıllarda, tüm dünyada, deprem mühendisliği alanında geniş ölçüde araştırmalar yapılmış ve konu oldukça önemli oranda aydınlatılmıştır. Bununla birlikte, depreme dayanıklı yapı tasarımı yine de bilimsel ağırlıklı bir sanat (zanaat) olarak gözönüne alınmalıdır.

Böyle bir tasarımın ana amacı, deprem etkilerine karşı koyabilecek ölçüde mukavemet, rijitlik ve enerji yutma özellikleri olan bir yapı üretmektir. Genel olarak kabul edilen tasarım ölçütleri:

- a) Sık oluşan küçük depremlerde hiç hasar olmaması,
 - b) Orta şiddette depremlerde yapısal hasar olmaması ve yapısal olmayan elemanlardaki hasarın kolayca tamir edilebilmesi,
 - c) Şiddetli depremlerde de genel göçmenin ve hayat kayıplarının önlenmesi
- olarak özetlenebilir.

Görüldüğü gibi, deprem tasarımının genel ilke ve ölçütleri açıkça belirtilmiş bulunmaktadır. Ancak bunların ilgili yönetmeliklere ve tasarım yöntem ve yordamlarına aynı açıklıkla somut bir biçimde yansıtılması kolay değildir. Bunun başlıca nedeni de genelde iki bölümde toplanabilecek olan belirsizliklerdir:

- a) Gelecekte yapıyı etkilemesi muhtemel olan depremlerin özellikleri
- b) Özellikle elastik olmayan bölgelerde hesap modelinin saptanması.

Yönetmeliklerin ve tasarım yöntemlerinin başlıca işlevleri bütün bu belirsizliklere karşın, depreme dayanıklı tasarım ilke ve ölçütlerinin dolaylı yollardan da olsa sağlanmasını gerçekleştirmek olmalıdır. Bu çalışmada

- a) Taşıyıcı sistem
- b) Malzeme ve işçilik

c) Hesap yöntemleri

d) Yapı detayları

bakımından gerekli ilkelere yer verilecek ve tasarım ve üretimde karşılaşılan sorunlar üzerinde durulacaktır.

2- YAPI SİSTEMLERİ

Çok katlı yapıların hem ekonomik hem de depreme dayanıklı olarak üretilebilmesi için geçerli olan taşıyıcı sistemlerin ana ilkeleri saptanmış olup uzun süredir uygulanmaktadır. [1], [2] , [3] . Bazı yönetmeliklere de girmiş olan belli başlı yapı sistemleri şunlardır:

a) Çerçevelerden oluşan sistemler

b) Perde veya kutu sistemler

c) Perde ve çerçevelerden oluşan sistemler

d) Tüp sistemler

e) Tüp, perde ve çerçevelerden oluşan sistemler .

Yurdumuzda ve dünyada, çok katlı yapı tasarımında en çok kullanılan taşıyıcı sistem, perde (çekirdek) ve çerçevelerden oluşan sistemlerdir, Şekil 1, 2, 3. Bu tür sistemler bir yandan mimari işlevler ile uyum içinde olup bunların yerine getirilmesinde önemli sakıncalar yaratmazlar, diğer yandan gerekli rijitlik ve sünekliği sağlayarak deprem etkilerine karşı koyabilirler. Bu tür yapılarda gerekli rijitlik öncelikle perde ve çekirdekler tarafından sağlanmaktadır. Bunların zorlanmasına neden olabilecek kadar şiddetli depremlerde ise sünek çerçeveler devreye girerek göçmeyi önlemektedir.

Yapı sisteminin seçimi açısından sünekliği sağlayan başlıca faktör yapının çeşitli taşıyıcı elemanlarının yatay yükleri paylaşma kapasitesi yani bir tür hiperstatiklidir. Böyle özelliği olmayan taşıyıcı sistemli yapılar, örneğin yatay yükleri sadece çekirdek veya perdelerle düşey yükleri de (çoğunlukla çelik) kolonlarla taşıyan yapılar depreme dayanıklılık açısından yeterli sünekliği olmayan yapılardır.

Son yıllarda, sadece perdelerden oluşan kutu sistemlerin de çok katlı yapı üretiminde sıkça kullandıkları gözlenmektedir, Şekil 4. Yapılan son araştırmalar

bu tür sistemlerin de belli oranda bir sünekliklerinin bulunduğunu kanıtlamış bulunmaktadır, [4]. Bu süneklik, geniş ölçüde, perdeleri birleştiren bağ kirişlerinin yarattığı hiperstatiklikten kaynaklanmaktadır. Gerçekten de, Şekil 5 de görüldüğü gibi, kirişlerle birleştirilmiş perdelerde, yerdeğiştirme ve eğilme momenti diyagramlarında önemli ölçüde azalmalar olmakta ve bunların davranışlarının perde-çerçeve sistemlere yakın olduğu gözlenmektedir. Bu tür sistemlerde, bağ kirişlerinin fiktif çerçeveler gibi davrandıklarını söylemek mümkündür, [5]. Perdeler arasında bağ kirişlerinin bulunmaması halinde bile, döşemelerin belirli bir bölümü kiriş gibi çalışarak benzer bir davranış oluşturabilmektedir. Bu davranıştan kaynaklanan zorlanmaların, döşemeler için, çok aşırı değerlere ulaştıkları da belirlenmiş bulunmaktadır, [6]. Böylece, gerekli donatı önlemlerinin alınması koşuluyla, sadece perdelerden oluşan sistemlerin de, depreme dayanıklı yapı tasarımıyla güvenle kullanılabilirler sonucuna ulaşılmıştır.

Önemle üzerinde durulması gereken bir nokta da, seçilecek yapı sisteminin olabilirdiğince basit ve üretim ile ilgili herkes tarafından kolay anlaşılabilir bir sistem olmasıdır. Deprem sonrası incelemeler, defalarca, taşıyıcı sistemleri basit olan yapıların, karmaşık olanlara oranla ayakta kalma şanslarının çok daha yüksek olduğunu göstermiştir. Bunun başlıca nedeni, basit taşıyıcı sistemli yapılarda, tasarımcının yapısal davranışı anlama ve tasarıma yansıtma kabiliyetinin çok daha fazla olmasıdır. Planda en az iki simetri eksenine sahip yapılar, özellikle burulma etkileri bakımından çok uygundur. Ancak burulma etkilerinin yük merkezine uzak olan rijit elemanlar tarafından kolayca karşılanabildiği gözönünde tutularak, bazı simetrik olmayan yapılar da kolayca ve başarı ile depreme dayanıklı olarak projelendirilebilmektedir, Şekil 6.

3- MALZEME VE İŞÇİLİK

Depreme dayanıklı çok katlı yapı üretiminde uzun yıllardan beri en çok kullanılan malzemeler beton ve çeliktir. Yurdumuzda daha çok kullanılan beton (betonarme), çeliğe oranla, özellikleri daha az belirgin olan ve üretimi daha az kontrol altında olan bir malzemedir. Bununla birlikte, belirli minimum koşulların sağlanması halinde, betonarmenin de depreme dayanıklı yapıların üretiminde güvenilirliği kanıtlanmış bir malzeme olduğu söylenebilir.

Son yıllarda geliştiği gözlenen belirli iki faktör, dolaylı yoldan da olsa, malzeme ve işçilik kalitesinin yükselmesine yol açmıştır. Bunlar

- a) Hazır beton
- b) Modern kalıp sistemleri

olarak özetlenebilir. Bunların yapı üretiminde gittikçe daha yaygın olarak kullanılmakta olması, genel kalitenin yükselmesine neden olmaktadır. Son yıllarda, özellikle yurt dışındaki uygulamalarda, gözlenen bir başka husus, yapılarda kullanılan betonun dayanımının gün geçtikçe yükselmesidir. Bu nedenle, eskiden çelikten başka bir malzeme ile üretilmesi söz konusu bile olmayan 50-60 hatta daha çok katlı yapılar betonarme olarak üretilebilmektedir. [1], [7]. Betonarmenin yurdumuzdaki çok katlı yapıların geleneksel malzemesi olduğu gözönünde tutulursa, bu gelişmenin sevindirici olduğu söylenebilir. Ancak yurdumuzdaki çok katlı yapı üretiminde, proje düzeyindeki denetimin bile kısıtlı olması ve daha ileri aşamaların, çoğu kez, hiçbir denetim söz konusu olmaksızın gerçekleştirilmesi, bu sevindirici gelişmeye katılmamızı geciktirmektedir.

Ülke genelinde deprem riskinin azaltılması için, proje düzeyinden başlayarak, üretim aşamalarının tümünde bir denetim uygulamasının başlatılması gereklidir, [8].

4- HESAP YÖNTEMLERİ

Konu ile ilgili tüm belirsizliklere karşın, depreme dayanıklı yapı tasarımı kapsamına giren "Hesap Yöntemleri" yeterli açıklıkla ve ayrıntılı olarak tanımlanmıştır ve uzun zamandan beri uygulanmaktadır. Son yıllarda, özellikle bilgisayar kullanımının yaygınlaştığı ve etkinleştiği gözlenmektedir. Bu da bir yandan yapının matematik modelinin daha ayrıntılı ve gerçeğe daha yakın olarak saptanabilmesine, diğer yandan hesapta "Dinamik" özelliklerin daha ağırlıklı olarak kullanılmasına yol açmaktadır. Böylece, deprem hesaplarının kalitesi, zaman içindeki yükselmesini sürdürmektedir. Ancak, depreme dayanıklı yapı tasarım ve üretiminin bir bütün olduğu ve mükemmel bir bilgisayar destekli deprem hesabının, taşıyıcı sistemi kötü seçilmiş, kötü detaylandırılmış ve kötü malzeme ve işçilikle üretilmiş bir yapıyı depreme karşı koruyamayacağı gözden uzak tutulmamalıdır.

Hesap Yöntemleri 3 ana bölümde toplanabilir:

- 1- Zaman artımı yöntemi
- 2- Mod superpozisyonu yöntemi
- 3- Statik eşdeğer kuvvetler yöntemi

Zaman artımı yönteminde belirli bir deprem kaydına bağlı olarak, küçük zaman aralıklarında integrasyon yapılarak gerekli büyüklükler elde edilmektedir. Bu yöntemde II. mertebe etkileri ile malzemenin inelastik davranışı da kolayca gözönüne alınabilmektedir. Günümüzün yaygın bilgisayar olanaklarına karşın, bu yöntem henüz sadece araştırma düzeyinde kullanılmaktadır.

Modların superpozisyonu yönteminde, yapının ilk birkaç özel titreşim modu incelenir ve çok serbestlik dereceli olan yapının deprem altındaki davranışının birkaç tane tek serbestlik dereceli sistemin davranışının superpozisyonu ile temsil edilebileceği varsayılır. Bu yöntem lineer olduğu için II. mertebe etkileri ile malzemenin inelastik davranışı ancak yaklaşık olarak gözönüne alınabilmektedir. Çeşitli modların karşılıklı etkisi, genel olarak, karelerin toplamının kare kökü ile ifade edilmekte ve inelastik davranış da belirli ölçütlere göre seçilen bir "süneklik" katsayısı ile gözönüne alınmaktadır. Son yıllarda gittikçe daha ayrıntılı olarak yönetmeliklere girmeye başlayan bu yöntemin, yapıların dinamik etkiler altındaki davranışlarını oldukça gerçekçi bir biçimde yansıttığı söylenebilir.

En yaklaşık yöntem olmasına karşın uygulamada en çok kullanılmakta olan, "Statik Eşdeğer Kuvvetler Yöntemi" dir. Bu yöntemde bölgenin, yapının ve zeminin belirli özellikleri gözönünde tutularak fiktif statik yatay kuvvetler hesaplanmakta ve bunların deprem etkisini temsil ettikleri varsayılmaktadır. Bu yöntem, gerçekte modların superpozisyonu yönteminin basitleştirilmiş bir biçimi olup hemen tüm yönetmeliklerde temel hesap yöntemi olarak kullanılmaktadır. Depreme dayanıklı yapıların %90-95'inin tasarımında bu yöntemin kullanıldığını söylemek pek yanlış olmaz. Burada da gerekirse, II. mertebe etkilerini yaklaşık olarak gözönüne almak mümkündür.

Daha kesin oldukları öne sürülen diğer yöntemlerin de, özellikle söz konusu yapıyı gelecekte etkilemesi muhtemel olan depremin özellikleri bakımından, ne kadar büyük

bir belirsizlikle uygulandıkları düşünülürse, çok yüksek yada çok özel olmayan yapılar için, statik eşdeğer kuvvetlerin yeterli bir yaklaşım sağladığı ileri sürülebilir.

Son yıllarda, yönetmeliklerde gerek hesap esasları gerekse donatı ile ilgili olarak, olabildiğince fazla değişkeni gözönüne alma ve dolayısıyla karmaşık maddeler düzenleme eğiliminin arttığı gözlenmektedir. Deprem mühendisliği alanındaki son gelişmeleri yönetmeliklere yansıtmak elbette gereklidir. Ancak her memlekette, yönetmeliklerin o ülkenin koşullarına uygun olarak düzenlenmesi ve ülke ile ilgili gelenek ve kısıtlamaların kısa sürede yok edilemeyeceğinin bilinmesi şarttır. Her ülkedeki yapıların büyük çoğunluğu üstün vasıflı mühendis, usta-başı ve işçiler tarafından değil, ortalama kalitedeki kişiler tarafından üretilmektedir. Bunlar tarafından kullanılan yönetmeliklerin uzun, ayrıntılı ve karmaşık olması uygulanabilirliklerini azaltır. Böylece, karmaşık yönetmelik maddeleri ile amaçlananın tam tersinin ortaya çıkması olasılığı belirir. Yönetmeliklerin çağdaş gelişmelere uydurulmasında, çok geniş kapsamlı değişiklikler yararlı olmayabilir. Yönetmeliklerin, depreme dayanıklı yapı tasarımında amaç değil araç oldukları her zaman gözönünde tutulmalıdır.

5- YAPI DETAYLARI

Deprem sonrası incelemeleri, depreme dayanıklı yapı tasarımının en önemli noktalarından birinin de "detaylar" olduğunu göstermektedir. Her yapı, kendisini oluşturan elemanların bünyesine ve bunların birleştirilme biçimine bağlı olan özel bir davranış biçimi göstermektedir.

Depreme dayanıklı yapılar bakımından en önemli noktalardan biri, özellikle donatı düzeni ile ilgili olarak, sünekliği arttırıcı koşulların sağlanmasıdır. Betonarme yapılarda kolon ve kirişlerin mesnetlere yakın bölgelerindeki etriyelerin sıklaştırılması, çekme donatısının belirli sınırları aşmaması gibi önlemlerin birçok yapıyı genel göçme tehlikesinden kurtardığı gözlenmiştir.

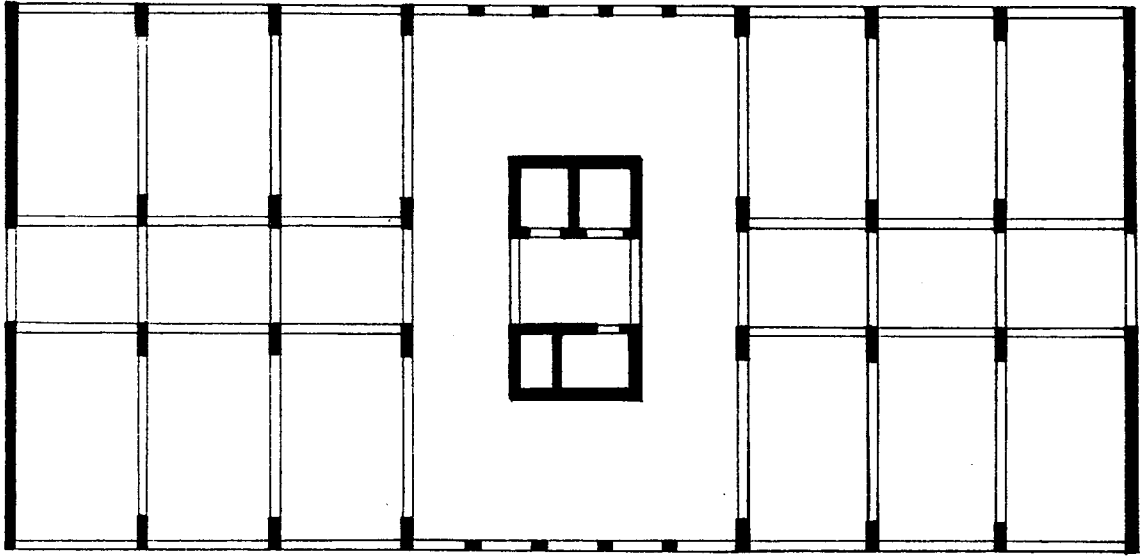
Yapının belirli özel bölgelerinde, tasarımcının kesit zorlarına bağımlılıktan sıyrılıp, kuvvet ve gerilme akışını izlemesi zorunludur. Kolon-kiriş birleşimleri, perde boşluklarının etrafı, kirişlerin (döşemelerin) perdelerle saplandıkları bölgeler, kolon ve perdelerin radyelere birleştikleri bölgeler ve tüm süreksizlik

bölgeleri özel olarak incelenmesi ve detaylandırılması gerekli olan bölümlerin başında gelir.

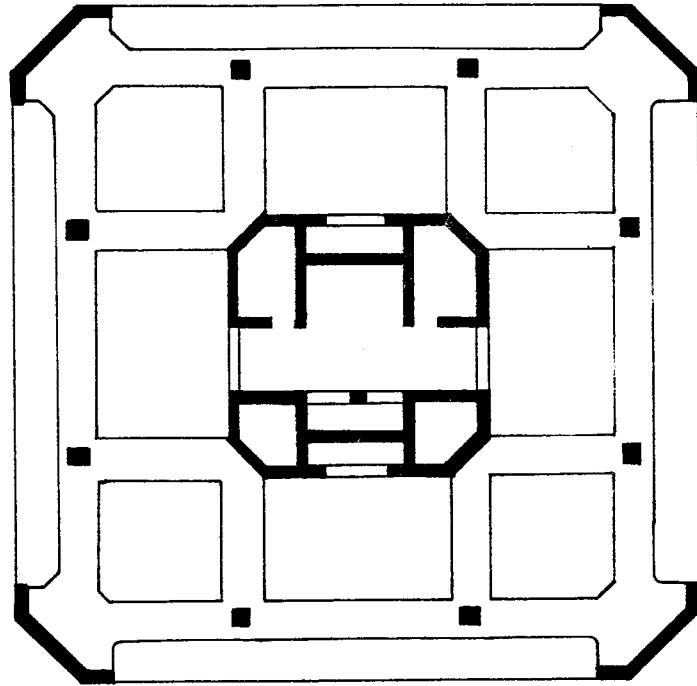
Detaylandırmada dikkat edilmesi gerekli olan bir başka nokta da tasarımcının amaçladığı yapıyı çizimlere olduğu gibi yansıtması gereğidir. Herhangi bir nokta veya detay yüklenicinin veya şantiyedeki ustabaşının sorumluluğuna veya şansa bırakılmamalıdır. Detaylar açık, sade ve gerçekçi olarak düzenlenmeli ve tasarımın tümünde yapı üretiminin ülkede mevcut malzeme ile ve o ülkenin işçileri tarafından gerçekleştirileceği gözönünde tutulmalıdır.

6- KAYNAKLAR

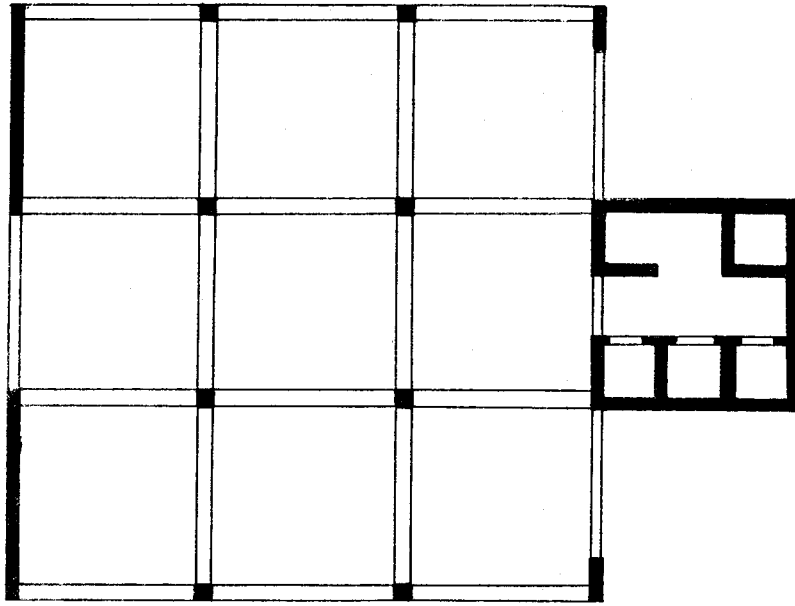
- [1] FINTEL M. -Multistory Structures, Handbook of Concrete Engineering, Van Nostrand Reinhold Co., New York 1974.
- [2] BLUME J.A., DEGENKOLB H.J., FAJFAR P., ÖZMEN G. -State of The Art Report on Earthquake Resistant Design, Proceedings of the 7th WCEE, Istanbul 1980.
- [3] LIN T.Y., STOTESBURY S.D. -Structural Concepts and Systems for Architects and Engineers, Van Nostrand Reinhold Co. New York 1988.
- [4] BERTERO V.V. -Seismic Behaviour of R/C Wall Structural Systems, Proceedings of the 7th WCEE, Istanbul 1980.
- [5] ÇAKIROĞLU A., ÖZMEN G. -Çerçeveler ve Boşluklu Perdelerden Oluşan Yapıların Yatay Yüklere Göre Hesabı, Teknik Rapor No.16, İ.T.Ü. İnşaat Fakültesi 1973.
- [6] ÇAKIROĞLU A. -Effective Width of Coupling Slabs in Shear Walls under Lateral Loads, Bulletin of the Technical University of Istanbul, Vol.40, No.1, 1987.
- [7] ÖZBERKİ H. - İnşaatın Vazgeçilmez Malzemesi: Beton, İnşaat Malzemeleri ve Uygulamaları, Aralık 1988.
- [8] CİLĀSON, N. -Beton Kalitesinin ve Denetiminin iyileştirilmesi için öneriler, 1.Ulusal Beton Kongresi Bildirileri, Mayıs 1989.



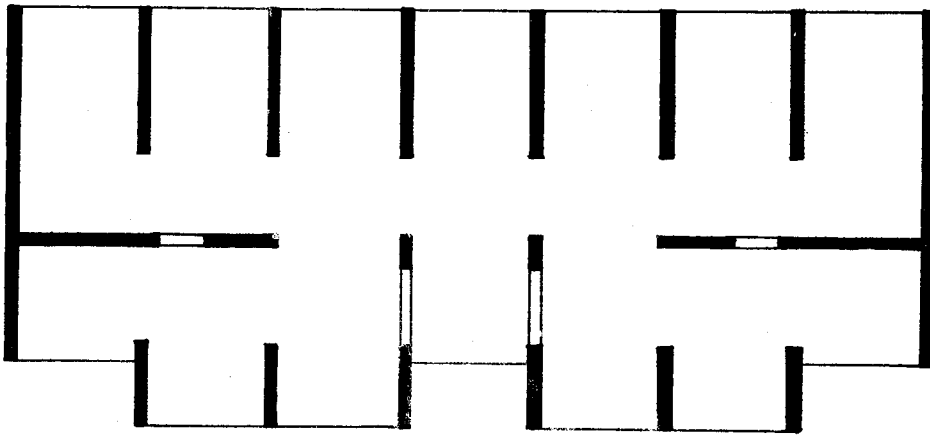
ŞEKİL 1



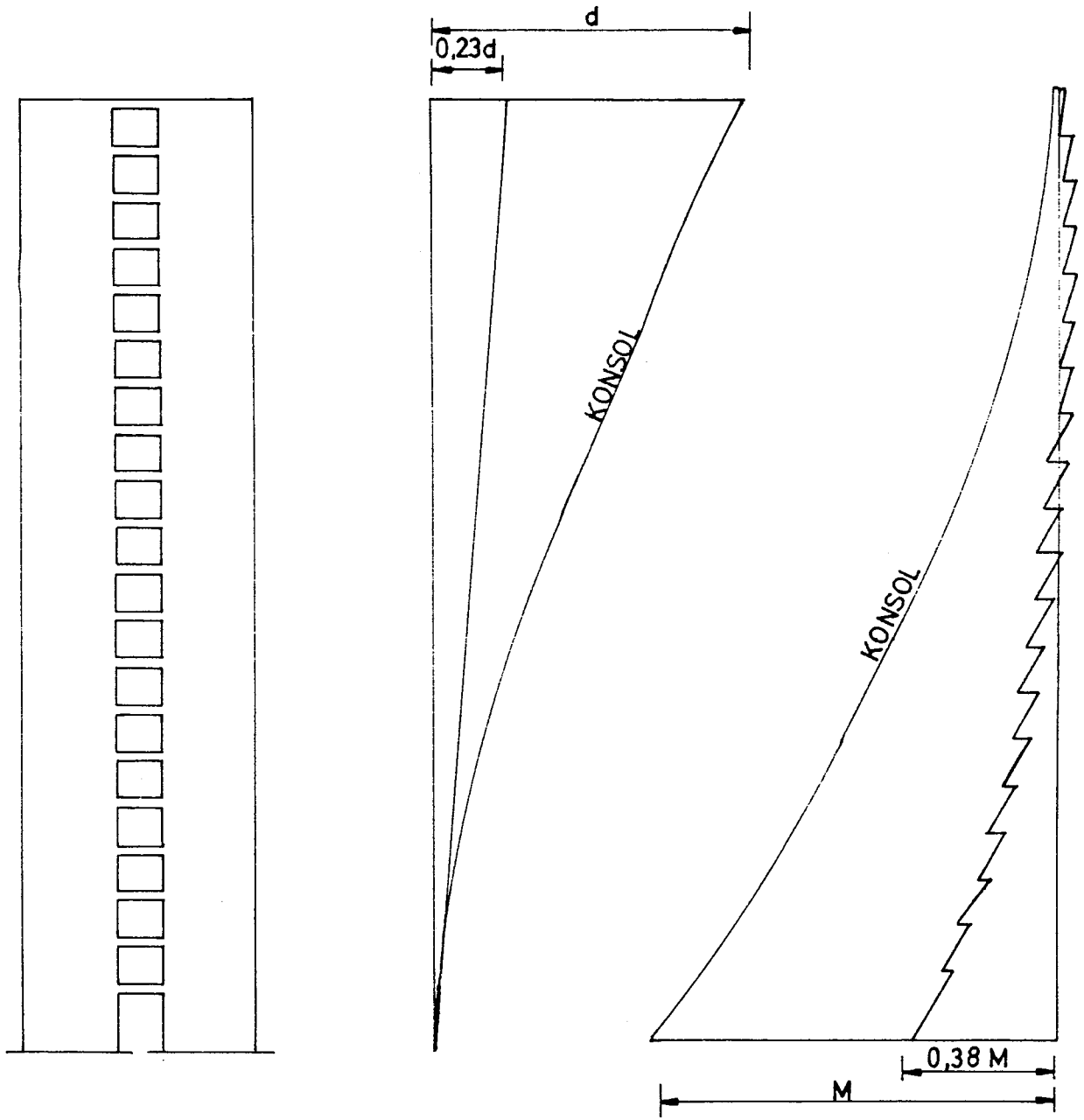
ŞEKİL 2



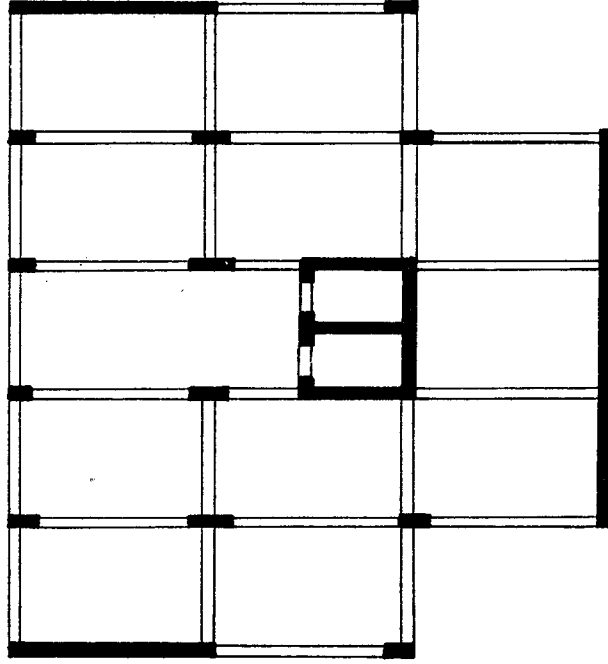
ŞEKİL 3



ŞEKİL 4



ŞEKİL 5



ŞEKİL 6

