

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**BİNA AĞIRLIK MERKEZİ- RİJİTLİK MERKEZİ
İLİŞKİSİNİ MİMARİ TASARIM AŞAMASINDA
KURAN BİR UZMAN SİSTEM**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
Mimar A. Esra İDEMEN**

Anabilim Dalı : MİMARLIK

Programı : BİLGİSAYAR ORTAMINDA MİMARİ TASARIM

OCAK 2003

**BİNA AĞIRLIK MERKEZİ- RİJİTLİK MERKEZİ
İLİŞKİSİNİ MİMARİ TASARIM AŞAMASINDA
KURAN BİR UZMAN SİSTEM**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
Mimar A. Esra İDEMEN
502001553**

**Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 24 Aralık 2002
Tezin Savunulduğu Tarih : 13 Ocak 2003**

**Tez Danışmanı : Doç.Dr. Sinan Mert ŞENER
Diğer Jüri Üyeleri Prof.Dr. Feridun ÇILI (İ.T.Ü.)
Prof.Dr. Handan TÜRKOĞLU (İ.T.Ü.)**

OCAK 2003

ÖNSÖZ

Değerli fikirleriyle bu çalışmanın ortaya çıkmasında büyük emeği olan ve olumlu eleştirileriyle bana her aşamada yol gösteren Sayın Hocam Doç. Dr. Sinan Mert Şener'e; tez çalışmam süresince tüm bilgisi, olanakları ve göstermiş olduğu sabrıyla bana her konuda yardımcı olan ve değerli vaktini ayıran Sayın Hocam Haluk Sesigür'e teşekkür ederim.

Ayrıca tüm hayatım boyunca benim için hiçbir fedakarlıktan kaçınmayan, bana karşı gösterdikleri sevgi, sabır, anlayış ve sağlamış oldukları maddi manevi destekleriyle her zaman yanımda olan aileme teşekkürü bir borç bilirim.

A. Esra İDEMEN

Ocak 2003

İÇİNDEKİLER

KISALTMALAR	vi
TABLO LİSTESİ	vii
ŞEKİL LİSTESİ	viii
SEMBOL LİSTESİ	x
ÖZET	xi
SUMMARY	xiii
1. GİRİŞ	1
1.1 Amaç	1
1.2 Kapsam	1
1.3 Yöntem	2
2. DEPREM VE BİNALAR ÜZERİNDEKİ ETKİLERİ	3
2.1 Deprem Tanımı ve Oluşum Nedenleri	3
2.1.1 Deprem Parametreleri	4
2.1.2 Deprem Dalgaları	6
2.1.2.1 P- Dalgaları	6
2.1.2.2 S- Dalgaları	7
2.1.2.3 Yüzey Dalgaları	7
2.1.3 Deprem Türleri	7
2.1.3.1 Tektonik Depremler	7
2.1.3.2. Volkanik Depremler	8
2.1.3.3 Çöküntü Depremleri	9
2.1.4 Deprem Şiddeti	9
2.1.5 Odak Derinliklerine Göre Depremler	11
2.1.6 Fay Oluşumu ve Fay Türleri	11
2.2 Deprem Yapılar Üzerindeki Etkileri	12
2.2.1 Burulma Etkisi	13
2.2.2 Binalarda Rijitlik Merkezi ve Ağırlık Merkezleri	14
2.2.2.1 Rijitlik ve Ağırlık Merkezi Tanımı	14
2.2.2.2 Rijitlik Merkezi -Ağırlık Merkezi Hesabı	15

2.2.2.3 Rijitlik Merkezi -Ağırlık Merkezi İlişkisi	17
2.3 Deprem Bölgelerinde Gözlenen Hasar Nedenleri	18
2.4 Depreme Dayanıklı Bina Tasarımını Etkileyen Unsurlar	20
2.4.1 Çekirdek Yerleşimi ve Asimetri	21
2.4.2 Karmaşık Bina Planları	23
2.5 SONUÇ	24
3. MİMARİ TASARIM TAŞIYICI SİSTEM TASARIMI İLİŞKİSİ	25
3.1 Mimari Tasarım Süreci	25
3.2 Taşıyıcı Sistem Kuruluşu	26
3.2.1 Fikir Projesi	26
3.2.2 Ön Proje	26
3.2.3 Kesin Proje	27
3.2.4 Uygulama Projesi	27
3.3 Plan Verileri	27
3.4 Mimar ve Mühendisin Tasarım Sürecine Etkisi	28
3.5 Deprem Yönetmelikleri	30
3.6 Deprem Yönetmeliklerine Göre Yapılan Tipik Mimari Tasarım Düzensizlikleri	32
3.6.1 Plandaki Düzensizlikler	32
3.6.1.1 Burulma düzensizliği	33
3.6.1.2 Döşeme Süreksizliği	34
3.6.1.3 Planda Çıkıntılar Bulunması	35
3.6.1.4 Taşıyıcı Eleman Eksenlerinin Paralel Olmaması	36
3.6.2 Düşey Doğrultuda Düzensizlikler	37
3.6.2.1 Komşu Katlar Arası Dayanım Düzensizliği (Zayıf Kat)	37
3.6.2.2 Komşu Katlar Arası Rijitlik Düzensizliği(Yumuşak Kat)	38
3.6.2.3 Taşıyıcı Sistemin Düşey Elemanlarının Süreksizliği	40
3.6.2.4 Binanın Düşey Gabarisindeki Düzensizlikler	42
3.6.2.5 Kat Yüksekliğindeki Düzensizlikler	42
3.6.2.6 Yükseklik Boyunca Kütle Dağılımındaki Düzensizlikler	43
3.6.2.7 Kısa Kolon Oluşumu	43
3.7 Taşıyıcı Sistem Düzenleme İlkeleri	45
3.7.1 Kolonlar ve Kirişler	45
3.7.2 Perdeler ve Çekirdekler	46
3.7.3 Depreme Dayanıklı Taşıyıcı Sistem Tasarımı	48
3.7.4 Yüksek Binalarda Taşıyıcı Sistem Tasarımı	49

3.8 SONUÇ	50
4. BİNALARDA AĞIRLIK MERKEZİ- RİJİTLİK MERKEZİ HESABI YAPAN BİR UZMAN SİSTEM	52
4.1 Yapay Zeka ve Uzman Sistem Tanımları	52
4.1.1. Yapay Zeka	52
4.1.2. Uzman Sistemler	53
4.2 Uzman Sistemlerin Tarihçesi	54
4.3 Uzman Sistem Geliştirme Aşamaları	55
4.4 Bir bilgisayar Destekli Tasarım ve Çizim Programı Olarak AutoCAD	57
4.4.1 AutoCAD Programı Hakkında	58
4.4.2 AutoCAD'in Tarihçesi	58
4.4.3 AutoCAD'in Sağladığı Kolaylıklar	58
4.5 Bir Programlama Dili Olarak AutoLISP	59
4.5.1 AutoLISP Hakkında	59
4.5.2 LISP ve AutoLISP'in Tarihçesi	60
4.5.3 AutoLISP'in Sağladığı Kolaylıklar	60
4.6 Tasarım Süreci Başında Ön Proje Aşamasında Uzman Sistem Desteği ve Yararı	62
4.7 SONUÇ	62
5. UYGULAMA ÖRNEKLERİ	64
5.1 Uygulama Örnekleri	64
5.1.1 Basit Planlar Üzerinde (Örnek1-Örnek2)	64
5.1.2 Karmaşık Planlar Üzerinde (Örnek 3)	77
5.2 Programın Geliştirilebilirliği	82
6. SONUÇ	83
EK1- Programın Mantıksal Yapısı	84
EK2 -Uzman Sistem AutoLISP Kaynak Kodu	86
KAYNAKLAR	91
ÖZGEÇMİŞ	95

KISALTMALAR

ABYYHY	: Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik
MM	: Mecalli Cetveli
TAKS	: Taban Alanı Katsayısı
KAKS	: Kat Alanı Katsayısı
US	: Uzman Sistem
ES	: Expert Systems
DDSS	: Design Decision Support System
AI	: Artificial Intelligence

TABLO LİSTESİ

	<u>Sayfa no</u>
Tablo 2.1. Deprem Şiddetleri	10
Tablo 3.1. Deprem Yönetmelikleri.....	30

ŞEKİL LİSTESİ

	Sayfa No
Şekil 2.1 : Yerkürenin iç yapısı	3
Şekil 2.2 : Yeryüzündeki plakalar.....	4
Şekil 2.3 : Deprem sırasında yer altında meydana gelen dalga hareketleri.....	5
Şekil 2.4 : 1976 Çaldıran depremi episantrının Tiflis, Tahran ve Ankara'daki kayıt merkezleri aracılığıyla bulunması	5
Şekil 2.5 : Deprem dalgaları.....	7
Şekil 2.6 : Tsunamilerin kıyılarda ve binalar üzeride oluşturduğu hasarlar.....	8
Şekil 2.7 : Fay kırık çeşitleri.....	12
Şekil 2.8 : Fay kırık çeşitleri.....	12
Şekil 2.9 : Planda ağırlık merkezi.....	15
Şekil 2.10 : Planda rijitlik merkezi.....	15
Şekil 2.11 : Ağırlık merkezi hesabı.....	16
Şekil 2.12 : Binalarda dışmerkezlik	17
Şekil 2.13 : Taşıyıcılarda eksik ve yanlış donatı kullanımı, kısa kolon etkisi.....	18
Şekil 2.14 : Yetersiz donatı kullanımı sonucu kolonun kirişten ayrılması.....	19
Şekil 2.15 : Zemin katta yumuşak kat oluşumu.....	19
Şekil 2.16 : Zemin sıvılaşması sonucu binalarda oluşan hasarlar.....	20
Şekil 2.17 : Çekirdeği köşede yer alan bir binada burulma hasarı.....	21
Şekil 2.18 : 1995'te meydana gelen Kobe depreminde burulma etkisi nedeniyle zarar görmüş bir bina.....	22
Şekil 2.19 : Depremin bina üzerindeki etkisi.....	23
Şekil 2.20 : L plana sahip bir yapıda farklı doğrultudaki kolların deprem etkisindeki davranışı.....	24
Şekil 3.1 : Burulma düzensizliği.....	33
Şekil 3.2 : Yanlış çekirdek yeri seçimi sonucu binada oluşan burulma etkisi...	34
Şekil 3.3 : Binalarda karşılaşılan A2 türü düzensizlikler.....	35
Şekil 3.4 : Binalarda karşılaşılan A3 türü düzensizlikler... ..	36
Şekil 3.5 : Taşıyıcı eleman eksenlerinin paralel olmaması durumu.....	36
Şekil 3.6 : Taşıyıcı sistem aksları birbirine paralel olmayan bir bina.....	37
Şekil 3.7 : Düşey doğrultudaki düzensizlikler.....	38
Şekil 3.8 : Bir çok düzensizliği bir arada bulunduran bir bina.....	38
Şekil 3.9 : Yumuşak kat oluşumu.....	39
Şekil 3.10 : Betonarme bir binada yumuşak kat oluşumu (Adapazarı).....	39
Şekil 3.11 : Ahşap iskeletli binada yumuşak kat oluşumu (Adapazarı).....	40
Şekil 3.12 : Düşey taşıyıcı elemanlarda süreksizlik.....	40
Şekil 3.13 : Konsol ucunda kolonlu binada köşe kolonda basınç kayma çatlağı.....	41
Şekil 3.14 : Konsol ucunda kolonlu bir bina.. ..	41
Şekil 3.15 : Düşeyde görülen bazı yapısal düzensizlikler.....	42

Şekil 3.16 : Katlar arasındaki yüksekliklerin birbirinden farklı olması durumu.....	42
Şekil 3.17 : Kısa kolon oluşumu.....	43
Şekil 3.18 : Kısa kolon oluşumu ve düşey düzensizlikler.....	44
Şekil 3.19 : Bant pencerelerden kaynaklanan kısa kolon hasarı.....	44
Şekil 3.20 : Kısa kolon etkisi.....	44
Şekil 3.21 : Birbirini dik kesen eksen takımına sahip taşıyıcı sistem şeması.....	45
Şekil 3.22 : Kirişlerin kolonlara saplanmaması durumu.....	46
Şekil 3.23 : Açık perde/çekirdek sistemleri.....	46
Şekil 3.24 : Simetrik ve kapalı perde/çekirdek sistemleri.....	47
Şekil 3.25 : Simetrik olmayan perde/çekirdek sistemleri.....	47
Şekil 3.26 : Binalarda taşıyıcı sistem ve çekirdek düzenlemeleri.....	47
Şekil 3.27 : Yüksek binalarda taşıyıcı sistem ve çekirdek konfigürasyonları.....	50
Şekil 5.1 : AutoCAD ara yüzünde hazırlanmış basit bir tasarım.....	64
Şekil 5.2 : Üzerinde çalışılacak çizimin (kat döşemesi + taşıyıcı elemanlar) seçilmesi.....	65
Şekil 5.3 : Kullanıcı tarafından planın (kat döşemesinin) seçilmesi.....	66
Şekil 5.4 : Ağırlık merkezinin işaretlenmesi ve taşıyıcı sistem seçiminin istenmesi.....	67
Şekil 5.5 : Kullanıcı tarafından taşıyıcıların seçilmesi.....	68
Şekil 5.6 : Rijitlik merkezinin işaretlenmesi ve Rm-Gm karşılaştırması.....	69
Şekil 5.7 : Ağırlık merkezinin yeniden hesaplanması.....	69
Şekil 5.8 : Rm-Gm noktaları üst üste gelmiş ve taşıyıcı sistem uygun bulunmuştur.....	70
Şekil 5.9 : Boşluklu bir döşeme kat planı	71
Şekil 5.10 : Üzerinde çalışılacak çizimin seçilmesi.....	71
Şekil 5.11 : Kat planının seçilmesi.....	72
Şekil 5.12 : Döşeme boşluklarının seçilmesi.....	72
Şekil 5.13 : Yeni kat döşemesinin ağırlık merkezi (330,200) noktası.....	73
Şekil 5.14 : Ağırlık merkezi yerinin elle hesaplanması.....	74
Şekil 5.15 : Taşıyıcı elemanların seçilmesi.....	75
Şekil 5.16 : Boşluklu döşemede ağırlık merkezi ve rijitlik merkezi.....	76
Şekil 5.17 : Perde ve çerçeve sistemlerin kullanıldığı çekirdeği köşede bir plan.....	77
Şekil 5.18 : Program çalıştırıldıktan sonra ekranda çizimin seçilmesi.....	78
Şekil 5.19 : Ekranda kat planının seçilmesi.....	78
Şekil 5.20 : Döşeme boşluklarının seçilmesi.....	79
Şekil 5.21 : Taşıyıcıların seçilmesi.....	79
Şekil 5.22 : Tasarımın ağırlık merkezi ve rijitlik merkezi.....	80
Şekil 5.23 : Perde eklendikten sonraki durumda sistem hala uygun değildir.....	81
Şekil 5.24 : Yapılan son değişiklikle binada denge sağlanmıştır.....	81

SEMBOL LİSTESİ

A	: Alan
D	: Kolonun eğilme rijitliği
E_c, E_s	: Beton ve donatının elastisite modülleri
G_x, G_y	: Ağırlık merkezinin x ve y bileşenleri
G_m	: Ağırlık merkezi
I_x, I_y	: Kolonların x'e ve y'ye göre atalet momentleri
e	: Dışmerkezlik
R_m	: Rijitlik merkezi
R_x, R_y	: Rijitlik merkezinin x ve y bileşenleri
l	: Binanın en uzun kenarı

BİNA AĞIRLIK MERKEZİ- RİJİTLİK MERKEZİ İLİŞKİSİNİ MİMARİ TASARIM AŞAMASINDA KURAN BİR UZMAN SİSTEM

ÖZET

Türkiye, 1. derece deprem kuşağında yer alan bir ülke olarak yüzyıllar boyunca büyük depremlere maruz kalmış, bu depremler binlerce insanın yaralanmasına, sakat kalmasına hatta ölümüne sebep olmuş ve binlercesini de evsiz bırakmıştır. Son olarak 1999'da yaşanan 17 Ağustos Kocaeli ve 12 Kasım Düzce depremleri sonucu hayatını kaybeden on binlerce insan, bunun yanı sıra meydana gelen ekonomik, sosyal ve psikolojik sıkıntılar, yıkımlar, geçmişte pek çok örneği yaşandığı halde Türkiye'nin depremde hala ders çıkaramadığını açıkça ortaya koymaktadır.

Son 20 yılda Türkiye'deki inşaat ve yapı sektöründe yaşanan hızlı değişim sonucu, yeni teknolojiler ve yeni yapım teknikleri kullanılmaya başlanmış, bununla birlikte bina tipolojilerinde farklılıklar ortaya çıkmıştır. Ancak ne var ki bu değişim sürecinde, kaçak yapılaşmada da artmalar olmuş, hatta mimari tasarım hatalarına sahip bir çok binanın inşa edilmesine ve bunlara ruhsat verilmesine göz yumulmuştur. Bu açıdan başta ekonomik nedenler olmak üzere yapıya ilişkin yönetmelikler göz ardı edilmiş, “depreme dayanıklı yapı tasarımı” konusunda gereken özen gösterilmemiş, bunların sonucunda doğal bir olay olan depremin felakete dönüşmesine zemin hazırlanmıştır.

Depreme dayanıklı yapı tasarımı kavramı genel anlamda binanın kendisi, oturduğu zemin ve çevresiyle olan ilişkisini kapsamaktadır. Binanın yüksekliği, üzerine inşa edileceği zemin durumu, taşıyıcı sistemi, komşu binalarla olan ilişkisi gibi belirleyici etkenlerin bir bütün halinde ele alınması ve mimari tasarım sürecinde baştan itibaren düşünülmesi gerekmektedir. Bir binanın kütesine ve iç bölümlenmelerine karar veren kişi olarak mimara, bu konuda büyük sorumluluklar düşmektedir. Bu bağlamda mimarın danışması gereken en önemli kaynak deprem yönetmelikleri olmalıdır.

Bu tez çalışması kapsamında, güvenli bina tasarımına ışık tutması bakımından deprem ve depremin yapılar üzerindeki etkileri incelenmiş, 1998 Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik esas alınarak, mimarlara taşıyıcı sistem tasarımı ile ilgili destek olacak tanım, açıklama ve örneklere yer verilmiştir. Ayrıca bu yönetmelikte A1 düzensizliği olarak tanımlanan Burulma Düzensizliğinin önemi vurgulanarak, mimari tasarım sürecinin başında, avan proje aşamasında kullanılan ve taşıyıcı sisteme ilişkin rijitlik merkezi- ağırlık merkezi kontrolü yapmak üzere geliştirilen uzman sistem tanıtılmıştır.

6 Bölümden oluşan bu tez çalışmasında, birinci bölümde konuya ilişkin genel bilgi verilmiş, konunun önemi ve çalışmanın amacı açıklanmıştır.

İkinci bölümde deprem, depremin oluşumu ve deprem türleri kavramlarına yer verilmiş, depremin yapılar üzerindeki etkileri ele alınarak bu etkileri azaltma yöntemleri üzerinde durulmuştur.

Üçüncü bölümde mimari tasarım ve taşıyıcı sistem tasarımı konuları ele alınmış, Türkiye deprem yönetmeliği esas alınarak bu tasarımlarda yapılan tipik hatalar ve düzensizlikler incelenmiştir.

Dördüncü bölümde uzman sistemler ile ilgili genel bilgiler verilmiş ve tez kapsamında geliştirilen uzman sistemin çalıştığı arayüz olan AutoCAD ve programlama dili AutoLISP tanıtılmıştır. Ayrıca mimari tasarım süreci başında bir uzman sistem kullanımının yararları üzerinde durulmuştur.

Beşinci bölümde uzman sistemin çalışmasına ilişkin örneklerle yer verilmiş, AutoCAD ara yüzünde programın çalışma şekli görsel olarak sunulmuştur. Son olarak sonuç bölümünde başka programlarla altında çalışan ancak kullanıcılara zaman kazandıran basit yazılımların önemi üzerinde durulmuş, diğer taraftan programın, mimar ve inşaat mühendisi arasında taşıyıcı sistem kararları üzerinde yaşanabilecek gerginliklerin de azaltılmasına olanak vermesi bakımından bu bağlamda geliştirilen uzman sistem değerlendirilmiştir.

Ekler bölümünde geliştirilen uzman sistemin yapısı ele alınmış ve programın mantıksal işleyiş şeması verilmiştir.

AN EXPERT SYSTEM SETTING UP THE CENTRE OF GRAVITY AND THE CENTRE OF RIGIDITY RELATION IN THE ARCHITECTURAL DESIGN STAGE

SUMMARY

Serious earthquakes throughout centuries have affected Turkey as a country located on one of the most important seismic zones. These earthquakes have caused thousands of people become injured or disabled, even their death and also have left thousands of them homeless. Although there were many of them have been experienced in the past, the earthquakes recently experienced in 1999 on the 17th of August in Kocaeli and 12th of November in Düzce have revealed as the results of ten thousands of people who have died and besides the economical, sociological and psychological difficulties, demolitions have occurred afterwards, that Turkey still can not take lessons from the earthquake.

In the last 20 years, as a result of the rapid changes in the building and construction field, new technologies and new construction techniques have been started to use, and in addition to this the building typologies have changed. But during this change period, there have been augmentations in the number of illegal settlements, even having architectural irregularities which have been prohibited by the regulations, it has been pretended not to see these buildings being constructed and owning a license. By the pioneering of economical reasons, the regulations related to the building design and constructions have been disobeyed, as a result of this it has not been taken pains the earthquake resistant building design issue, so that as a natural phenomenon, the earthquakes have turned into disasters.

Earthquake resistant building design issue generally includes the relations among the building itself, the ground it is settled and its environment. Beginning from the early stages of architectural design process, it is needed to deal with the factors such as the height of the building, the ground situation it will be constructed on, its structural organization and the relation with the buildings in the neighborhood as a whole. And as the person deciding the geometry and the interior design of a building, the architect has been given serious responsibilities on this issue. In this context the first source that an architect should consult must be the laws and the regulations concerned with the earthquake.

In the scope of this thesis, in order to light the way to the design of safe buildings with high quality, the concepts of earthquakes and its effects on buildings have been examined; by accepting the “Turkish Specification for Structures to be built in Disaster Areas” as the fundamental, it has been given place to the descriptions, explanations and examples which can guide the architect in structural design.

Furthermore by emphasizing the importance of torsion effect on buildings, an expert system that has been improved for using in the beginning of architectural design, which controls the center of rigidity and center of gravity relation in buildings, has been introduced.

This study is formed of 6 sections. In the first section, general information has been given, besides the purpose and the content, the study methodology and the importance of the subject have been explained.

In the second section the earthquake, the earthquake types, formations, and the effects of earthquake on buildings have been explained. In addition to this, the torsion effect, center of gravity and center of rigidity concepts, the factors affecting the earthquake resistant buildings, calculations and formulas about this issue have been discussed.

In the third section the architectural design and structural design processes have been explained, and in the context of “Turkish Specification for Structures to be built in Disaster Areas” the common design irregularities have been examined. Also the structural design principles have been given in this section.

In the fourth section, general in formations on expert systems have been given, the interface of the AutoCAD program and its programming language AutoLISP have been introduced. In addition, the benefits of using an expert system in early stages of design process have been discussed.

In the fifth section, the examples about the expert systems have taken part, and the using instructions of the program in AutoCAD interface have been explained. The examples are separated into two groups as simple and complex plans schemes, both two groups’ examples are examined on figures.

In the conclusion part, the benefits of the program have been discussed and is has been stressed that the lack of communication between architects and civil engineers should be decreased.

In the appendix part, the source code of the program and the logical structure of the expert system are found.

1.GİRİŞ

1.1 Amaç

Son yıllarda ülkemizde gerçekleşen depremlerin binalar üzerinde meydana getirdiği hasarlarda görülmüştür ki, yapı taşıyıcı sisteminin sadece mühendislik hesapları açısından uygun olması kaliteli ve güvenli bina tasarımında tek başına yeterli değildir. Bazen tasarım sürecinin başında yapılan ve mimari tasarımdan kaynaklanan yanlış taşıyıcı sistem seçimleri gibi hatalar, çok daha önemli, hayati ayrıntılar olarak karşımıza çıkmaktadır. Ayrıca bina geometrisi ve plan kurgusunu yakından ilgilendiren bu seçimleri yapan kişi olarak, mimarın üzerine düşen görev ve sorumluluklar yasalar karşısında bir kat daha artmaktadır.

Mimar tasarım süreci içinde, bir yandan yapının mimari tasarımı ile uğraşırken, diğer yandan da taşıyıcı sistem kararlarını vermek durumundadır. Bu kararları en uygun biçimde verebilmesi için taşıyıcı sistem türlerini ve özelliklerini yeterince bilmesi, bunları doğru seçmesi ve doğru yerlerde kullanması gerekmektedir. Mimar bu aşamada ne kadar az hata yaparsa, ortaya çıkacak ürün de o denli başarılı olacaktır.

Bu tezin amacı, tasarımın başlangıç aşamasında yapılması olası ve sonradan dönüşü olmayacak başlıca taşıyıcı sistem hatalarını en aza indirmek, böylelikle mimar ve inşaat mühendisini karşı karşıya getirebilecek yanlış kararların önüne geçmektir. Bu hataların en başında çekirdek yerleşimi ve taşıyıcı elemanların düzenlenmesi bakımından mimarı yakından ilgilendiren burulma düzensizliği yer almaktadır.

1.2 Kapsam

Yapılar, dışarıdan gelen yükler ve kendi kütlelerinden kaynaklanan yükler dolayısıyla taşıyıcı sistem kurgularına göre bazı etkilere maruz kalırlar. Bunlardan biri de tezin amacını oluşturan uzman sistemin çıkış noktası olan burulma etkisidir.

Bu tez kapsamında öncelikle deprem ve depreme ilişkin tanımlara yer verilmiş, depremin yapılar üzerindeki etkilerinden yola çıkılarak mimari tasarımda taşıyıcı sistemin önemi ve taşıyıcı sistem tasarımının deprem ile olan ilişkisi üzerinde durulmuştur. Daha sonra “Burulma etkisi, ağırlık ve rijitlik merkezi” tanımları yapılarak mimari tasarım sürecinde tasarımda karar vermeye başlandığında mimara destek olması amacıyla geliştirilmiş “binalarda ağırlık merkezi ve rijitlik merkezi hesabı yapan uzman sistem” ve genel anlamda uzman sistemler ile ilgili bilgiler verilmiştir.

1.3 Yöntem

Bu çalışmada özellikle binalarda burulma etkisinin incelendiği bölümlerde konunun öneminin daha iyi kavranması açısından şekil ve resimlerle birlikte formüllere de yer verilmiş, programın çalışmasına ilişkin örneklerde bu formüllerden yararlanılarak programın yaptığı hesaplamaların kontrol edilmesi sağlanmıştır. Ayrıca uygulama örnekleri bölümünde burada kullanılan uzman sistemin sınırlarının görülebilmesi açısından, farklı plan tipleri ele alınmıştır.

2. DEPREM VE BİNALAR ÜZERİNDEKİ ETKİLERİ

2.1 Deprem Tanımı ve Oluşum Nedenleri

Yerkabuğu içindeki kırılmalar nedeniyle ani olarak ortaya çıkan titreşimlerin, dalgalar halinde yayılarak geçtikleri ortamları ve yer yüzeyini sarsması olayına "DEPREM" denir [1].

Yaklaşık 4,5 milyar yaşındaki Dünya, kabuğundan merkezine doğru soğumaya devam eden ve jeolojik olarak yaşayan bir gezegendir. Soğuyan ve sertleşen bu dış kabuğun kalınlığı yer yer 75-100 km.'yi bulmaktadır. Bu mesafe dünyanın çapına oranla çok küçük olduğundan, sıcak ve sıvı bir katman olan alttaki manto katmanını adeta yüzlemektedir (Şekil 2.1).



Şekil 2.1 Yerkürenin iç yapısı [2]

Soğuma sürecinde merkezden dışarıya olan ısı kayıpları, dış kabukta gerilmelere (basınç birikimi) neden olmaktadır. Homojen olmayan bu ısısal akım, yer kabuğunu Lego parçalarına benzer nitelikte tektonik levhalara ayırmıştır (Şekil 2.2).

Birbirleriyle temas ve ilişki içinde olan bu levhalar, üzerinde kıtaları ve okyanusları taşımaktadır. Bu tektonik levhalar, sözü edilen soğumalar ve ısı farkları nedeniyle birbirlerini iter ve sıkıştırırlar. Bu hareketler oldukça yavaş olup (yılıda yaklaşık 1-2 cm.), birbirleri ile göreceli olarak levha sınırlarındaki gerilmeleri her yıl bir miktar daha çoğaltarak, sonunda bu sınırlarda fay olarak adlandırılan zayıf kayaçlarda ani kırılmalara ve yırtılmalara neden olurlar. Burada meydana gelen ani yırtılmalar “deprem” olarak adlandırılmaktadır. Söz konusu yırtılmalar her oluşumda yeryüzüne kadar ulaşmamakta, genellikle uzun yıllar sonra biriken gerilmeler sonucunda oluşan küçük kırılma ve sarsıntılardan sonra etkisini göstermektedir[3].

Bu yırtılma ve göreceli hareket sürecinde fay düzlemine komşu olan tektonik levha sınırında, uzun sürede birikmiş olan gerilme enerjisinin açığa çıkması sonucu oluşan “sismik dalgalar” yeryüzündeki yapıları yatay etki altında titreştirmektedir[3].



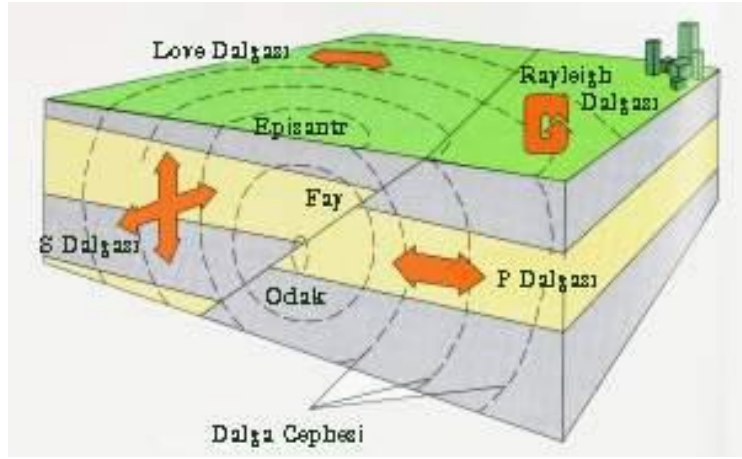
Şekil 2.2 Yeryüzündeki plakalar [2]

Depremde bu titreşimler veya sarsıntılar sırasında yeryüzünde P ve S olarak tanımlanan yatay ve düşey yer hareketleri oluşmaktadır. Ancak düşeydeki bu yer hareketleri yapılarda yıkıcı etki oluşturmadığından asıl önemli olan yatay hareketlerin ivmeleridir [3].

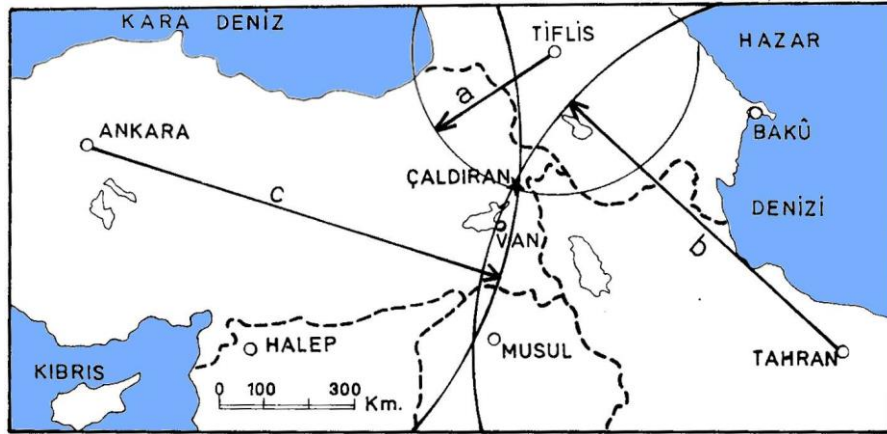
2.1.1 Deprem Parametreleri

“Faylanmanın başladığı ilk kırılma veya kayma noktası depremin *odağını* veya *hiposantrını* meydana getirir (Şekil 2.3); kırılma ve kayma yaklaşık 3,5 km./sn.'lik

bir hızla yüzlerce kilometrelik boyutlar alabilir (1939 Erzincan depreminde 350 km, 1906 San Francisco depreminde 430 km.). Odak noktasından (veya alanından) başlayan deprem dalgaları her doğrultuda yer içinde ve yeryüzünde yayılırlar. Yeryüzünde, odak noktasının veya yöresinin dikey olarak tam üzerine rastlayan yere de *episantr* (dış merkez) adı verilmektedir (Şekil 2.4). Bir deprem bölgesinde en çok hasar gören yer depremin episantr alanıdır. Episantr’dan uzaklaştıkça depremin etkisi de azalmaktadır[14].”



Şekil 2.3 Deprem sırasında yer altında meydana gelen dalga hareketleri [2].

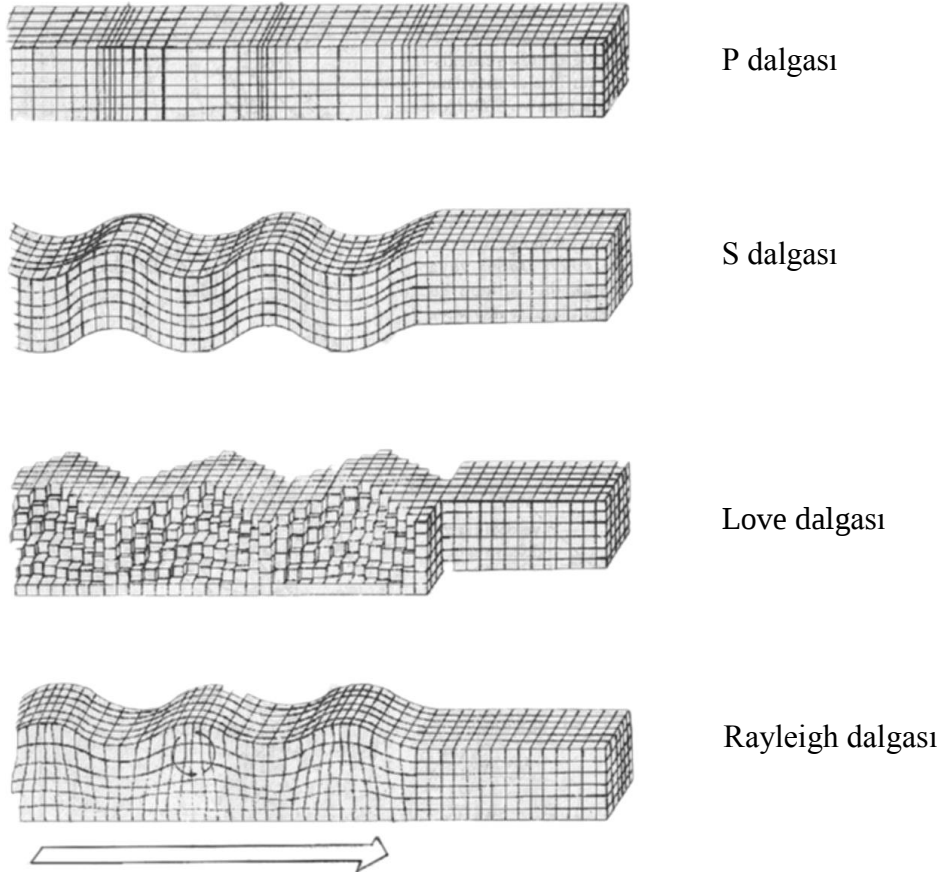


Şekil 2.4 1976 Çaldıran depremi episantrının Tiflis, Tahran ve Ankara'daki kayıt merkezleri aracılığıyla bulunması [14].

Depremin yeryüzünde yaptığı hasarın niteliğine göre depremin büyüklüğünü belirleyebilmek için C. F. RICHTER, zemine ve binaların yapışma bağlı olmayan, daha çok deprem odağında boşalan (açığa çıkan) enerjinin miktarını esas alan yeni bir “Şiddet Değerlendirmesi” ortaya koymuş ve buna depremin magnitüdü (büyüklüğü) demiştir.

2.1.2 Deprem Dalgaları (Sismik Dalgalar)

Deprem, daha önce de belirtildiği gibi, bir dalga olayı, bir titreşim hareketidir. Değişik özellikte deprem dalgaları bulunmaktadır. Bu dalgalar, önce cisim *dalgaları* ve *yüzey dalgaları* olmak üzere iki grupta incelenmektedir. Cisim dalgalarının P ve S türleri, yüzey dalgalarının ise Rayleigh - ve Love türleri vardır.



Şekil 2.5 Deprem dalgaları[14].

2.1.2.1 P - dalgaları

P-dalgaları en yüksek hıza sahip dalga biçimleri olarak, kayıt merkezlerine ilk ulaşan (Primer) dalgalardır. Bu dalgalar titreşim hareketinin yayılma doğrultusundadırlar. Bu bakımdan boyuna dalgalar olarak da adlandırılırlar. P dalgaları, içerisinden geçtikleri cisimlerin zerrecelerini birbirine yaklaştırmaları veya uzaklaştırmaları dolayısıyla kompresyon (basınç) dalgaları veya dilatasyon dalgaları olarak da adlandırılmaktadır (Şekil 2.5).

2.1.2.2 S - dalgaları

Hızları P dalgalarına oranla daha az olan ve bu nedenle kayıt merkezlerine ikinci olarak gelen (Sekonder) dalgalarıdır. Titreşim hareketleri yayılma doğrultusuna dik düzlem üzerinde aşağıya ve yukarıya doğrudur. Bu bakımdan bunlara enine dalgalar denmektedir. S - dalgaları kayma dalgaları veya rotasyon dalgaları olarak da adlandırılırlar (Şekil 2.5).

2.1.2.3 Yüzey dalgaları

Yüzey dalgaları veya uzun dalgalar (L- dalgaları) cisim dalgalarına kıyasla hızları daha az, periyotları daha büyük ve boyları daha uzun dalgalarıdır (30-40 km.) (Şekil 2.5). Kayıt merkezlerine en son gelirler fakat sismograflar üzerinde en şiddetli hareketleri yansıtırlar. Yüzey dalgalarının bir türü olan Rayleigh - dalgaları yerin serbest yüzeyinin oluşturduğu dalgalarıdır; hızları S - dalga dizisinin 0,92'si kadardır. Yüzey dalgalarının diğer türü olan Love dalgaları, elastik dalga hızları birbirinden farklı tabakaların bulunduğu bir ortamda, hızı az olan tabakanın üst ve alt sınırından tekrar tekrar yansıyan ve frekansları birbirine yakın dalgalar sonucu oluşurlar. Derin odaklı depremlerde kaydedilmezler.

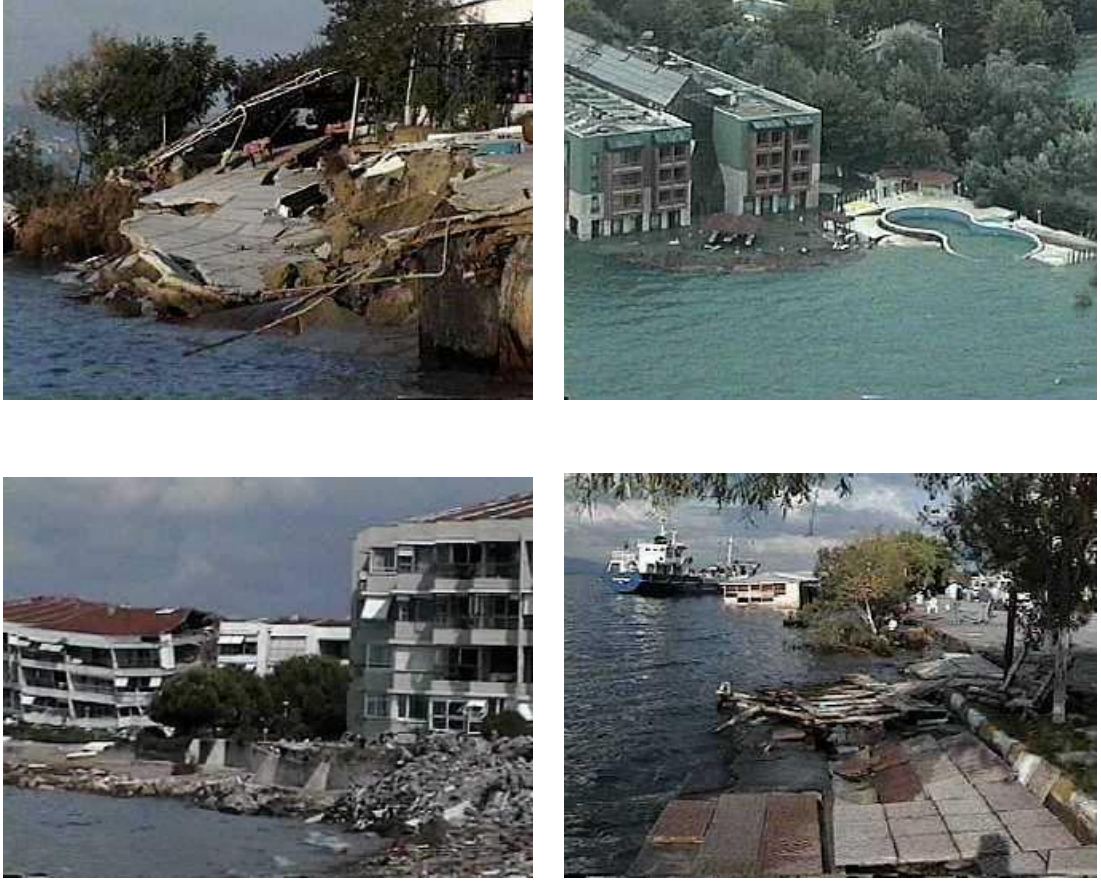
2.1.3 Deprem Türleri

Depremler temel olarak tektonik, volkanik ve çöküntü depremleri olarak üç ana başlık altında incelenebilir.

2.1.3.1 Tektonik Depremler

Yeryüzünün üst kısmında oluşan gerilmenin esas kökeni yer içindeki ısı ve basınçtır. Yerküre içinde derinlik arttıkça ısı ve basıncın artması sonucu astenosfer içinde oluşan akımlar (konveksiyon akımları) yerkürenin dış bölümünü oluşturan katı ve kırılğan özellikli litosfer parçalarının hareket etmelerine neden olurlar. Levha adı verilen bu parçalar ya birbirlerinden uzaklaşırlar, ya ortak sınırları boyunca zıt yönlere kayarlar ya da birbirleriyle çarpışırlar[5]. Bu levhaların hareketi sonucu oluşan depremler genellikle tektonik depremler olarak nitelenir ve bu depremler çoğunlukla levha sınırlarında oluşmaktadır. Yeryüzünde meydana gelen depremlerin % 90'ı bu guruba girmektedir[6]. Ortalama her yıl dünyada 8 ila 12 kez

arasında tekrarlanmakta ve 20.000 civarında ölüm ile fiziksel ve ekonomik kayıplar yaratmaktadır[5].



Şekil 2.6 Tsunamilerin kıyılarda ve binalar üzerinde oluşturduğu hasarlar [16].

Tektonik depremler yalnız kıtalarda değil, okyanus diplerinde de meydana gelmekte ve *deniz depremlerini* oluşturmaktadırlar. Odağı deniz dibinde olan derin deniz depremlerinden sonra, deniz üzerinde kıyılara kadar ulaşan ve bazen kıyılarda büyük hasarlara neden olan dalgalar görülebilmektedir[6]. Deniz depremlerinin su içerisindeki bu dalgaları *sismik deniz dalgaları* veya Japonca deyimini ile *tsunami* olarak adlandırılmaktadır[14] (Şekil 2.6).

2.1.3.2 Volkanik Depremler

“Yerin derinliklerindeki ergimiş maddelerin yeryüzüne çıkışları sırasında, fiziksel ve kimyasal olaylar sonucunda oluşan gazlar, yapmış oldukları patlamalarla volkanik depremleri meydana getirmektedir[6].” Ancak yeryüzündeki aktif volkanların sayısı

fazla olmadığından bu tür depremlere çok sık rastlanmamaktadır. Diğer taraftan bu depremler yanardağlarla ilgili depremler olduklarından etkileri yereldir. Japonya ve İtalya’da meydana gelen depremlerin bir kısmı bu grupta yer almaktadır.

Bazı büyük depremlerden önce bir sıra küçük sarsıntılar meydana gelebilmektedir. Bu sarsıntılara *haberci depremler veya ön sarsıntılar* denmektedir. Hemen bütün büyük depremler en şiddetli safhalarından sonra daha bir süre küçük depremler olarak etkilerini sürdürmektedirler; bunlara da *artçı sarsıntılar veya replikler* adı verilmektedir. Artçı sarsıntıların (*aftershocks*) sayısı genellikle çok, şiddetleri (magnitüdleri) ise değişiktir; asıl depremden sonra aylarca ve bazen senelerce sürebilirler. Bazı istisnaları olmakla beraber, büyük bir depremden sonra aynı şiddette başka bir deprem meydana gelmemekte, fakat daha az şiddetli ve daha küçük frekanslı bir sıra depremler uzun süre etkisini göstermektedir[14].

2.1.3.3 Çöküntü Depremleri

Bazı depremler yer altı mağaralarının, kömür ocaklarında galerilerin, tuz ve jipsli arazilerde erime sonucu oluşan boşlukların tavan bloğunun çökmesine[6] ve hatta yer altı sularının ortaya çıkardığı gerilmelere bağlı olarak da oluşabilmektedir. Bu tür depremlere çöküntü depremleri denmektedir. Ancak volkanik depremlerde olduğu gibi tektonik olmayan bu depremlerin sayı ve şiddetleri diğerler depremlere oranla daha azdır[12].

2.1.4 Deprem Şiddeti

Depremlerin yeryüzünde can kaybı, yapı ve tesisler üzerinde oluşturmuş olduğu hasara göre sınıflandırılması "Deprem Şiddeti" adı verilen bir ölçeklemeye göre yapılmaktadır. Bu ölçekleme deprem-ölçerlerin bulunması öncesinde oluşturulmuş, yaşadığımız yüzyıl içinde geliştirilmiştir.

Şiddet, büyüklükten farklı olarak, doğrudan yeryüzü zemin yapısı ve yapılaşma koşulları ile ilişkilidir. Deprem şiddetini ölçmede birçok yöntem (Rossi-Forel, Mercalli-Sieberg, Omori-Cancani, Mercalli-Cancani, Mercalli, Medvedev-Sponheur-Karnik ve Japon yöntemleri) bulunmakla birlikte en yaygın uygulananı Mercalli yöntemidir. Değiştirilmiş Mercalli ölçeklemesinde 12 aşama söz konusudur [2]. Bu aşamalar Tablo 2.1 de verilmiştir.

Tablo 2.1 Deprem şiddetleri [2]

ŞİDDET I: insanlar tarafından hissedilmez, sadece deprem-ölçerler kaydedebilir.

ŞİDDET II: Asılı eşyalar sallanır.

ŞİDDET III: Yapıların içindekiler tarafından hissedilebilir, asılı eşyalar ve duran motorlu araçlar sallanabilir, süresi algılanabilir.

ŞİDDET IV: Pencere ve kapılar ile duran motorlu araçlar sallanır, duvarlarda gıcırdamalar oluşur, yapıların içinde ve açık alanda hissedilebilir.

ŞİDDET V: Herkes tarafından hissedilebilir, eşyalar düşer, cam eşyalar kırılır, sıvalar çatlayabilir/dökülebilir; ağaçlar, direkler ve yüksek binalar sallanır, sallantının yönü izlenebilir; bahçe duvarları yıkılabilir.

ŞİDDET VI: Herkes tarafından hissedilir, yürümek zorlaşır, ağır eşyalar kayar ve kitaplar raflardan dökülebilir, sıvalar dökülür, bazı yapılar yıkılabilir.

ŞİDDET VII: Ayakta durmak güçleşir, eşyalar hasar görür, sıva ve yapı dekorasyon malzemeleri dökülür ve kırılır; yapılarda çatlamlar ve hasar, su birikintilerinde çamurlanma oluşur.

ŞİDDET VIII: Binalarda hasar ve kısmi yıkılmalar oluşur, su kuleleri ve bacalar yıkılır, ağır eşyalar devrilir; kumlu ve suya doymuş zeminlerde sıvılaşma (kum fışkırımları), yüzeyde faylanmalar ve heyelanlar gelişir; su kaynaklarının debisi ve sıcaklığı değişir.

ŞİDDET IX: Yapıların çoğunda hasar ve yıkılma olur; zeminde büyük çatlak ve yarılmalar ve kum fışkırımları meydana gelir; yer altı boru sistemleri kırılır.

ŞİDDET X: Yapıların çoğu yıkılır, betonarme yapılarda ağır hasar ve kırılma başlangıcı izlenir, barajlarda büyük hasar ve çatlamlar oluşur, zeminde büyük çatlaklar oluşur, raylar bükülür, kütle kaymaları ve sıvılaşma gelişir.

ŞİDDET XI: Çok az yapı yıkılmadan kalabilir, köprüler yıkılır, yer (kütle) kaymaları oluşur, yer-içi boru sistemlerinin tümü ile devre dışı kalır.

ŞİDDET XII: Tüm yapılar yıkılır, coğrafya değişir, yüzeyde deprem dalgalarının ilerleyişi izlenebilir.

2.1.5 Odak Derinliklerine Göre Depremler

Depremlerin çoğunluğunun odakları 10 ile 30 km. arasındaki derinliklerdedir. Odak derinliği 60 km-ye kadar olan depremlere *sığ depremler*, 60 ile 300 km. arasında olanlara *orta derinlikte depremler*, odak derinliği 300 ile 700 km arasında olanlara da *derin depremler* denmektedir [14]. Odak derinliği az olan sığ depremler uzaklardan duyulmazlar; fakat episantr çevresinde şiddetle his edilirler; bunların yüzey dalgaları (L-dalgaları) büyüktür.

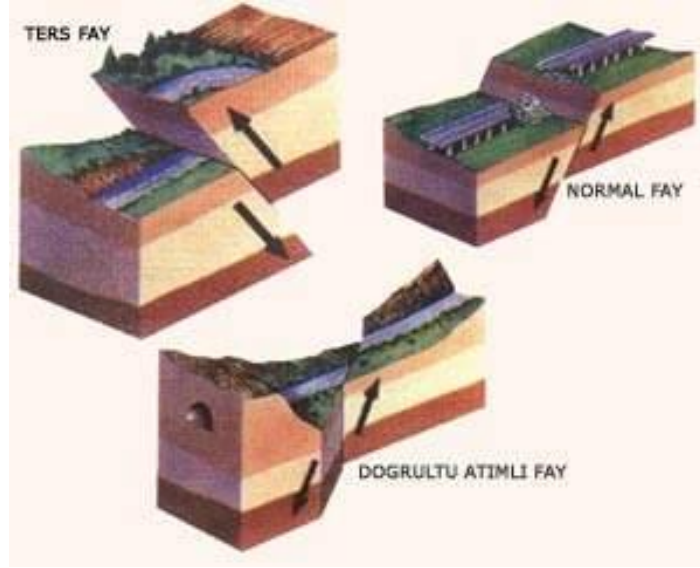
Odak derinliği arttıkça yüzey dalgalarının boyutları küçülür, çok derin depremlerde ise bu dalgalar hemen hiç kaydedilmezler. Bu nedenle, yüzey dalgalarının sismograflar üzerindeki kayıt şekillerinden odağın derinliği hakkında tahmin yapma olanağı ortaya çıkar. *Deprem odağı* matematik anlamda bir «nokta» değil, belirli büyüklüğü olan bir alandır (sahadır). Eğer depremin nedeni bir fay ise, odak, fayın kırılmaya ve yırtılmaya başladığı yerdir. Genellikle fay bir noktadan kırılmaya başlar ve kendi boyunca yırtılır. Yırtılmanın hızı P- dalgasının hızından azdır, fakat S- dalgasının hızından daha fazla olabilir[14].

Derin odaklı depremlerin hemen hepsi Pasifik Okyanusunu çevreleyen takım adalarda (*ada yaylarında*) ve Güney ve Orta Amerika'nın batı kıyıları boyunca sıralanmışlardır. Levha tektoniği açısından bu yerler Litosfer levhalarının Manto içerisine daldığı zonlardır (*Benioff zonları*) (Şekil2.1). Sığ depremler ise, kıtalarda ve okyanuslardaki büyük kırık zonlarda, faylı bölgelerde (özellikle transform faylar boyunca) meydana gelmektedirler[14].

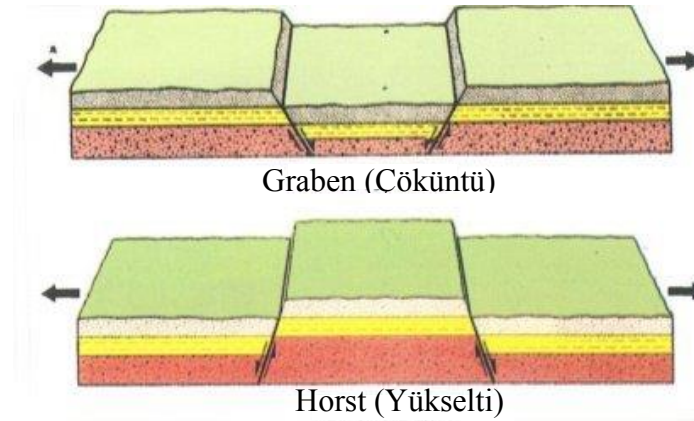
2.1.6 Fay Oluşumu ve Fay Türleri

Bir kayaç kütlesi karşıt yönde sıkıştırıldığında, kütlenin iki bölümü kendisine etkiyen kuvvet yönünde ve birbirine ters yönlerde kayar ve kütle şekil değiştirir(Şekil 2.7). İleri aşamada kütlenin bu iki bölümü birbirinden ayrı iki kütleye dönüşür ve (Elastik Geri-Tepme Kuramı'na göre) bu iki kütle arasında bir fay çizgisi oluşur (Şekil 2.8). Bu çizgiye tipik *yanal atımlı fay* adı verilir ve kütlenin iki parçasının birbirlerine göre yatay sıyrma hareketinin bir sonucudur. Deprem bu fay çizgisi üzerinde, kütlenin en zayıf olduğu noktada ve/ya da iki bloğun birbirine yapışık olduğu ve yer değiştirmeyi engelleyen bölümde gelişir. Yanal faylanma sağ ya da sol atımlı türde olabilir.

Kütlenin bu bölünmesi düşey yönde de olabilir. Bu koşulda ise, yerkabuğundaki çek(il)me (normal fay), ya da basınç (ters fay) kuvvetleri egemendir[2].



Şekil 2.7 Fay kırık çeşitleri [2]



Şekil 2.8 Fay kırık çeşitleri [2]

2.2 Depremın Yapılar Üzerindeki Etkileri

Deprem yükleri dinamik yüklerdir ve diğer dinamik yüklerden farklı olarak bina üzerinde çarpma etkisi yapmaktadır. Zeminde oluşan bu ani deprem hareketi gelişigüze'dir. Deprem hareketinin bina üzerindeki etkilerinin taşıyıcı sisteme ait karakteristiklere bağlı olması, bu anlamda deprem hesabını, taşıyıcı sistem teorisinin karışık bir bölümü haline getirmektedir [12].

Yere sabit olarak bağı bir yapı, yer aniden hareket ettiğinde kütlelerinin ataleti (durağanlığı) ile bu etkiye karşı koyar. Binaların kendi ataletinin yarattığı kuvvetler, deprem nedeniyle yapıyı etkileyen kuvvetlerdir. Deprem kuvveti yapıda T periyotlu bir salınım hareketi başlatır. Yaşanmış depremler göstermiştir ki doğal periyodu 0.1-1 arasında olan yapılar depremden en çok etkilenen yapılardır. Doğal periyodu 0.1 saniyeden küçük yapılar tek ve iki katlı yığma veya içi duvarlarla örtülü betonarme çerçeveli yapıları kapsar. Periyodu 1 saniyeden büyük yapılar ise genellikle 15 kattan yüksek binalardır. Bu iki gurup bina, depremi daha hafif ve az hasarla atlattır.

Diğer taraftan en çok etkiye maruz kalan 0.1-1 saniye arasında doğal periyotlu binalar, ülkemizde çok rastlanan 2 ile 12 kat arasındaki tüm binaları kapsamaktadır. Orta yükseklikteki tüm betonarme konut tipi yapılar bu grupta yer alırlar. Bu yapıların pek çoğu küçük ticari kaygılarla yeterli mühendislik hizmeti görmemekte ve ne yazık ki depremlerde ülkemizde en çok hasar gören yapı grubunu oluşturmaktadır[12].

Depremde hasar görme riski en çok olan 2-12 katlı yapı grubunda dikkati çeken diğer eksiklikler ise, bu yapılarda kaliteli malzeme kullanılmayışı, zemin araştırması yapılmadan bilinçsizce inşa edilmiş olmaları, yapılarında teknik açıdan yeterli işçilerin ve teknik uygulama sorumlularının bulunmayışıdır. Bunların sonucunda bu yapı gruplarında hasarların oluşması kaçınılmaz olmaktadır[12].

2.2.1 Burulma Etkisi

Binalar geometrileri veya simetrik olmayan yük dağılımlarından dolayı, diğer etkilere ek olarak burulma etkisi altındadır[8]. Eğer sistemdeki kolon ve perde gibi düşey taşıyıcıların dağılımında belli bir homojenlik yoksa, binada istenmeyen momentler oluşur. Bu durum binanın burulma etkisi altında dönme ve öteleme yapmasına sebep olur. Bir tasarımda taşıyıcı sistem dağılımı her ne kadar doğruymuş gibi gözükse de, bazen çizim üzerinde bunu fark etmek güç olabilir, bu durum bazı hesaplar yapılmasını gerektirebilir. Genellikle taşıyıcı sisteme ilişkin bu hesaplar, SAP ve STA4 gibi mühendislik programları tarafından projenin sonunda yapıldığından ve bazen tasarımda değişiklikler gerektirdiğinden mimariyi olumsuz etkileyebilmektedir.

Betonarme elemanlarda burulma, genellikle eğilme ve kesme ile birlikte etkili olmaktadır. Özellikle kesme etkisi ile burulma etkisi etkileşimi çok önemlidir ve ihmal edilemez [8]. Burulma momenti, diğer etkilerle birlikte elemanın kayma ve çekme gerilmelerini artırmaktadır. Bu nedenle hesabı da karmaşıktır [8]. Bileşke etkiler sonucu, burulma çatlamasının kiriş gibi diğer taşıyıcı elemanların davranışını büyük ölçüde değiştirmesi dolayısıyla, bu etkinin betonarmedeki yeri çok önemlidir.

Bir yapıda burulma etkisinin ortaya çıkmaması için gerekli teorik şart, o yapının rijitlik merkezi ile deprem etkisindeki kütle merkezinin üst üste düşmesidir. Bu iki merkezin üst üste olmaması veya aralarındaki mesafenin yönetmeliklerce belirlenen sınırları aşması durumunda, katlar deprem etkisi altında bir öteleme yer değiştirmesi yanında kata etkiyen burulma momenti sonucu bir dönme yer değiştirmesi yaparlar[10].

Bu aşamada, bu çalışma kapsamında geliştirilen uzman sistemin kullanımı yapıda burulma etkisinin olup olmadığını kontrol etmek açısından oldukça yararlı olacaktır. Böylelikle binada yaşanması olası dönme hareketleri ve bunun sonucunda meydana gelebilecek hasarlar en aza indirgenebilecektir.

2.2.2 Binalarda Rijitlik Merkezi ve Ağırlık Merkezleri

Mimari tasarım süreci içerisinde tasarımı devam eden bir binada, sağlıklı bir taşıyıcı sistem kurulabilmesi için binanın statik açıdan dengede olup olmadığına ilişkin de fikir sahibi olmak gerekmektedir. Bu bağlamda rijitlik merkezi ve ağırlık merkezi kavramları önem kazanmaktadır.

2.2.2.1 Rijitlik Merkezi ve Ağırlık Merkezi Tanımı

Yeryüzünün rijit bir cisme uyguladığı yerçekimi kuvveti tek bir W kuvveti ile gösterilebilir. Cismin ağırlığı denilen bu kuvvetin uygulama noktası cismin ağırlık merkezi yani kütle merkezidir(Şekil 2.9). Bu çalışma kapsamında, genel olarak kat kütle merkezi, o kat planının ağırlık merkezi olarak tanımlanacaktır.

Yatay yükler etkisindeki bir yapının herhangi bir katındaki düşey taşıyıcıların (perde ve kolonlar) eğilme rijitliklerinin ağırlık merkezi ise “rijitlik merkezi” olarak tanımlanır[47] (Şekil 2.10).

Rijitlik merkezi, katın öteleme yapmadan etrafında dönebileceği noktadır[10].” Bu nokta, ayrıca düşey taşıyıcı elemanların ataletlerinin ağırlık merkezi olarak da tanımlanmaktadır . [10]



Şekil 2.9 Planda ağırlık merkezi



Şekil 2.10 Planda rijitlik merkezi

2.2.2.2 Rijitlik Merkezi –Ağırlık Merkezi Hesabı

Rijitlik merkezi hesabı : Rijitlik merkezinin belirlenmesi için bütün kolonların i. katındaki x ve y doğrultusundaki rijitliklerinin hesaplanması ile gerekir. Hesaplar sonucunda bulunan değerlerin ağırlık merkezi rijitlik merkezini verir.[10].

I_{x1} = 1. Kolonun x 'e göre atalet momenti

I_{y1} = 1. Kolonun y 'e göre atalet momenti

R_m = Rijitlik Merkezi

R_x = Rijitlik merkezi x koordinatı

R_y = Rijitlik merkezi y koordinatı

x_1 = 1. kolonun merkezi x koordinatı

y_1 = 1. kolonun merkezi y koordinatı olmak üzere,

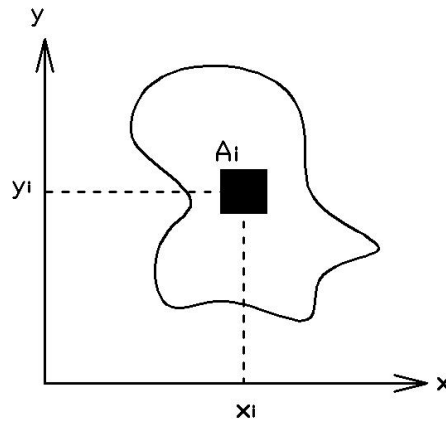
$$R_x = \frac{(I_{x_1} \cdot x_1) + (I_{x_2} \cdot x_2) + (I_{x_3} \cdot x_3) + \dots}{I_{x_1} + I_{x_2} + I_{x_3} + \dots} = \frac{\sum I_{x \cdot x}}{\sum I_x} \quad (2.1)$$

formülünden R_x ,

$$R_y = \frac{(I_{y_1} \cdot y_1) + (I_{y_2} \cdot y_2) + (I_{y_3} \cdot y_3) + \dots}{I_{y_1} + I_{y_2} + I_{y_3} + \dots} = \frac{\sum I_{y \cdot y}}{\sum I_y} \quad (2.2)$$

formülünden R_y değeri elde edilir. Böylelikle rijitlik merkezi noktası $R_m (R_x, R_y)$ bulunmuş olur.

Ağırlık merkezi hesabı : Bir kat planına etkiyen bileşke yer çekimi kuvvetlerinin etki ettiği noktadır. Basit anlamda bir dikdörtgenin köşegenlerinin kesiştiği nokta onun ağırlık merkezi olarak tanımlanabilir.



Şekil 2.11 Ağırlık merkezi hesabı [10].

Şekil 2.11' de yer alan gelişigüzel bir şekle sahip cisimde, A_i bu cisim içinde tanımlanmış bir alan ve x_i - y_i bu seçili alanın geometrik merkezi olmak üzere,

$$G_x = \frac{\sum x_i A_i}{\sum A_i} \quad (2.3) \quad \text{formülünden } G_x,$$

$$G_y = \frac{\sum y_i A_i}{\sum A_i} \quad (2.4) \quad \text{formülünden } G_y \text{ değerleri elde edilir.}$$

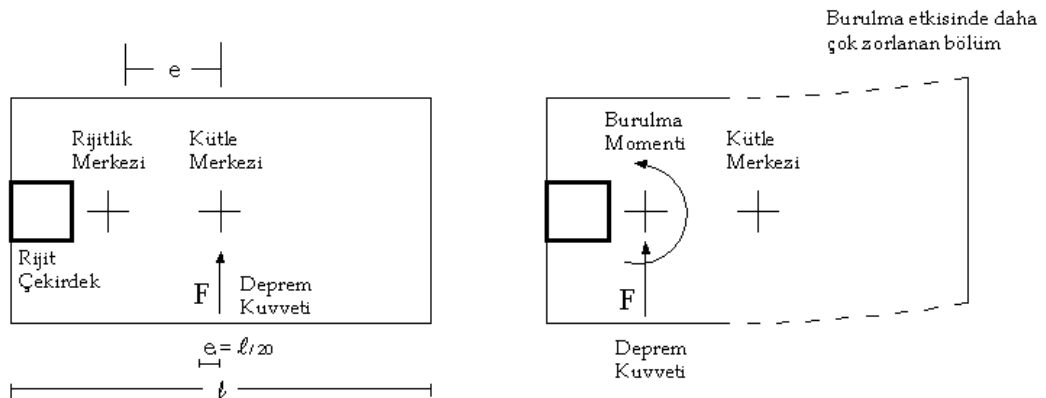
2.2.2.3 Rijitlik Merkezi –Ağırlık Merkezi İlişkisi

Bir binanın herhangi bir kat planında, plan düzleminde ağırlık merkezi, perde ve kolonlar gibi düşey taşıyıcı sistem elemanlarından da rijitlik merkezi elde edilir. Bu iki merkeze ait noktalar arasındaki uzaklığa *e dış merkezliği* denmektedir. Bu uzaklık Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelikte tanımlandığı üzere, o kat planındaki en uzun kenarın 1/20 sini aşmamalıdır (Şekil 2.12). Bu değerin aşıldığı durumlarda aradaki mesafe kadar ek bir moment kolu oluşacağından o kat, F yatay kuvveti etkisinde bir dönme hareketi yapar; ve bu yer değiştirme, F' in büyüklüğüne bağlı olup, binanın yıkılmasına kadar gidebilecek sonuçlar doğurabilir.

Dış merkezlik formülü :

Binanın dışmerkezliği (e) = rijitlik merkezi – ağırlık merkezi uzaklığı

Olması gereken dışmerkezlik (e_i) = 1/20



Şekil 2.12 Binalarda dışmerkezlik

2.3 Deprem Bölgelerinde Gözlenen Hasar Nedenleri

17 Ağustos 1999'da yaşanan depremden sonra, deprem bölgesinde yapılan incelemeler sonucu tekniğe uygun yapılmamış yapılarda gözlemlenen hatalar şu şekilde sıralanmıştır:

- “Yapıların gerek uygun olmayan fiziksel biçimlenmesi ve gerekse de taşıyıcı sistem kurgusundaki yanlışlıklar nedeniyle, ağırlık merkezi ile geometrik merkezlerinin çakıştırılmaması sonucu oluşan eksantrik momentler (asansör ve merdiven çekirdekleri ile perdelerin yanlış düzenlenmesi, zemin kattan sonra yapılan uygun olmayan çıkmlar, asma katlardaki kısa kolon sorunu ve bodrum - zemin katlardaki bant pencereler), kolon ve kirişlerde burulmalar, kesici kuvvetlerin oluşmasına neden olmuştur (Şekil 2.13) (Şekil 2.15).
- Arsanın düzgün olmaması ve buna uygun bir taşıyıcı sistem oluşturulmaması nedeniyle kolon ve kirişlerde önemli burulmalar olmuş ve yapı bu nedenle hasar görmüştür.
- Yıkılmış ya da ağır hasar görmüş binaların hemen tümünde kolon-kiriş birleşim yerlerinde ek deprem donatısının konmadığı ve köşe birleşmelerinde önemli işçilik kusurları (çelik ve beton) olduğu saptanmıştır.
- Yıkılmış ve ağır hasar görmüş yapılarda kolon ve kiriş donatı elemanlarının kenet boylarının yetersiz olduğu ve etriye kesitleri ile aralarının çok seyrek olduğu görülmüştür (Şekil 2.14).



Şekil 2.13 Taşıyıcılarda eksik ve yanlış donatı kullanımı, kısa kolon etkisi [24].

- Çok ağır hasar gören ve tümüyle çöken yapıların beton niteliği ile işçiliğinin yetersizliği yanında özellikle bodrum ve zemin katlardaki donatılar üzerindeki korozyonlar dikkat çekicidir. Beton el ile ufalanmaktadır. Donatı ile hiç aderans yapmamıştır .



Şekil 2.14 Yetersiz donatı kullanımı sonucu kolonun kirişten ayrılması [24].

- Isı yalıtımı yapılan yapıların dış kabuğundaki işçilik ve yapım kusurları nedeniyle taşıyıcı sistemle ve kendi içinde taşıyıcı bir bütün oluşturulmamış, duvar bileşenindeki katmanlar tümüyle birbirinden ayrılmış ve can kaybına neden olmuştur.
- Bitişik düzen yapılar ile enine oranla çok uzun tasarlanmış yapılarda tekniğine uygun bırakılmamış boşluk ya da dilatasyonlar nedeniyle, iki yapının çarpışması sonucu ağır hasar ve yıkılmalar olmuştur.



Şekil 2.15 Zemin katta yumuşak kat oluşumu [24]

- Zemin kat kolonlarının ve bölme duvarların yer kazanmak amacı ile kullanıcılar tarafından kaldırılması, ya da kesitlerinin azaltılması nedeniyle yapı tümüyle çökmüştür (Şekil 2.15).
- Yapının tasarımı ve taşıyıcı sistemi ile malzeme seçiminin olumlu olmasının sağladığı avantajla yapı stabilitesi bozulmamış olmasına karşın zemin sıvılaşması nedeniyle yapı birkaç kat düşey olarak hareket etmiş (toprağa gömülmüş) ya da yana yatmıştır (Şekil 2.16).
- Çatısı olan yapıların kalkan duvarların, yapının taşıyıcı sistemi ile bütünleşmemesi ahşap çatının sisteme bağlanmaması nedeniyle hemen tümü yıkılmıştır [3].”



Şekil 2.16 Zemin sıvılaşması sonucu binalarda oluşan hasarlar[24].

2.4 Depreme Dayanıklı Bina Tasarımını Etkileyen Unsurlar

Depreme dayanıklı bina tasarımının ana ilkesi 1 Ocak 1998 tarihinde yürürlüğe giren “Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik”e göre; hafif şiddetteki depremlerde binalardaki yapısal ve yapısal olmayan sistem elemanlarının herhangi bir hasar görmemesi, orta şiddetteki depremlerde yapısal ve yapısal olmayan sistem elemanlarında oluşabilecek hasarın onarılabilecek düzeyde kalması, şiddetli depremlerde ise can kaybını önlemek amacı ile binaların kısmen ya da tamamen göçmesinin önlemesidir.

Depreme dayanıklı bina inşa edebilmek için taşıyıcı sistemi, depremlerde oluşabilecek en elverişsiz etkileri karşılayacak ve sorun yaratmayacak biçimde

düzenlemek ilk koşul olmalıdır. Diğer yandan da binanın formundan ortaya çıkabilecek hatalardan da özenle kaçınılması gerekmektedir.

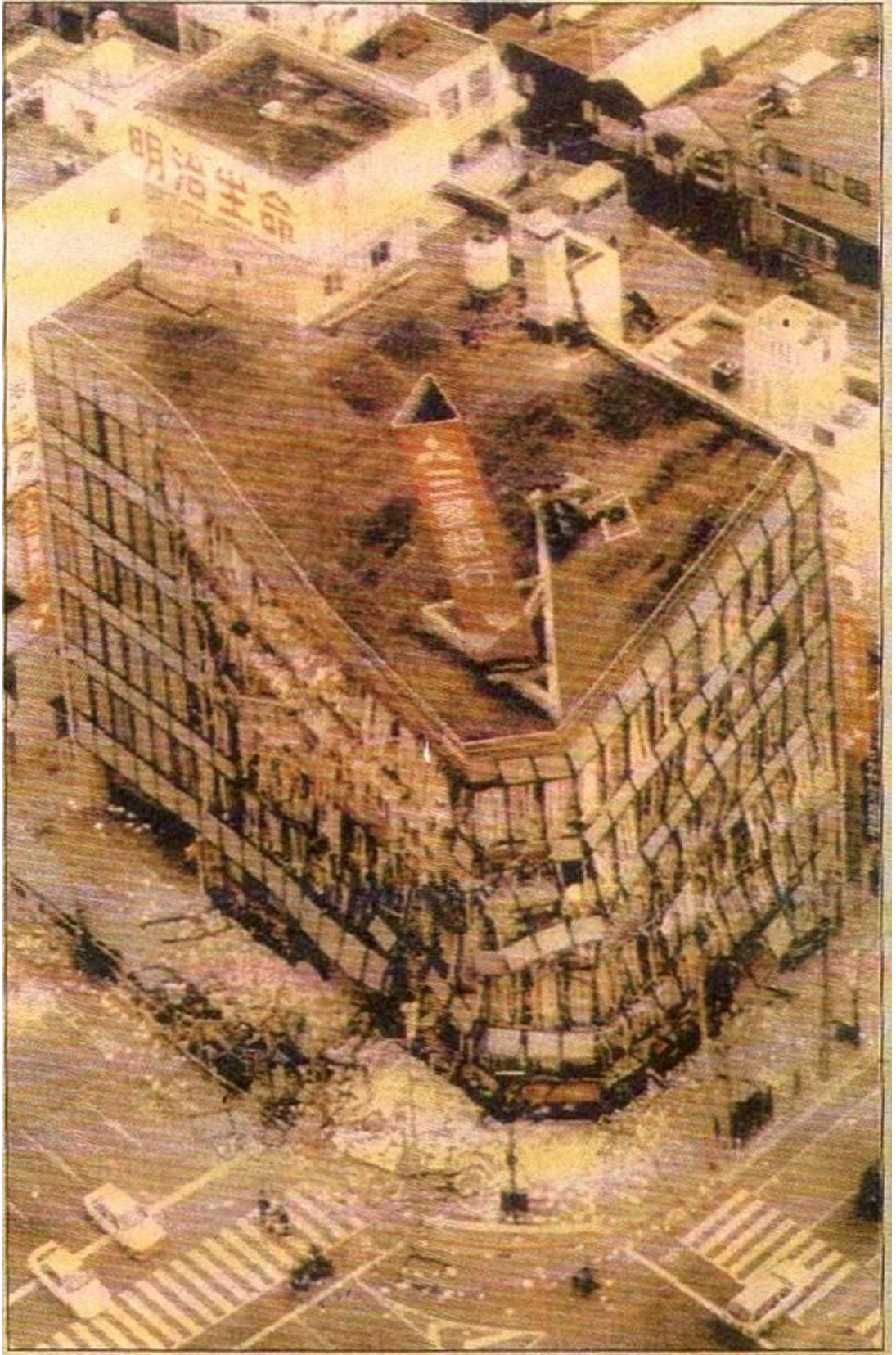
2.4.1 Çekirdek Yerleşimi ve Asimetri



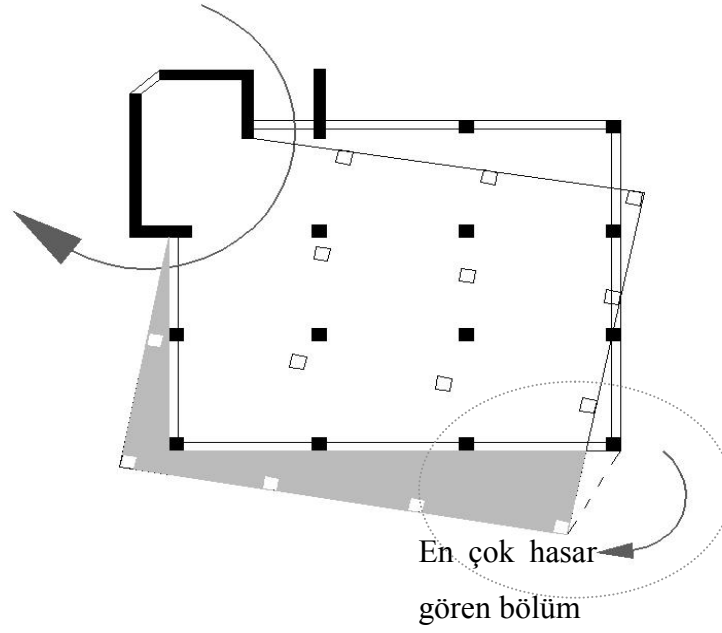
Şekil 2.17 Çekirdeği köşede yer alan bir binada burulma hasarı [17].

Çekirdek strüktürünün bina planı üzerindeki yerinin seçimi ve doğru detaylandırılması, binanın dış yüklere karşı dayanımını önemli ölçüde etkilemektedir. Binanın planı, taşıyıcı sistemi simetrik olsa da , yanlış ve simetriyi bozacak şekilde yerleştirilmiş çekirdek, bina kütlesi üzerinde burulmalara yol açacaktır (Şekil 17).

Statik açıdan taşıyıcı sisteminin rijitliğini bozacak biçimde köşesinde konumlandırılmış çekirdeği nedeniyle Şekil 2.17’ de yer alan binanın burulma etkisine maruz kaldığı görülmektedir. Deprem sonrası bu binada çekirdeğe en uzak köşede bulunan taşıyıcı elemanlarda ciddi hasarlar oluşmuştur (Şekil 2.19).



Şekil 2.18 1995'te meydana gelen Kobe depreminde burulma etkisi nedeniyle zarar görmüş bir bina [21].

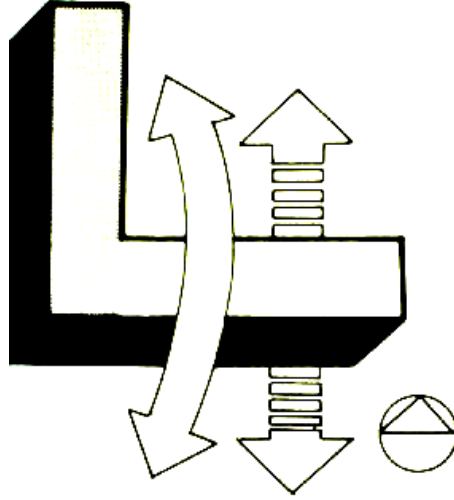


Şekil 2.19 Depremin bina üzerindeki etkisi [17].

Benzer biçimde 1995 yılında meydana gelen Kobe depreminde çekirdek yeri seçiminin yanlış olması ve binanın bu rijit çekirdek etrafında dönmesi nedeniyle Şekil 2.18 de yer alan bu bina çok büyük hasar görmüştür. Deprem yükleri altında çekirdeğe uzak köşelerdeki taşıyıcı elemanlarda burulma momenti etkisiyle büyük iç kuvvetler meydana gelmiş, ve bu kuvvetler sistemin göçmesine neden olmuştur.

2.4.2 Karmaşık Bina Planları

L,T,U,H, + veya bunların kombinasyonlarından oluşan plan tasarımına sahip binalar sismik dizayn açısından en çok problem yaratan ve beklenmedik hasarlara sebep olan tasarım gurubudur. Bu şekle sahip plan tiplerinde iki tür problem bulunmaktadır. Bunlardan birincisi, binanın rijitliğinin düzgün dağılmaması nedeniyle değişik bölümlerinde oluşan dönme hareketlerinin, şeklin köşelerinde yoğunlaşan gerilme yığılması bölgeleri yaratmasıdır[4]. İkinci problem ise formun yarattığı dönme ya da sallanma hareketidir. Ağırlık merkezi ve rijitlik merkezinin geometrik olarak birbirlerini tutmaması sonucunda oluşan bu durumda bina, depremin ürettiği farklı yönlerden gelen dalga hareketine karşı koyamamaktadır. Bunun sonucunda formu bozan dönel kuvvetler oluşmakta ve hasara yol açmaktadır[4](Şekil 2.20).



Şekil 2.20 L plana sahip bir yapıda farklı doğrultudaki kolların deprem etkisindeki davranışı [16].

2.5 SONUÇ

Tasarım sürecinde alınan bir takım kararlar, binanın deprem anındaki davranışlarını ciddi şekilde etkilemektedir. Tasarımın arsa üzerinde nasıl konumlandırılacağı, kaç katlı olacağı, hangi amaca hizmet edeceği, klasik veya modern bir anlayışla mı yapılması gerektiği gibi tasarımı yönlendirecek kararlarda deprem etkeninin de göz önünde bulundurulması gerekmektedir.

Ayrıca rijitlik yığılması durumunda ve asimetric plan düzenlemelerinde örneklerde görülen bu tür hasarların oluşmaması için sistemin dengesini sağlamak en önemli ilkelerden biri olmalıdır. Tasarımlarda bu tür hataların yaygınlığı göz önüne alınarak geliştirilmiş uzman sistemler en azından tasarımcıya fikir vermesi açısından önem taşımaktadır.

3. MİMARİ TASARIM TAŞIYICI SİSTEM TASARIMI İLİŞKİSİ

3.1 Mimari Tasarım Süreci

Mimari tasarım süreci bir karar verme ardışıklığı olarak tanımlanır[7]. Bu süreç, bir binanın ortaya çıkması süresince yapılan çalışmaları, verilen kararları, geri dönüşleri ve pek çok alt kararları kapsar. Mimari tasarım süreci üzerine oluşturulmuş değişik yaklaşımlarla, bu süreç daha detaylı incelenmiş, mimarlar tarafından izlenen farklı yollar ve çözümler olabileceği ortaya konmuştur. Ancak burada tezin amacına yönelik olacak şekilde, bu sürecin, detaylarından arındırılarak 2 ana başlık altında incelenmesi daha uygun görülmüştür.

Bunlardan ilki, mimarın tasarlamayı amaçladığı binayı ortaya koyacağı *mimari tasarım süreci*; ikincisi ise bu sürecin içindeki karar verme adımlarından biri olan ve başlama zamanı tamamen tasarımcıya bağlı *taşıyıcı sistem tasarımı süreci*dir. Eğer bu yaklaşımla mimari tasarım süreci, birbirini izleyen iki ayrı süreç olarak ele alınırsa, temelde iki tasarım yaklaşımı ortaya çıkmaktadır.

Bilindiği üzere “bir bina tasarımı, programı yapılan binanın mimari krokisi ile başlar [15]”. Buna göre mimar, çalışmayı tercih ettiği ortama göre eskiz, maket, bilgisayar vb. gibi araçlar yardımı ile binanın genel formunu ve plan kurgusunu ortaya koyar. Tasarım belli bir olgunluğa erişmeye başladığı zaman taşıyıcı sistemine ilişkin yani kolon, kiriş, perde gibi diğer taşıyıcı sistem elemanları hakkında karar verilmeye başlanır. Çeşitli uzmanların işbirliği ile avan proje ve kesin proje aşamalarından sonra uygulama projesi elde edilir. Bu genellikle en sık karşılaşılan mimari tasarım sürecidir. Aksi belirtilmedikçe her tasarım önce mimari tasarım ile başlar; sonra statik, elektrik, ısıtma havalandırma gibi teknik disiplinler ile ilerler.

Bir diğer seçenek ise bilinçli olarak taşıyıcı sistemin ön plana çıktığı tasarımlardır. Bu durumda ilk olarak binanın taşıyıcı sistemine ilişkin kararlar verilir. Bu anlamda önce bina aksları ve bu akslara uygun taşıyıcı sistem elemanlarının yerleri belirlenir,

sonra mimari tasarıma geçilir. Bu süreçte dikkat edilmesi gereken nokta, genellikle mimar ve mühendisin bir arada çalışmakta olduğudur.

3.2 Taşıyıcı Sistem Kuruluşu

Tarih boyunca taşıyıcı sistem mimarlığın esas bileşenlerinden biri olmuştur ve olmaya devam etmektedir. İnşa edilecek yapı ister basit bir barınak, isterse yüzlerce kişinin kullanacağı büyük kapalı bir hacim olsun, mimariyi yer çekimine ve diğer tehlikeli yüklere karşı ayakta tutmak mimari tasarıma başlarken kullanılan en temel veridir. Bu anlamda mimarinin özünde taşıyıcı sistemin iskeleti bulunmakta ve bu iskelet binaya şeklini vermektedir[7].

“Bir binanın ana işlevi, insanın temel gereksinimi olan barınma, işlevine uygun ortamı sağlamak, örttüğü hacimlerin üzerinde ona etkiyen yükleri taşımak ve bu yükleri zemine aktarmaktır. Bu açıdan bakıldığında, yapının taşıyıcı sistemini oluşturan taşıyıcı elemanlar ve binanın barınma işlevini tamamlayabilmesi için gerekli ikincil elemanların bütünleşmesi gerekmektedir [20].” Ancak bu durumda tasarımda ve taşıyıcı sistemde bütünleşmenin sağlanması için projenin geçirdiği aşamalar önem kazanmaktadır. Bu bağlamda mimari tasarım süreci, ölçeğin gittikçe büyüdüğü 4 ayrı proje aşamasında ele alınmaktadır.

3.2.1 Fikir Projesi

Bir tasarıma başlamadan önce ilk olarak binanın işlevini belirten, çevresi ile birlikte kütleleri düzenleyen 1/500 ölçekli bir “*fikir projesi*” yapılmaktadır. Projeye başlarken verilecek ilk kararlar arasında yapının planı yanı sıra, hacmini, geometrisini, estetiğini etkileyen taşıyıcı sistem tipini belirlemek de bulunmaktadır. Bu aşamada taşıyıcı sistemin malzemesi, işlevine göre yükleri; kar, rüzgar, deprem durumu; önemli bölümlerin taşıyıcı sistem tipleri, binayı bloklara ayıran (dilatasyonlar) derz yerleri incelenerek bunları içeren çalışmalar yapılmaktadır.

3.2.2 Ön Proje

Fikir projesini izleyen sonraki aşamada genelde 1/200 ölçekli mimari “*ön proje (avan proje)*” ile birlikte, onu doğrudan etkileyen betonarme taşıyıcı sisteme ilişkin

ön projeler de hazırlanmaktadır. Bu projeye ait bir rapor hazırlanarak plan kurgusu ile birlikte taşıyıcı sistem tipi, malzemesi, binanın eksenleri, derz yerleri, döşeme türleri, tesisatla ilişkileri ve temel sistemiyle ilgili kararlar belirtilmektedir. Ayrıca maliyete ilişkin karşılaştırmalar yer almaktadır.

3.2.3 Kesin Proje

“*Kesin Proje*” aşamasında ise plan kurgusu, taşıyıcı sistem ve tesisat ön projelerine dayanarak, bu projelerde belirtilen bilgi ve istekler doğrultusunda 1/100 ölçeğinde hazırlanmaktadır. Yine bu aşamada taşıyıcı sistem de kesin biçimini almaktadır.

3.2.4 Uygulama Projesi

Kesin proje aşamasında iyi bir işbirliğiyle, bütün sorunları çözülerek düzenlenmiş bir tasarımın mimar tarafından 1/2-1/20 arasında değişen ölçeklerde “*uygulama projesi*” hazırlanırken, taşıyıcı sisteminin de 1/50-1/20 ölçeklerindeki uygulama projesi oluşturulmaktadır. Eğer tasarımla ilgili sorunlar kesin projede çözülmemişse geriye dönüşler, değişimler, çalışmaların uzaması, inşaatın gecikmesi kaçınılmaz olmaktadır[20].

Yapılar kağıt üzerindeki tasarımlarına ya da mühendislik hesaplarına göre değil, inşa edilen sistemlerine uygun davranmaktadır. Bu nedenle taşıyıcı sistem seçimine ilişkin kararların uzmanların katılımı ile avan proje aşamasında belirlenmesi ve kesinleşmesi gereklidir. Uygun düzenlenmemiş bir taşıyıcı sistemin hesaplarla iyileştirilmesi, mümkün olamamaktadır. Bu nedenle tasarım aşamaları içinde yerinde ve zamanında yapılacak bir işbirliği, her açıdan uygun bir çözüm, iyi bir tasarım elde etmeyi sağlayacaktır.[20]

3.3 Plan Verileri

“İnşa edilmesi programlanan bir yapının önce tasarlanması gerekir.” “Yapının estetik, işlevsel ve teknik açıdan başarılı olması, tasarımın iyi ve tam olarak yapılması ile gerçekleşebilir[7].” Böylece mimari tasarımın başarısı, diğer alt disiplinlerin de başarısını beraberinde getirecektir. Bu yaklaşımla, alt disiplinlerden birini oluşturan binanın deprem güvenliğinin başlangıç noktası, mimari avan

projedir. Ve bu, diğer meslek guruplarından olanların değişik oranlardaki katkılarıyla projeye yansır [7].

Taşıyıcı sistemi oluşturmak binanın planı üzerinde çalışmakla mümkündür. Eğer yönetmeliklerce belirlenen esasları yerine getirecek şekilde plan üzerinde perde-kolon-kiriş ilişkisi doğru organize edilirse, taşıyıcı sistem en doğru haliyle tasarlanmış olur. Elbette belirli bir plan üzerinde taşıyıcı sistemi kurgulamak için yalnızca bir doğru çözüm olduğunu söylemek yanlış olur. Ancak mantık çerçevesinde ulaşılabilecek çözümler yönetmelikler ışığında birbirine yakın olacaktır.

3.4 Mimar ve Mühendisin Tasarım Sürecine Etkisi

Tasarım sürecinde mimar ve mühendis farklı sorumluluklar taşımaktadırlar. Mimar yapının mimari tasarımından, mühendis ise genel olarak bu yapının güvenliği, sağlamlığı ve teknik konularından sorumludur. Bu bağlamda her iki disiplin de sonuç tasarım ürününe ilişkin sorumluluklar olduğundan, çıkabilecek sorunları da farklı iki tarafın bakış açısıyla ele almak, değerlendirmek ve buna uygun çözümler geliştirmek ancak karşılıklı fikir alışverişi ile mümkün olmaktadır. Özellikle mimari tasarımın başından itibaren mimar ve mühendisin iyi bir işbirliği içinde olması, sonuç ürün açısından en önemli etkenlerden biridir.

Taşıyıcı sistem tasarımı aşamasında karşılaşılan güçlüklerin temeli, çoğunlukla üniversitelerdeki öğrenim sürecindeki farklılıktan kaynaklanmaktadır. Mimarlığın tasarımla ve sanatla iç içe geçmiş bir disiplin olması ve dolayısıyla mimarın bir sanatçı gibi algılanması, öğrenim sürecine de birebir yansımakta, bu süreçte tasarım estetiğinin ve kullanılabilirliğin birinci derecede önem kazanmasına neden olmaktadır. “Bunun sonucunda matematik, fizik ve kimya gibi teknik konular, başka bir deyişle somut ve yapıma ilişkin konular mimarın öğrenim sürecinde esas konular olmaktan uzaklaşmaktadır[7].” Özellikle lisans öğrenimi düzeyinde yer alan statik, mukavemet, betonarme, çelik yapılar gibi taşıyıcı sisteme ilişkin dersler ile matematik derslerinin, mühendislere oranlara daha yüzeysel ve basite indirgenerek anlatımı, bu süreçteki farkı açıkça ortaya koymaktadır.

Bununla birlikte, mimarların belli bir bakış açısına sahip olduğu bu mühendislik dallarında, gerek ilgili mühendislik dallarının (inşaat, jeoloji, vb.), gerekse diğer

disiplinlerin, mimarlığa ya da tasarıma ilişkin formasyon almıyor olmaları, mimarın inşaat sektöründe yüklendiği sorumluluğun, ne denli önemli olduğunu bir kez daha ortaya koymaktadır.

Yaşanan depremler sonucunda yıkılan binlerce yapı ve kaybedilen yaşamlar, Türkiye’de inşaat sektöründe ciddi sorunlar olduğuna işaret etmektedir. Her meslek dalı suçluyu, sorumluyu bir başka meslek dalında aramakta, yaşanan felaketlerin yapılan ortak yanlışların sonucu olduğunu gözden kaçırmaktadır. Aslında “depremle birinci derece ilgili jeofizik, jeoloji, inşaat mühendisleri ve mimarlar arasında görülen çekişmelerin karmaşasının temelinde ortak bir dilin, terminolojinin olmayışı yatmaktadır. Özellikle lisans düzeyinde deprem ve onunla ilgili bazı derslerin jeoloji, inşaat, mimarlık eğitiminde olmayışı bu terminoloji sorunun kaynağını oluşturmaktadır[3].” Bu durumda, bu terminoloji sorununu giderebilmek için “Mimar mı daha mühendisleşmelidir, mühendis mi daha mimarlaşmalıdır?” [7] sorusu gündeme gelmektedir.

Elbette bir mimari tasarımı ortaya çıkarabilmek için mimarın taşıyıcı sistem ilke ve kurallarını yeteri kadar bilmesi gerekmektedir. Estetiğin taşıyıcı sistem üzerindeki etkisi göz ardı edilemez. Ancak bilimsel gerçekler ışığında bu değerlere yani güzellik, kullanılabilirlik ve sağlamlığa optimum seviyede ulaşmak, ya mimarın çok iyi derecede mühendislik bilgisine sahip olmasıyla, ya da mimar ve mühendisin işbirliği yapmasıyla mümkündür.

Tasarımcıların taşıyıcı sistem tasarımı aşamasında konuya ilişkin fikirlerini mühendislerle karşılıklı tartışmaları ve buna göre tasarımlarına yön vermeleri, mühendisin de projedeki anlayışa katkıda bulunması ile taşıyıcı sistemin mimari ifadenin tamamlayıcı bir parçası haline getirilmesi bakımından önemli rol oynamaktadır [7]. Bu bağlamda genellikle tasarım süreci içerisinde fikir projesi, ön proje, kesin proje ve uygulama projesi aşamaları hem taşıyıcı sistem tasarımı hem de mimari tasarım açısından birbirine paralel ilerlemekte, karşılaşılan sorunlar bir uzlaşma arayışı içinde en iyi şekilde çözülmeye çalışılmaktadır.

Daha önce de belirtildiği üzere iyi bir mimari tasarım ürünü ortaya koyabilmek için iyi bir ekip çalışması yapılması ilk şart olarak öngörülmektedir. Ancak bu ekip çalışmasında mimar, yine taşıyıcı sistem tasarımına doğrudan veya dolaylı etki eden

bina geometrisine ilişkin 2. ve 3. boyuttaki kararları veren kişi olarak, önemli bir sorumluluk taşımaktadır.

3.5 Deprem Yönetmelikleri

17 Ağustos ve öncesinde yaşanan deprem felaketlerinin başlıca sebeplerinden birini de yönetmelikler oluşturmaktadır. Kötü sonuçlar doğuran her depremden sonra yeni yönetmelikler çıkarılmakta ya da bu yönetmelikler yeniden düzenlenmektedir. Katsayıları değiştirilmekte, hatta bunlar arasında ciddi farklar gözlenmektedir.

Türkiye’de ilk deprem yönetmeliği 1940 yılında uygulamaya konan "*Zelzele Mıntıkalarında Yapılacak İnşaata Ait İtalyan Yapı Talimatnamesi*"dir. Ancak gerçek anlamda Türkiye’yi temel alarak hazırlanan deprem yönetmeliği 1947’de “*Türkiye Yer Sarsıntısı Bölgeleri Yapı Yönetmeliği*” adıyla 1939 Erzincan (7.9) ve 1944 Bolu, Gerede (7.2) depremlerinden sonra Bayındırlık Bakanlığı tarafından çıkarılmıştır (Tablo 3.1). Daha sonra bu yönetmelik 1949 yılında deprem bölgeleri haritalarındaki değişiklikleri yansıtacak biçimde değiştirilmiştir. 1958 yılında İmar ve İskan Bakanlığı kurulmuş, 1961’de “*Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik*” hazırlanmıştır. 1963’de deprem bölgeleri haritası üç ayrı bölgeye ayrılarak yenilenmiştir. 1968’de yönetmelik yeniden düzenlenmiş, depreme göre hesap esasları geliştirilmiştir. Ancak yine de bugünün koşullarına göre olabildiğince basittir[4].

Tablo 3.1 Deprem Yönetmelikleri [19]

Yayın Yılı	Yayınlayan Birim	Yönetmelik Adı
1940	TC. Nafia Vekaleti	"Zelzele Mıntıkalarında Yapılacak İnşaata Ait İtalyan Yapı Talimatnamesi"
1949	TC. Bayındırlık Vekaleti	"Türkiye Yersarsıntısı Bölgeleri Yapı Yönetmeliği"
1953	TC. Bayındırlık Vekaleti	"Yersarsıntısı Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik"
1962	TC. İmar ve İskân Bakanlığı	"Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik"
1968	TC. İmar ve İskân Bakanlığı	"Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik"
1975	TC. İmar ve İskân Bakanlığı	"Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik"
1997	TC. Bayındırlık ve İskân Bakanlığı	"Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik"

Türkiye Deprem Bölgeleri Haritası 1972'de dört bölge olarak yenilenmiş; bunu izleyerek 1975'de *Deprem Yönetmeliği*, gelişen hesap esaslarının ışığında kapsamlı olarak değiştirilmiştir [4].

Deprem Mühendisliği oldukça yeni ve halen de gelişmekte olan bir bilim dalıdır. Yaşanan Erzincan Depremi ve toplanan bilgilerin ışığında, deprem yönetmeliği 1997'de kapsamlı değişikliklerle yenilenmiş ve 1998'de yürürlüğe girmiştir.

Günümüzde halen yürürlükte olan ve 1998 yılında çıkarılmış Deprem Yönetmeliği (ABYYHY) ile karşılaştırıldığında, önceki yönetmeliklerde belirtilen hesap katsayı ve yöntemlerinin ne kadar yetersiz olduğu ortaya çıkmaktadır. Bu yönetmeliklerde 1. derece deprem bölgesinde 100m²'lik 5 katlı bir konut göz önüne alınmış, bunun toplam ağırlığı yaklaşık 500 ton olarak kabul edilmiştir. Bunun hesabında alınması gereken deprem yükleri,

-1968 Yönetmeliğine göre 30ton[26]

-1975 Yönetmeliği'ne göre 50ton[27]

-1997 Yönetmeliği'ne göre 60-90ton[28]

-1999 Depreminde: Sağlam zeminde 65-95 ton, Alüvyonlu zeminde 125-160 ton

şeklinde hesaplanmaktadır. Buna göre 1968 Yönetmeliği koşullarında hesaplanan bir binaya, yaşanan 1999 depreminde, hesapta öngörülenin, 4 katı daha fazla zorlama geldiği görülmektedir[4]. Bu yönetmeliğe göre 30 ton yükü karşılayabilecek şekilde düzenlenmiş bir bina taşıyıcı sisteminin 1999 depreminde 125 tonluk bir yüke maruz kalması, o binanın büyük olasılıkla yıkılması anlamına gelmektedir.

Halen yürürlükte olan 1998 ABYYHY'de çeşitli hesap yöntemleri ve katsayılarının yanı sıra, bina taşıyıcı sistem kurgusu ile ilgili olarak ayrıca aşağıdaki maddeler üzerinde önemle durulmaktadır,

“- Bir bütün olarak deprem yüklerini taşıyan bina taşıyıcı sisteminde ve aynı zamanda taşıyıcı sistemi oluşturan elemanların her birinde, deprem yüklerinin temel zeminine kadar sürekli bir şekilde ve güvenli olarak aktarılmasını sağlayacak yeterlikte *rijitlik*, *kararlılık* ve *dayanım* bulunmalıdır. Bu bağlamda döşeme sistemleri, deprem kuvvetlerinin taşıyıcı sistem elemanları arasında güvenli aktarılmasını sağlayacak düzeyde rijitlik ve dayanıma sahip olmalıdır[28].

- Binaya aktarılan deprem enerjisinin önemli bir bölümünün taşıyıcı sistemin sünek davranışı ile tüketilmesi için, bu yönetmelikte belirtilen *sünek tasarım* ilkelerine titizlikle uyulmalıdır[28].

- Planda ve düşey doğrultuda düzensiz binaların tasarımından ve yapımından kaçınılmalıdır. Taşıyıcı sistem planda simetrik veya simetriğe yakın düzenlenmeli ve A1 başlığı ile tanımlanan burulma düzensizliğine olabildiğince yer verilmemelidir. Bu bağlamda, perde vb rijit taşıyıcı sistem elemanlarının binanın burulma rijitliğini arttıracak biçimde yerleştirilmesine özen gösterilmelidir. Düşey doğrultuda ise özellikle B1 ve B2 başlıkları ile tanımlanan ve herhangi bir katta *zayıf kat* veya *yumuşak kat* durumu oluşturan düzensizliklerden kaçınılmalıdır. Bu bağlamda, taşıyıcı sistem hesabında göz önüne alınmayan, ancak kendi düzlemlerinde önemli derecede rijitliğe sahip olabilen dolgu duvarlarının bazı katlarda ve özellikle binaların giriş katlarında kaldırılması ile oluşan ani rijitlik ve dayanım azalmalarının olumsuz etkilerini gidermek için bina taşıyıcı sisteminde gerekli önlemler alınmalıdır[28].

- (C) (1.Yumuşak süreksizlik düzlemleri bulunan çok ayrılmış metamorfik kayalar ve çimentolu tortul kayalar 2. Orta sıkı kum, çakıl 3. Katı kil ve siltli kil) ve (D) (1.Yeraltı su seviyesinin yüksek olduğu yumuşak, kalın alüvyon tabakaları 2. Gevşek kum 3. Yumuşak kil, siltli kil) gruplarına giren zeminlere oturan kolon ve özellikle perde temellerindeki dönmelerin taşıyıcı sistem hesabına etkileri, uygun idealleştirme yöntemleri ile göz önüne alınmalıdır [28].”

3.6 Deprem Yönetmeliklerine Göre Yapılan Tipik Mimari Tasarım Düzensizlikleri

1998 Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik kapsamında mimari düzensizlikler iki ana başlık altında toplanmıştır. Bu düzensizlikler planda ve düşey taşıyıcılarda karşılaşılan düzensizliklerdir.

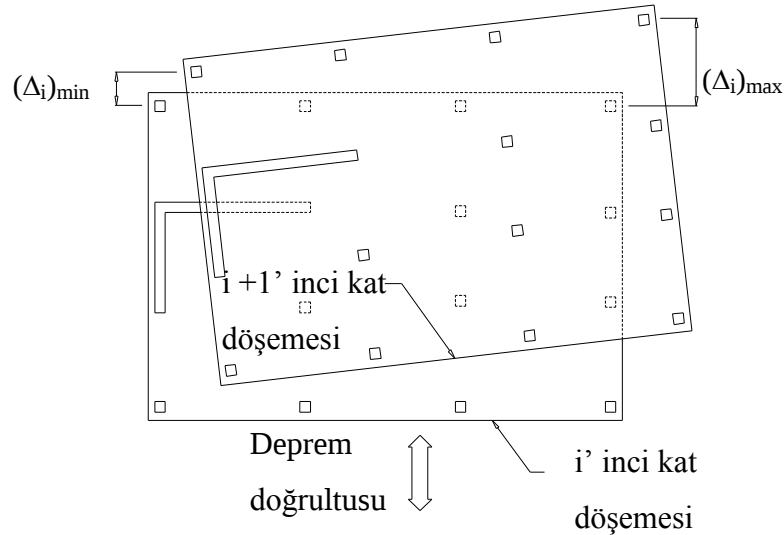
3.6.1 Plandaki Düzensizlikler

Bir mimari tasarım planının yönetmeliklere uygun olarak düzenlenmesi ve detaylandırılması gerekir. Bu yönetmelikler mimariye her ne kadar bazı kısıtlamalar getirirse de, taşıyıcı sistemin süreksizliği, taşıyıcı elemanların planın bazı kısımlarında yığılması, yanlış çekirdek yeri seçimi, düzensiz ve karmaşık iç bölümlenmeler gibi tasarım hataları, planın kurgulanmasında büyük önem taşımaktadır. Özellikle çekirdek yeri seçimi, burada kullanılacak statik elemanlar ile birlikte yapının rijitliğini etkileyebilecek olması nedeniyle, özenli bir çalışma gerektirmektedir. Rasgele tasarlanmış bir bina çekirdeği, binanın rijitlik merkezi ile (ilgili kat planı döşemesinin) ağırlık merkezi arasındaki mesafenin artmasına sebep olacağından, mühendislik hesapları bakımından yönetmeliklerce sakıncalı bulunmaktadır.

3.6.1.1 Burulma Düzensizliği

Yönetmeliğe göre 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 belirli bir katsayıyı (1,2) aşması durumuna *Burulma Düzensizliği* denmektedir[1].

Deprem Yönetmeliği'nde (ABYYHY) yer alan bu burulma düzensizliği tanımına göre, her bina için, o binanın boyutları oranında belli bir ortalama öteleme yer değiştirmesi yapabileceği öngörülmektedir. Ancak mevcut tasarım planları üzerinde mühendislik hesapları sonucu bulunan binanın öteleme değerinin bu katsayıyı aşması durumu burulma düzensizliği olarak tanımlanmaktadır (Şekil 3.1).



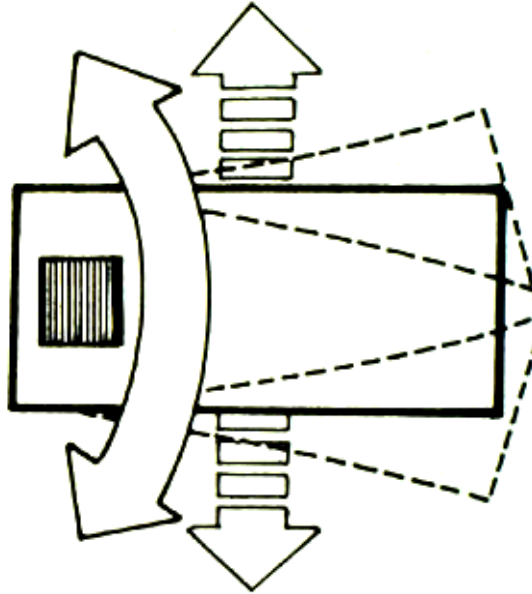
Şekil 3.1 Burulma düzensizliği[1].

Burulma düzensizliğinin mevcut olduğu durumlarda, genellikle yatay deprem yükü altında olan bina titreşim hareketi yaparken, rijit elemanların binanın bir bölümünde toplanmış olmasından dolayı, diğer kısmı daha çok dönme yer değiştirmesine zorlanır. Binanın maruz kaldığı bu burulma etkisi altında, rijitliğin, diğer bir ifadeyle yığılmanın daha az olduğu bölümdeki kolonlar meydana gelen yer değiştirmenin fazlalığından dolayı ağır hasar görürler. Bu nedenle, binaların tasarımında 1998 ABYYHY'de A1 Tipi olarak tanımlanan burulma düzensizliğinden mutlaka kaçınılması gereklidir. İster sadece çerçeve sistemler, isterse karma sistemlerde dikkat edilmesi gereken konu, tüm elemanların mümkün olduğunca simetrik olması şartının sağlanmasıdır. Burada sadece taşıyıcı sistem elemanlarının değil, bölme

duvarlarının da yapının kütlelerinin ağırlık merkezini değiştirmeyecek, binanın dengesini bozmayacak şekilde düzenlenmesine özen gösterilmesi gerekmektedir[11].

Burulma düzensizliğiyle ilgili bir diğer konu ise kolon ve perdelerin tümünün planda aynı doğrultuda yerleştirilmelerinin deprem açısından sakınca yaratmasıdır. Taşıyıcı sistemin tutarlılığı açısından , yapının her iki yöndeki dayanımlarının aynı veya birbirine yakın olması gerekmektedir. Bu durumda çözüm olarak, dikdörtgen kesitli kolonların değişik doğrultularda yerleştirilmesi, ya da kare kesitli olacak şekilde yeniden boyutlandırılması gerekebilir.

Ayrıca tasarım sırasında planda asansör ya da merdiven boşlukları kütle merkezine yakın bir yerlerde konumlandırılmalıdır. Eğer bu mümkün değilse binanın rijitliği sağlanacak ve burulma etkisi önlenecek biçimde ek kolon ve perdelerle bina desteklenmelidir. Ancak görüldüğü üzere, bu çözüm binaya ek maliyet getirecektir [11]. O nedenle proje bu aşamaya gelmeden bir takım önlemler alınmalı ve bunların yerleri önceden iyi belirlemelidir (Şekil 3.2).



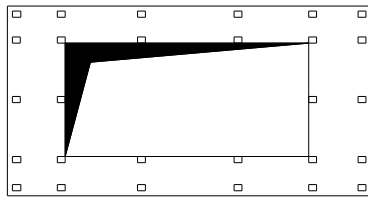
Şekil 3.2 Yanlış çekirdek yeri seçimi sonucu binada oluşan burulma etkisi [16].

3.6.1.2 Döşeme Süreksizliği

Bir binanın herhangi bir kat döşemesindeki merdiven ve asansör boşlukları dahil boşluk alanları toplamının, kat brüt alanının $1/3$ 'ünden fazla olması durumu; Deprem

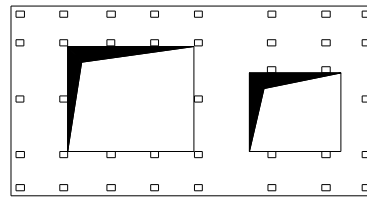
yüklerinin düşey taşıyıcı sistem elemanlarına güvenle aktarılabilmesini güçleştiren yerel döşeme boşluklarının bulunması durumu; Döşemenin düzlem içi rijitlik ve dayanımında ani azalmaların olması durumu Deprem Yönetmeliği'nde *Döşeme Süreksizliği* olarak tanımlanmıştır [1] (Şekil3.3).

Bu süreksizlik binanın rijitliğini ve taşıyıcı sistem davranışını olumsuz yönde etkileyeceğinden, tasarımda bu tür döşeme boşlukları mümkün olduğunca az tutulmalı, eğer galerili veya benzeri bir tasarım yapılacaksa, en başından bunlarla ilgili önlemler alınmalıdır.



A2 türü düzensizlik durumu - I

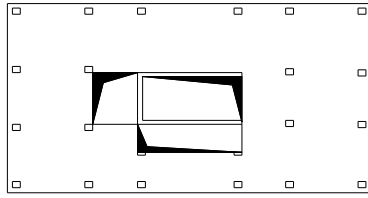
$$A_b / A > 1/3$$



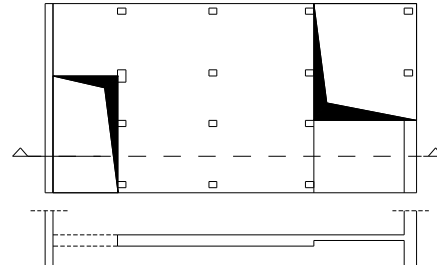
$$A_b = A_{b1} + A_{b2}$$

A_b : Boşluk alanları toplamı

A : Brüt kat alanı



A2 türü düzensizlik durumu - II



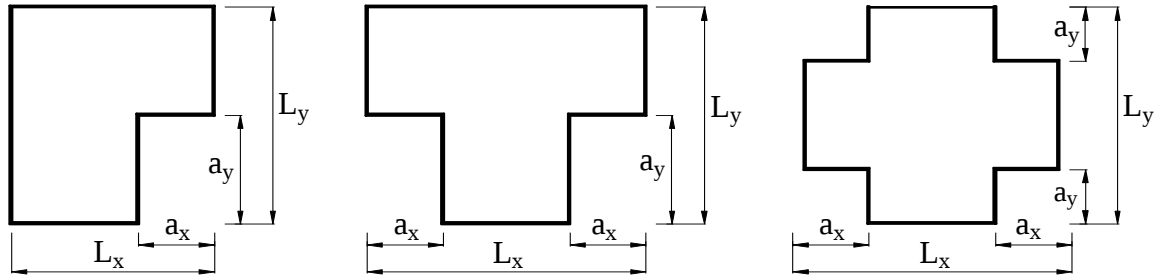
Kesit A-A

A2 türü düzensizlik durumu - II ve III

Şekil 3.3 Binalarda karşılaşılan A2 türü düzensizlikler [1].

3.6.1.3 Planda Çıkıntılar Bulunması Durumu

“Bina kat planlarında çıkıntı yapan kısımların birbirine dik iki doğrultudaki boyutlarının her ikisinin de, binanın o katının aynı doğrultulardaki toplam plan boyutlarının %20'sinden daha büyük olması durumudur” [1] (Şekil 3.4).



A3 türü düzensizlik durumu:

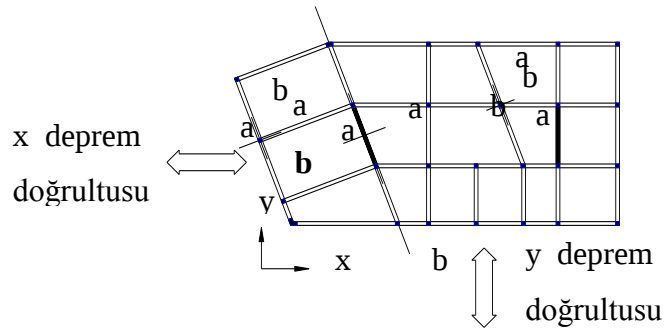
$$a_x > 0.2 L_x \text{ ve aynı zamanda } a_y > 0.2 L_y$$

Şekil 3.4 Binalarda karşılaşılan A3 türü düzensizlikler [1].

Buradan da anlaşıldığı üzere binanın formu ne kadar yalın ise, depreme dayanıklılığı da o derece yüksek olmaktadır. Çünkü yalın geometrilere sahip yapıların hem yapımı kolaydır, hem de yapımında hata yapma riski azdır. Diğer taraftan, bu yapıların deprem sırasındaki olası davranışlarını tahmin etmek ve yapının hasar görmesine neden olabilecek davranışlarına çözüm üretmek daha kolaydır.

3.6.1.4 Taşıyıcı Eleman Eksenlerinin Paralel Olmaması Durumu

“Taşıyıcı sistemin düşey elemanlarının plandaki asal eksenlerinin, göz önüne alınan birbirine dik yatay deprem doğrultularına paralel olmaması durumudur[1](Şekil 3.5)”.



Şekil 3.5 Taşıyıcı eleman eksenlerinin paralel olmaması durumu[1].

Bu gibi durumlarda yatay yükler düzgün şekilde iletilememekte, taşıyıcı elemanlar birbirinden ayrılarak ya da birbirlerine hasar vererek sistemin taşıyıcılığını bozmaktadır. Sonuç olarak bina ağır hasar almaktadır (Şekil 3.6).



Şekil 3.6 Taşıyıcı sistem aksları birbirine paralel olmayan bir bina [23].

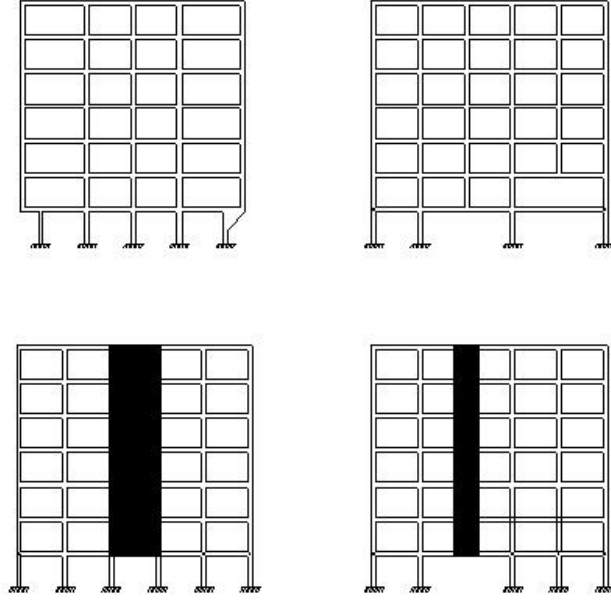
3.6.2 Düşey Doğrultuda Düzensizlikler

Deprem yönetmeliğinde B derecesiyle sınıflandırılan Düşey Doğrultudaki düzensizlikler de tasarım açısından kaçınılması gereken düzensizlikler arasında yer almaktadır.

3.4.2.1 Komşu Katlar Arası Dayanım Düzensizliği (Zayıf Kat)

Betonarme binalarda, birbirine dik iki deprem doğrultusunun herhangi birinde, herhangi bir kattaki etkili kesme alanının, bir üst kattaki etkili kesme alanına oranının yönetmelikte belirlenen 0.80 katsayısından daha düşük olması durumu “Dayanım Düzensizliği” olarak tanımlanır [1].

Zayıf kat kapsamına giren en belirgin yapılar, belli bir kattan sonra perdelerin yerini planda kolonların aldığı durumların söz konusu olduğu yapılardır. Şekil 3.7’de perdeler gelen yüklerin kolonlar aracılığıyla zemine aktarıldığı bir örnek görülmektedir. Bu durum taşıyıcı sistem açısından yönetmeliklerce sakıncalı bulunmaktadır (Şekil 3.8).



Şekil 3.7 Düşey doğrultudaki düzensizlikler [1].

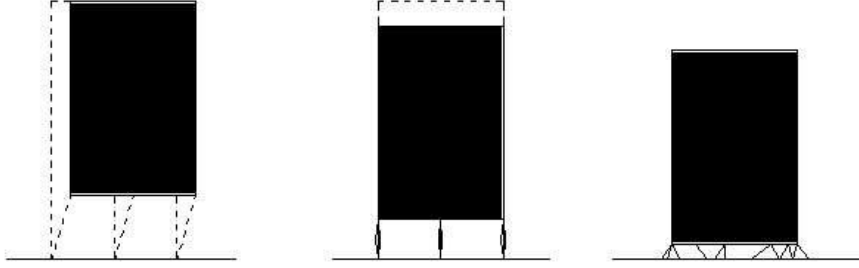


Şekil 3.8 Bir çok düzensizliği bir arada bulunduran bir bina [18].

3.6.2.2 Komşu Katlar Arası Rijitlik Düzensizliği (*Yumuşak Kat*)

1998 Deprem Yönetmeliğinde birbirine dik iki deprem doğrultusunun herhangi biri için, binada i'inci kattaki ortalama görelî kat ötelemesinin bir üst kattaki ortalama görelî kat ötelemesine oranının 1.5 katından daha fazla olması durumu “Rijitlik Düzensizliği” olarak tanımlanmaktadır [1] (Şekil 3.9).

Betonarme binalarda çok sık rastlanan ve ağır hasarlara yol açan tasarım hatalarından biri de “yumuşak kat” oluşumu olarak nitelendirilmektedir. Genellikle giriş katlarının mağaza, dükkan, ticarethane, lokanta vb. işlevlerle kullanılıyor olması, bu katlardaki duvarların işlev farklılığı nedeniyle kaldırılarak yerlerini geniş cam yüzeylere bırakması, yapının düşeyde rijitliğini bozmakta ve azaltmaktadır. Binaya gelen deprem yükünün iletilmesinde en etkin kat olan zemin katın rijitliğindeki bu ani azalma, en büyük hasarın bu katlarda yoğunlaşmasına sebep olmaktadır (Şekil 3.10) (Şekil 3.11).



Şekil 3.9 Yumuşak kat oluşumu [20]



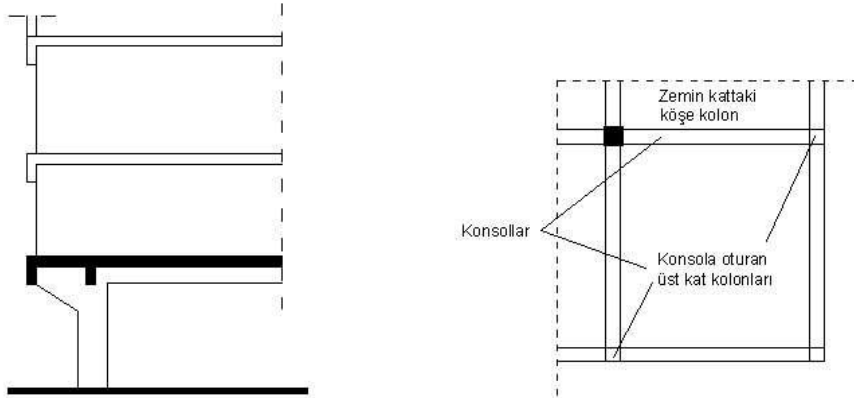
Şekil 3.10 Betonarme bir binada yumuşak kat oluşumu (Adapazarı) [18].



Şekil 3.11 Ahşap iskeletli binada yumuşak kat oluşumu (Adapazarı) [18].

3.6.2.3 Taşıyıcı Sistemin Düşey Elemanlarının Süreksizliği Durumu

Taşıyıcı sistemin düşey elemanlarının (kolon veya perdelerin) bazı katlarda kaldırılarak kirişlerin veya guseli kolonların üstüne veya ucuna oturtulması, ya da üst kattaki perdelerin altta kolonlara veya kirişlere oturtulması durumudur (Şekil 3.12).

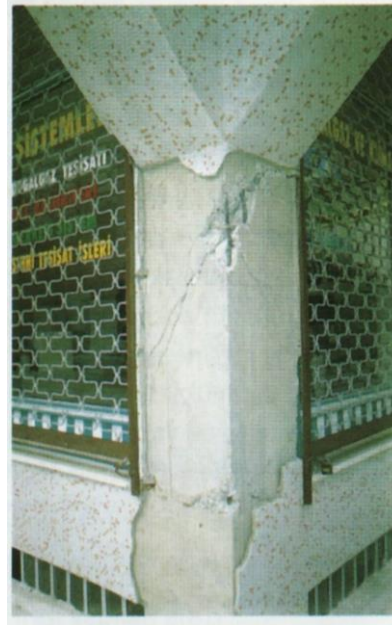


Şekil 3.12 Düşey taşıyıcı elemanlarda süreksizlik [20]

TAKS (Taban Alanı Katsayısı) ve KAKS (Kat Alanı Katsayısı) katsayılarıyla sınırlandırılmış arsa ve kat kullanımı nedeniyle, bu uygulama özellikle arsa değerinin yüksek olduğu kentlerde, yönetmeliklerce yasaklandığı halde arsadan maksimum oranda yararlanabilmek için sıkça başvurulanan bir çözüm olarak kullanılmaktadır. Bu şekilde belli katsayılarla kısıtlanan tasarımlarda genellikle zemin kat tavanından itibaren üst katlarda konsol uygulamalarına gidilmektedir. Buna bağlı olarak planda

mekanın içinde kalan kolonlar, guselere oturtulmak sureti ile dış çepere ötelenerek tek bir mekan elde edilmesi amaçlanmakta ve bunun örnekleri son derece yaygın biçimde uygulanmaktadır (Şekil 3.13).

1998 ABYYHY uyarınca bütün deprem bölgelerinde, kolonların binanın herhangi bir katında konsol kirişlerin veya alttaki kolonlarda oluşturulan guselerin üstüne veya ucuna oturtulmasına, ayrıca (yönetmelik) perdelerin binanın herhangi bir katında, kendi düzlemleri içinde kirişlerin üstüne açıklık ortasında oturtulmasına hiçbir zaman izin verilmemektedir (Şekil 3.14).



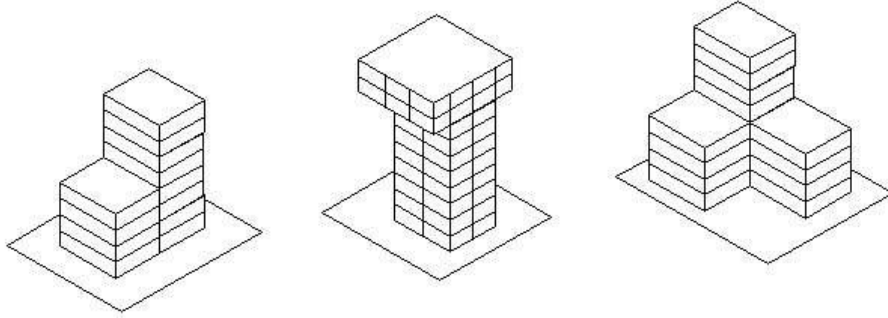
Şekil 3.13 Konsol ucunda kolonlu binada köşe kolonda basınç kayma çatlağı [18].



Şekil 3.14 Konsol ucunda kolonlu bir bina [18].

3.6.2.4 Binanın Düşey Gabarisindeki Düzensizlikler

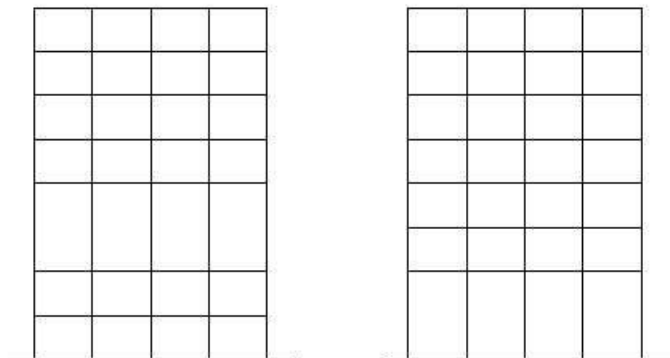
Yapıların en alt katından en üst katına kadar katlar arasında belli bir uyum olması gerekmektedir. Birbirine komşu katlara ilişkin alan, yükseklik, ağırlık ve rijitlik değerlerinde oluşan büyük farklar yapının deprem davranışını olumsuz etkileyeceğinden yönetmeliklerce sakıncalı bulunmaktadır(Şekil 3.15).



Şekil 3.15 Düşeyde görülen bazı yapısal düzensizlikler[4].

3.4.2.5 Kat Yüksekliğindeki Düzensizlikler

Bina katları arasındaki yüksekliklerin tüm bina yüksekliği boyunca birbirine eşit olması, deprem davranışını olumlu yönde etkilemesi açısından mimari tasarımda önemli bir etkindir. Kat yükseklikleri arasında farklılaşmanın söz konusu olduğu durumlarda, diğerine oranla daha yüksek olan katlarda deprem yükleri altında hasar oluşma olasılığı daha yüksektir (Şekil 3.16).



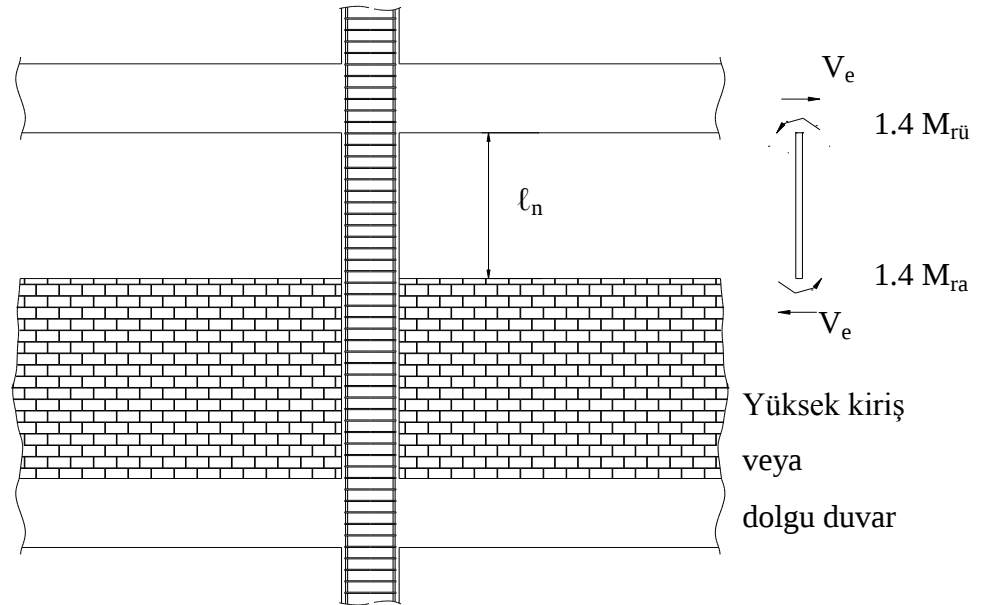
Şekil 3.16 Katlar arasındaki yüksekliklerin birbirinden farklı olması durumu[4].

3.6.2.6 Yükseklik Boyunca Kütle Dağılımındaki Düzensizlikler

Binanın statik açıdan dengesini etkileyebilecek büyüklükteki ağırlıkların, kat içerisinde düzgün şekilde dağılması gerekmektedir. Söz konusu bu ağırlıklar binada yer alan bölme duvarları, katın kullanım amacından kaynaklanan teknik ekipmanlar ya da su, ya da yakıt deposu gibi binanın tesisatlarına ilişkin mekanlar da olabilmektedir.

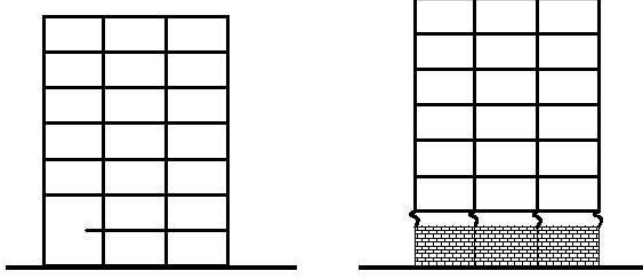
3.6.2.7 Kısa Kolon Oluşumu

Kısa kolon oluşumu, dolgu duvarlar ile taşıyıcı sistem elemanları arasında bırakılan boşluklardan kaynaklanmaktadır. (Şekil 3.17). Genellikle okul, kışla, yatakhane gibi yapılarda kat ortalarında yer alan koridorlara veya bodrum katlarına ışık gelmesi amacıyla ya da ıslak hacimler gibi pencerelerin yüksek tutulmasının gerektiği koşullarda bant pencere kullanımına sıkça başvurulmaktadır. Ancak bant pencerelerin kullanıldığı bu yapılarda, bölme duvarlarının perde etkisi yapması dolayısıyla duvar boyunca kolonun hareketi kısıtlanmaktadır (Şekil 3.18). Bant pencere boyunca daha rahat hareket olanağı bulan kolonun rijitliği olumsuz yönde etkilenmekte ve bu kolonlarda hasarlara yol açmaktadır (Şekil 3.19) (Şekil 3.20).



Şekil 3.17 Kısa kolon oluşumu [1].

Kısa kolon, dolgu duvarlarındaki boşlukların yanı sıra herhangi bir katın diğer kata oranla daha kısa yapılmasıyla, merdiven sahanlıklarının taşıtmak için sisteme eklenen perdeler sonucunda ve kademeli kat durumlarında da oluşmaktadır.



Şekil 3.18 Kısa kolon oluşumu ve düşey düzensizlikler [20].



Şekil 3.19 Bant pencerelerden kaynaklanan kısa kolon hasarı [18].



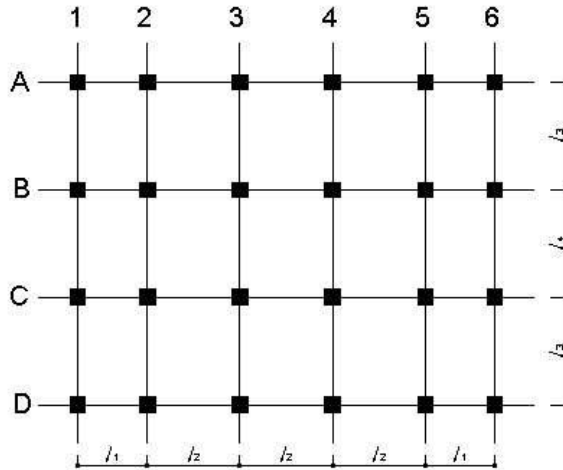
Şekil 3.20 Kısa kolon etkisi [18]

3.7 Taşıyıcı Sistem Düzenleme İlkeleri

Taşıyıcı sistemler, çalışma biçimleri birbirinden farklı taşıyıcı elemanların, kolon ve kirişler, döşemeler, perde ve çekirdekler, temeller ve derzlerin belli bir düzende bir araya getirilmeleriyle oluşturulmaktadır. Bu taşıyıcı elemanlar doğrusal, düzlemsel ve uzaysal olarak sınıflandırılabilirler. Kirişler ve kolonlar doğrusal elemanlardır; moment ve aksel kuvvet etkilerini karşılayabilirler. Perde türü taşıyıcılar ise düzlemsel taşıyıcı elemanlardır. Taşıyıcı sistem elemanlarını, etkiyen yüklere karşı bir bütün olarak etkin davranışını sağlayacak biçimde, birbirine bağlayan çekirdek ya da tüp taşıyıcılar ise uzaysal elemanlardır. Bu ana elemanların uygun bir düzende birleşimi yapı taşıyıcı sistemini oluşturmaktadır[20].

3.7.1 Kolonlar ve Kirişler

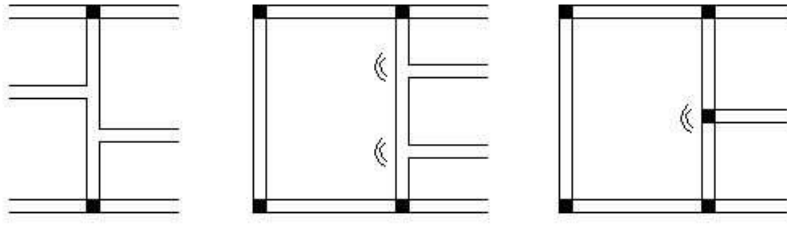
Kolonlar ve kirişler bina betonarme taşıyıcı sistemlerinde yaygın olarak kullanılan taşıyıcı elemanlardır. Taşıyıcı sistemi kolon kiriş düzeneği ile tasarlanacak binanın taşıyıcı elemanlarının bir eksen takımına bağlanması, en az iki doğrultuda düzenlenecek olan bu eksenlerin temelden çatıya kadar bütün katlarda, değiştirilmeden kullanılması gerekmektedir. (Şekil 3.21)



Şekil 3.21 Birbirini dik kesen eksen takımına sahip taşıyıcı sistem şeması[20].

Bina taşıyıcı sistemlerinde kolon ve kiriş düzenlemesine ilişkin bazı esaslar şunlardır:

- “Eksenlerin kesişme noktalarındaki kolonlar taşıyıcı sistemin düzgün olmasını, kat döşemelerinin sorunsuz oluşturulmasını sağlar.
- Bir katta bulunan kolon temele kadar devam etmeli, ağır yükler doğrudan zemine aktarılmalıdır.
- Her kolon iki doğrultuda da kirişlerle bağlanmalıdır.
- Birbirini izleyen açıklıklar, kolon eksen aralıkları, çok farklı olmamalıdır.
- Kolon ve özellikle perdeler rijitlik merkezi ağırlık merkezinden çok ayrılmayacak biçimde dengeli olarak yerleştirilmelidir.
- Yükleri en kısa yoldan kolonlara aktaracak bir kirişleme esas alınmalıdır. (Şekil 3.22)
- Kirişlerin konsol olarak çıkmaları kenar kolonda oluşturdukları eğilme momenti dolayısıyla yararlı olurlar. Ancak izostatikliği, konsollarda yapılacak hatanın büyük arızalara yol açmasına; sehimleri önemli değerler alarak duvarlarda çatlaklara neden olmaktadır.” [20]



Şekil 3.22 Kirişlerin kolonlara saplanmaması durumu[20].

3.7.2 Perdeler ve Çekirdekler

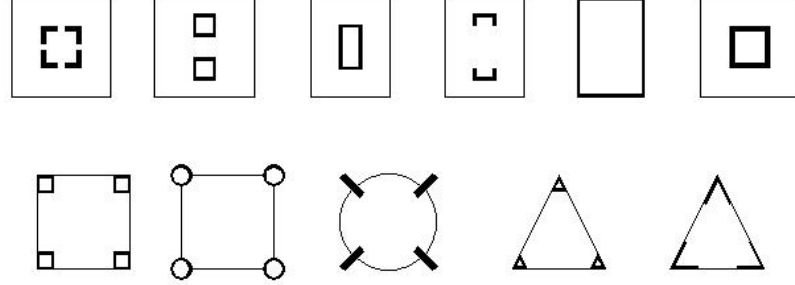
Perdeler ve çekirdekler, genelde, binalara rüzgar ve deprem nedeniyle etkiyen yatay yükleri karşılamak için tasarlanan düşey rijitlik elemanlarıdır. Bunlar dış ya da iç perdeler ve asansör ya da merdiven boşluklarını çevreleyen açık ya da kapalı çekirdekler biçiminde bulunabilmektedirler.



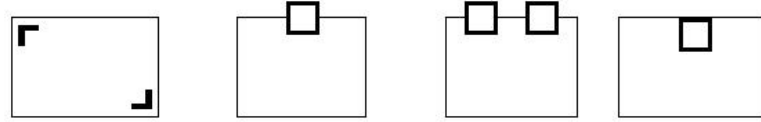
Şekil 3.23 Açık perde/çekirdek sistemleri

Açık perde/çekirdekler, bir doğrusal elemandan ya da bu tür elemanların birleşiminden, kapalı bir geometrik hacim oluşturmayacak biçimde yapılmaktadır

(Şekil 3.23). Bu tür açık perde/ çekirdekler L , X , V , Y , T , H biçiminde olabilirler.. Buna karşın, kapalı perde/çekirdekler bir geometrik uzay kapatmaları dolayısıyla küre, dikdörtgen ve dairesel formların kullanıldığı kapalı sistemlerdir.

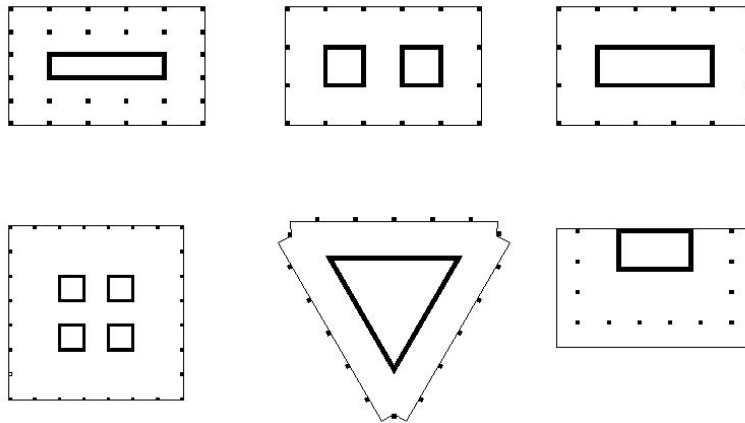


Şekil 3.24 Simetrik ve kapalı perde/çekirdek sistemleri



Şekil 3.25 Simetrik olmayan perde/çekirdek sistemleri

Perde ve çekirdekler bina içinde ya da dışında simetrik ya da simetrik olmayan biçimlerde düzenlenebilir (Şekil 3.24, 3.25). Ancak simetrik olmayan perde/çekirdek düzenlemeleri taşıyıcı sistemlerin yatay yükler etkisindeki davranışı üzerinde olumsuz etki yapmaları nedeniyle sakıncalı bulunmaktadır. Bina biçimine göre dışmerkez yerleştirilmiş bir çekirdek eğilme momenti ve kesme kuvveti etkisinin yanı sıra burulma momenti etkisini de karşılamalıdır. Bu açıdan optimum burulma dayanımı kapalı çekirdek sistemlerle elde edilmektedir[20] (Şekil 3.26).



Şekil 3.26 Binalarda taşıyıcı sistem ve çekirdek düzenlemeleri[20].

Bina taşıyıcı sistem düzenlemesinde önemli bir etken olan merdivenler de, iyi düzenlenmedikleri zaman taşıyıcı sistem içinde bir sorun olmaktadır. Kat döşemesinde boşluk yapma zorunluluğu, iki kat arasındaki rijit elemanlar, kat düzeyinde olmayan sahanlıkların taşınması taşıyıcı sistem tasarımında önemli özellikler olarak belirlemektedir. “Bu nedenlerle önce merdiven boşluğu çevresinin düzenlenmesi, merdiven taşıyıcı alt-sisteminin uygun oluşturulması ve bunların tüm taşıyıcı sisteme getirdiği rijitlik dolayısıyla rijitlik merkezine etkileri göz önüne alınıp, kolon ve perde türü elemanlarla dengelenmesi gerekmektedir[20].”

3.7.3 Depreme Dayanıklı Taşıyıcı Sistem Tasarımı

Depreme dayanıklı bina tasarımının ana ilkesi; “hafif şiddetteki depremlerde binalardaki yapısal ve yapısal olmayan sistem elemanlarının herhangi bir hasar görmemesi, orta şiddetteki depremlerde yapısal ve yapısal olmayan sistem elemanlarında oluşabilecek hasarın onarılabilecek düzeyde kalması, şiddetli depremlerde ise can kaybını önlemek amacı ile binaların kısmen ya da tamamen göçmesinin önlenmesidir[1]”.

Bina taşıyıcı sistemi deprem yüklerini bir bütün olarak taşır. Bu nedenle taşıyıcı sistemi oluşturan elemanların her birinde, deprem yüklerinin temel zeminine kadar sürekli bir şekilde ve güvenli olarak aktarılmasını sağlayacak yeterlikte *rijitlik*, *kararlılık* ve *dayanım* bulunmalıdır[20].

Sağlıklı bir taşıyıcı sistem tasarımı için binalarda,

- “Düzenli bir taşıyıcı sisteme olanak veren düzgün bir plan esas alınmalı, girinti, çıkıntılar sınırlı tutulmalı, bina uygun yerlerdeki derzlerle depremde olumsuz davranış göstermeyecek bloklara ayrılmalıdır.
- Katların birbirine göre yatay yer değiştirmeleri sınırlı tutulmalı, yeterli rijitlik sağlanmalıdır.
- Düşey eksen etrafında burulmayı önlemek amacıyla katlarda rijitlik ve ağırlık merkezleri elden geldiğince yakın olmalıdır.
- Binada taşıyıcı olmayan duvarlar da, kalınlıkları, taşıyıcı sisteme bağlanmaları, sistemin deprem davranışına etkileri açısından değerlendirilmelidir.
- Kat döşemesi levha (diyafram) etkisi yapabilmeli, döşemede büyük boşluklar bulunmamalıdır.

- Birbirini izleyen katlar arasında ani rijitlik, dayanım değişikliği olmamalı, zayıf, yumuşak katlar yaratılmamalıdır.
- Taşıyıcı sistemde bazı kolonların kısa kalması önlenmeli, bu durumun taşıyıcı olmayan duvarlarla meydana gelmemesine de dikkat edilmelidir.
- Taşıyıcı sistemin süneklik düzeyi yüksek olmalıdır.
- Yapı taşıyıcı sistemini oluşturan tüm kolon ve perdeler en az iki doğrultuda bağlanmalıdır.
- Taşıyıcı sistem bakımından düzensiz binaların yapımından kaçınılmalıdır.
- Konsol ya da kirişe oturan, temele kadar inmeyen kolonlar özellikle depremi düşey bileşeni altında tehlike kaynağı oluşturduğundan, yapının tüm düşey taşıyıcı elemanları zemine kadar inmeli ve temele oturmalıdır.
- Seçilen taşıyıcı sistem malzemesinin ve uygulama işçiliklerinin iyi kalitede olması sağlanmalıdır.
- Temel zemini, üst yapının önemine uygun olarak incelenmeli, yapı yerinin değiştirilmesi dahil, gerekli önlemler alınmalıdır[20].”

esaslarının göz önünde bulundurulması gerekmektedir.

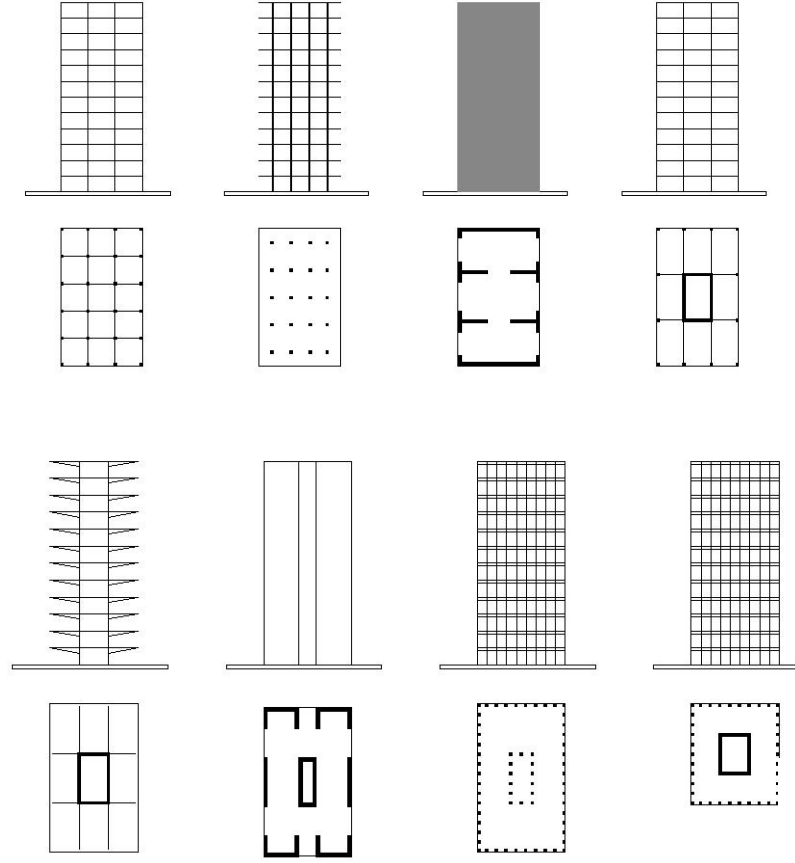
3.7.4 Yüksek Binalarda Taşıyıcı Sistem Tasarımı

Yüksek binalar zemin üstünden yüksekliği 30 ~ 40m.’den fazla olan binalardır ve depremden en az etkilenen bina gurubunda yer almaktadırlar[20]. Bunun nedeni bu binaların kat adetlerinin fazla olması nedeniyle deprem etkisinde yüksek periyotlu (periyodu 1’den büyük) salınım hareketi yapıyor olmalarıdır[12].

Yüksek binalarda kullanılan taşıyıcı sistem düzenlemeleri çerçeve sistemler, perdeli sistemler, çekirdek sistemler ve tüp sistemler olarak sınıflandırılabilir. Bu sistemlerin her biri belli bir yüksekliğe ve yükseklik/ genişlik oranına kadar tercih edilmektedir.

Buna göre ABD ‘de çerçeve sistemlerin 20 kat, perde sistemlerin 35 kat, çerçeve+perde sistemlerin 50 kat, çerçeve+tüp sistemlerin 55 kat ve iç içe tüp sistemlerin 65 kat yüksekliğe kadar kullanılabildiği gözlemlenmiştir (Şekil 3.27).

Daha önce de vurgulandığı gibi, yüksek binaların tasarımında da çekirdek yeri seçimi ve bunun taşıyıcı sistem ile ilişkisi, binaların depreme dayanıklılığı açısından en önemli noktalardan biridir. Ancak yüksek binalarda burulma etkisine yol açan bu tasarım düzensizliklerine, az katlı binalara oranla daha az rastlanmaktadır.



Şekil 3.27 Yüksek binalarda taşıyıcı sistem ve çekirdek konfigürasyonları [20].

3.8 SONUÇ

Mimari tasarım ve taşıyıcı sistem tasarımı her ne kadar farklı iki meslek gurubunun uzmanlık alanı gibi algılansa da, temelinde her iki tasarım süreci de birbirinden bağımsız olmayıp aynı amaca hizmet etmektedir. Ancak hem mimarın, hem de inşaat mühendisinin bir tasarımın sorumluluklarını paylaştıkları bu tasarım sürecinde, sonuç ürünün başarısı için ortak bir terminolojiye gereksinim duyulmaktadır. Yapının asıl tasarımcısı olarak, daha avan proje aşamasından başlamak üzere bu açığı kapatma görevi özellikle mimarın üzerine düşmektedir.

Bilindiği üzere insanları depremler değil depremde yıkılan binalar öldürmektedir. Bu bilinçle depremlerdeki can ve mal kaybının önüne geçebilmek için mimari tasarım ve strüktür tasarımı en başından itibaren dikkatle ve titizlikle yapılmalıdır. Öncelikli olarak mimarın yasa ve yönetmelikleri yeterince iyi bilmesi, burada yer alan hükümleri tasarımlarında doğru biçimde kullanması gerekmektedir. Mühendislik

hesapları ne kadar doğru yapılmış olursa olsun, özen gösterilmeden yapılmış uygun taşıyıcı sistem ve plan kurgusu tasarımları ile, can ve mal kayıplarının önüne geçmek mümkün olamamaktadır.

Bu bağlamda sorunların tespit edilmesi ve önüne geçilmesi bakımından geliştirilmiş uzman sistemlerden yardım almak doğru bir yaklaşım olacaktır.

4. BİNALARDA RİJİTLİK MERKEZİ AĞIRLIK MERKEZİ HESABI YAPAN BİR UZMAN SİSTEM

Taşıyıcı sistemde burulma momentinden meydana gelebilecek ek etkilerin azaltılması ve planda ağırlık merkezi -rijitlik merkezi noktalarının çakışmasını sağlamak için ön projelendirme döneminden başlayarak çaba harcanması gerekmektedir[10]. AutoCAD ara yüzüyle çalışan “Bina ağırlık merkezi- rijitlik merkezi ilişkisini” mimari tasarım aşamasında kuran bu uzman sistem, mimari tasarım sürecinin başında avan proje aşamasından başlayarak tüm kararın verildiği diğer aşamalarda mimara ve tasarıma yön vermek amacıyla geliştirilmiştir. Bilgisayar ortamında çizilmiş bir çizimin taşıyıcı sistem açısından değerlendirilmesini yapıp, kullanıcıya yön vermeyi amaçlamaktadır.

Bu çalışmada yer alan uzman sistemin kaynak kodunun yazılmasında, AutoCAD’ in arka planında çalışan ve LISP programlama dili temel alınarak AutoCAD için özel olarak geliştirilmiş AutoLISP programlama dili kullanılmıştır.

4.1 Yapay Zeka ve Uzman Sistem Tanımları

Uzman sistemler, yapay zeka çalışmalarının bir alt başlığı olarak 1950’li yıllarda geliştirilmeye başlanmıştır. Uzman sistemlerin çalışma mantığını anlayabilmek için yapay zeka kavramına da yakından bakmak gerekmektedir.

4.1.1 Yapay Zeka

Yapay zeka Barr ve Feigenbaum (1981) tarafından, davranışlardaki zekayla bağlantılı olarak insan karakteristiklerini ortaya koyan “dili anlama, öğrenme, sonuç çıkarma, problem çözme” ve benzeri konularda, akıllı bilgisayar sistemleri tasarımıyla uğraşan bir bilgisayar bilim dalı olarak tanımlanmaktadır[34]. İnsan davranışlarının bir simülasyonu olması dolayısıyla yapay zekanın, bilgisayar

bilimleri, psikoloji, felsefe, dilbilim ve mühendislik gibi diğer akademik disiplinlerle yakından ilgisi bulunmaktadır.

Yapay zekanın alt bileşenleri; Genetik Algoritmalar (GA: Genetics Algorithms), Robotlar (Robotics), Tavlama Benzetimi (Simulated Annealing), Uzman Sistemler (ES : Expert Systems), Bilgisayarlı Görme (Computer Vision), Konuşma Tanıma (Speech Recognition), Yapay Sinirsel Ağlar (ANN: Artificial Neural Networks) gibi alanlardan oluşmaktadır.

Yapay zeka ve alt bileşenleri günlük hayata dair bir çok alanda hızla yerleşmektedir. Ses komutlu televizyonlardan, bankalarda telefon ile işlem olanağı tanıyan sistemlere kadar, teknoloji platformunda oldukça geniş kullanım seçenekleri sunmaktadır.

Günümüzde özellikle yapay zeka araştırmalarının alt bileşenlerinden biri olan uzman sistemler, insanın yerini almaya en yakın aday sistemler olarak görülmektedir[32].

4.1.2 Uzman Sistemler

Uzman sistemler Turban tarafından, özel bir takım problemlerin çözümünde, uzmanların bilgisini ve karar verme sürecini taklit etmeyi amaçlayan danışman programlar olarak tanımlanmaktadır[32]. Bonnet ise uzman sistemi belirli bir alanda, o alanla ilgili çok geniş bir bilgiyi kapsayan bu alandaki insan-uzmanlardan bir veya birkaçı tarafından sağlanan ve problem çözmede bu uzmanların performansına ulaşan bir bilgisayar programı olarak tanımlamaktadır[35].

Uzman sistemler, yapay zeka teknolojisinin en fazla kullanılan uygulamalarından biridir. Bu yazılımları, bilgilerin bilgi tabanlarına depolanıp daha sonra problemlerle karşılaşıldığında bu bilgi tabanlarının üzerinde yapılan çıkarımlarla sonuçlara ulaşılması mantığıyla çalışmaktadır. Uzman sistemler özellikle organizasyonlar tarafından verimliliği arttırmak ve uzman bulmanın gittikçe zorlaştığı yerlerde kullanılmak üzere talep edilmektedirler. Uzman sistem uygulamaları kısmen zor olarak tanımlanan uzmanlık alanlarını kapsamaktadır. Bu bağlamda karşılaştırıldığında genellikle çok dar problem çözme alanlarında veya görevlerinde uzmanlaşma eğiliminde olan insan-uzmanların, çalışma süreçleri içinde ortak belli özellikleri ön plana çıkmaktadır. Bu özellikler,

- “Problemleri çabuk ve doğru olarak çözmeleri ve nasıl yaptıklarını açıklamaları,
- Kendi kararlarının güvenilirliğini sorgulamaları,
- Ne zaman işin içinden çıkamayacaklarını ve diğer uzmanlarla görüşmeleri gerektiğini bilmeleri,
- Geçmiş tecrübelerden ders alarak ve problemlere uygun olarak yöntemlerini değiştirmeleri [35]” olarak sıralanabilir. Bu özellikler uzman sistem tasarımlarında önemli veriler olarak kullanılmaktadır.

Temel kaynak olan bilgiye sahip uzman sayısı sınırlıdır. Bu yüzden bilginin elde edilmesi önem kazanmaktadır. Kitaplar bilginin tamamına sahip olmakla birlikte, bu bilgilerin uygulanması ancak okunmalarıyla mümkün olmaktadır. Böyle durumlarda uzman sistemler, uzman bir görüşe başvurma şansını doğrudan temin etmektedirler. Aynı zamanda uzmanın bilgisini bilgisayarda saklayarak bu bilgiden yararlanmak isteyen herkesin kullanımına sunmaktadırlar. uzman sistemlerin amacı, insan-uzmanın yerine geçmek değil, onun bilgisini daha yaygın kullanıma açmaktır. uzman sistemler, insan uzmanın olmadığı yerde, diğer insanların verimliliklerini ve kararlarının kalitesini arttırarak problemleri daha iyi çözmeyi amaçlamaktadır.

Bonnet’e göre bilimsel alandaki geçmiş tecrübeler uzmanların tüm bilgilerini kağıt üzerine aktarmadıklarını göstermektedir. Bunun sebebi insanın bilinç yapısında, akla hemen ve kendiliğinden gelmeyen bilgilerin tutulduğu bilinçaltı bilgi tabakaları bulunmasıdır. İnsan aklının çıkmaza düştüğü bu gibi durumlar karşısında uzman sistemler bu bilgi tabakalarına süratle ulaşmakta ve bunları alarak, dışlaştırılmış bilgi şeklinde sunmaktadır[35].

4.2 Uzman Sistemlerin Tarihçesi

Uzman sistemler, yapay zeka ile uğraşanlar tarafından 1950’li yıllardan itibaren geliştirilmeye başlanmıştır[33]. Bu dönemde araştırmacılar birkaç karşılaştırma kuralı ve güçlü bilgisayarlar ile insanüstü performans gösterecek bir uzmanı üretebileceklerine inanmaktadırlar. Bu alandaki çalışmalar genel amaçlı problem çözücü mantık teorisinden hareketle akıllı bilgisayar yaratmaya yönelik bir çabayı kapsamaktadır. Bu çaba uzman sistemlerin öncüsü sayılmaktadır[35].

Genel amaçlı programlardan özel amaçlı programlara geçiş 1960'ların ortalarından itibaren başlamıştır. Bu dönemin sonunda araştırmacılar, problem çözme mekanizmasının akıllı bir bilgisayar sisteminin küçük bir parçası olduğunun farkına varmışlar ve şu sonuçlara ulaşmışlardır:

- Genel amaçlı problem çözümler, yüksek performanslı uzman sistemleri kurmak için yeterli değildir.
- İnsan problem çözümler (insan-uzman) sadece çok dar bir alanda çalışırlarsa başarılı olmaktadır.
- Uzman sistemlerin yeni bilgiler geldikçe sürekli olarak yenilenmesi gerekir. Bu da kurala dayalı bir sistemin varlığıyla gerçekleşebilmektedir.

1970'li yıllarda pek çok uzman sistem geliştirilmiştir. Bu sistemlerde bilginin merkezi rolünün farkına varan yapay zeka araştırmacıları kapsamlı bir bilgi sunum teorisi üzerinde çalışmaya başlamışlardır. Fakat bu kapsamlı bilgi sunumunda genel amaçlı problem çözme çabalarında olduğu gibi ancak sınırlı başarılı bir sonuçla karşılaşmış ve uzman sistemin başarısının uzmanın sahip olduğu belirli bilgiden kaynaklandığı sonucuna varılmıştır. Uzman sistemler 1980'li yılların başından itibaren, akademik hayattan ticari hayata geçiş yapmış ve bu dönemde oldukça yoğun içerikli programlar uygulamaya konulmuştur[35].

4.3 Uzman Sistem Geliştirme Aşamaları

Uzman sistemlerin oluşturulmasında kullanılan bilgiler insan bilgisinden ve mümkün olan diğer verilerden elde edilir. Geçmiş deneyimler ve uzman bilgileri gibi tanımlı bilgiler kurallar şeklinde düzenlenerek daha sonra kullanılacağı ortama göre programlanmaktadır. Böylelikle uzman sistemler ortaya çıkmaktadır. Uzman sistemlerin oluşturulması sırasında temelde şu aşamalar bulunmaktadır:

- Tanımlama (çözümü aranan problemin tanımlanması)
- Kavramsallaştırma (çözüme ilişkin kural ve yöntemleri belirleme)
- Formüle Etme (kavramsallaştırılmış bilgiyi bilgisayar yazılımına dönüştürme)

- Test Etme (bilgisayar yazılımını alıştırma/ kullanma)
- Değerlendirme (sonuçları kontrol etme ve değerlendirme) [32]

Gerçek anlamda geliştirilen ilk uzman sistem olarak MYCIN (Dendral) yazılımı kabul edilmektedir. Bu uzman sistem, 1970 yılında Stanford niversitesi'nde Edward Feigenbaum başkanlığında bir grup uzman hekim tarafından geliştirilmiştir. Bakteriyolojik ve menenjitik hastalıkların teşhis ve tedavisine yönelik bir sistemdir.

Sistem girdi olarak şu bilgilerden yararlanmaktadır:

- Hastanın geçmiş bilgileri (Hasta kayıt dosyasından)
- Laboratuar Sonuçları
- Semptomların Sorgulanması

Bilgilerin değerlendirilmesi ile sonuç olarak;

- Teşhis koyma
- Reçete yazımı
- Tedavi süreçlerinin belirlenmesi

gibi işlemler sistemden çıktı olarak alınmaktadır.

MYCIN'e veri girme ve diğer işlemler sırasında, niçin ve nasıl soruları sistem tarafından cevaplanmakta, kullanıcı (doktor) ile etkileşimli olarak çalışmaktadır[32].

Karar vermek için gerekli akıllı mekanizma ihtiyaı, insan bilgi işleme kapasitesinin sınırlı olmasından kaynaklanmaktadır. Bu amaçla bir insanın uzmanlığına ihtiyaç duyulan tıbbi teşhis koyma, iç yönetimi kontrol sistemleri, bilgisayar konfigürasyonu yapma, veri paylaştırma, satranç, hava trafiği kontrolü, savunma, kumanda ve kontrolü gibi değişik alanlarda çok sayıda uzman sistem geliştirilmiştir.

Karar destek sistemleri de (decision support systems), karar vericilerin yarı-yapılanmış ve yapılanmamış veri ve modellerden yararlanmalarına yardım ederek, onları görevlerinde destekleyen bilgisayar tabanlı ve etkileşimli sistemlerdir [Meyer,1990]. Yapılanmış kararlar, kurallarla çok kolay bir şekilde yürütülebilmektedir. Yapılanmamış kararlarda ise, gerekli bilgi net ve belirli değildir[49].

Karar destek sistemi, verileri, modelleri, bir yazılım arabirimini ve kullanıcıları, etkili karar verme sisteminde birleştirmekte, sınırlı ve tanımlı alanlarda çoklu değişkene sahip, karmaşık bir problem içinden alternatif seçenekleri seçme işleminde karar vermeye yardımcı olmaktadır. Ancak bu sistemler karar vermenin yeterliliğini geliştirmekten çok, etkinliğini geliştirmeyi hedefler. Diğer taraftan karar vericilerin kendi özel koşul ve tercihlerini anlamalarında oldukça değerli yardımcılardır. Bununla birlikte yine de birçok uygulamaya karşın karar destek sistemlerinin uygulamadaki başarıları genelde düşüktür [Turban, 1988]. Karar destek sistemlerinin bu dezavantajlarını ortadan kaldırmak için, bu sistemleri bilgi tabanlı sistem teknolojisi ile bütünleştirme yoluna gidilmiş, işaret edilen bu eksiklikler, bütünleşik bir yapı içerisinde bilgi tabanlı sistemlerin kullanılmasıyla giderilmeye çalışılmıştır [49].

Bu iki yapının yani karar destek sistemi ve uzman sistemin birlikte çalışmaları kullanıcı ara yüzü tarafından sağlanmaktadır. Uzman sistem çalıştırıldığında, arayüz vasıtasıyla kullanıcıdan bazı parametre değerlerinin (değişkenlerin) girilmesi istenmektedir. Uzman sistemdeki parametre değerlerinin karşılıkları kullanıcı tarafından girilirken, karar destek sisteminden faydalanılmaktadır. Bu amaçla önce analitik modeller sistemin veri tabanındaki bilgileri kullanarak çalıştırılmakta, modellerden elde edilen kesin bilgiler doğrultusunda ve bu sonuçlara dayalı olarak uzman sistemin kullanıcıya sorduğu sorulara cevaplar verilerek uzman sistemden danışmanlık sağlanmaktadır. Uzman sistem tarafından kullanıcıya yöneltilen tüm sorular cevaplandıktan sonra, uzman sistem kullanıcıya bir öneride bulunmaktadır. Bu öneriler “uygundur” ya da “uygun değildir” şeklinde olmaktadır. Bu tez kapsamında geliştirilen uzman sistem de bu mantıksal yapıya sahip bir uzman sistemdir (Ek1).

4.4 Bir Bilgisayar Destekli Tasarım ve Çizim Programı Olarak AutoCAD

AutoCAD yazılımı, CAD alanında geliştirilen programlar içerisinde Türkiye ve dünyada en yaygın kullanılan yazılımlardan biridir.

4.4.1 AutoCAD Programı Hakkında

“AutoCAD, Autodesk firması tarafından üretilip geliştirilen, tasarım ve çizimlerin bilgisayar ortamında yapılmasını sağlayan ve halen 80 ülkede 17 dilde versiyonları bulunan bir Computer Aided Drafting and Design (*Bilgisayar Destekli Teknik Çizim ve Tasarım*) yazılım paketidir [48].

Genel amaçlı bir tasarım ve çizim programı olması dolayısıyla AutoCAD , kullanıcılara çok geniş çizim (drawing), tasarım(design) ve çıktı alma(drafting) seçenekleri sunmaktadır. Böylelikle herhangi bir disipline özgü komutlarla kullanıcıyı kısıtlamamaktadır. Kullanıcı, bu programın açık arayüz (interface) mimarisi ile çalıştığı tasarım ve çizim ekranını (arayüzünü) istenilen yönde özelleştirilebilmektedir. “AutoCAD mimar, mühendis, tasarımcı, grafiker, kısaca tasarım ve çizim ile ilgili her meslek gurubu tarafından rahatlıkla kullanılabilecek biçimde geliştirilmiştir. Bugün ülkemizde ve dünyada makine mühendisliğinden güzel sanatlara, mimarlıktan tıbbı, şehir planlamadan reklamcılığa, haritacılıktan elektroniğe, uzay araştırmalarından denizbilim araştırmalarına kadar her alanda AutoCAD'den temel tasarım ve çizim paketi olarak yararlanılmaktadır[48].”

4.4.2 Autocad'in Tarihçesi

İlk sürümü 1982 yılında çıkmış olan AutoCAD, bugüne kadar büyük gelişmeler göstermiş ve geliştirilen her yeni AutoCAD, yeni bir versiyon veya sürüm (release) numarası ile adlandırılarak satışa çıkmıştır. Türkiye'de 1985 yılından bugüne kadar satılmış olan AutoCAD versiyon ve sürümleri, 2.17, 2.18, 2.5, 2.6, Release 9, Release 10, Release 11, Release 12, Release 13, 1997 yılında Release 14, Release 2000 ve 2000i'dir. 2002 yılı itibariyle en son geline nokta, piyasalarda AutoCAD Release 2002 sürümü bulunmaktadır [48].

4.4.3 Autocad'in Sağladığı Kolaylıklar

AutoCAD'in Türkiye'de ve tüm dünyada yaygın olarak kullanılan bir yazılımdır. Bu kadar çok tercih edilmesinin sebebi, gerek 2, gerekse 3-boyutlu tasarım ve çizim için sağladığı olanaklar ve kullanım kolaylığıdır. AutoCAD, gerçek bir 2 ve 3-boyutlu (2D-3D) tasarım ve çizim yazılımıdır.

Ayrıca başka CAD programları ile çizilmiş çizimler, farklı bir uzantıya sahip olduğu halde (*.dwg, *.dxf, *.*) artık standartlaşan “import” özelliği sayesinde AutoCAD tarafından kolayca açılabilmekte, gerektiğinde üzerinde değişiklik yapılarak kendi uzantılarında saklanabilmektedir. Bu özelliği ile bu çalışma kapsamında oluşturulan uzman sistem, sadece AutoCAD kullanıcıları ile sınırlı kalmamakta, diğer CAD programları ile çalışan kullanıcılara da ulaşabilmektedir[31].

Ancak bu çalışmada, AutoCAD programının özellikle seçilme nedenlerinin başında kendine özgü bir veri tabanı tutuyor olması gelmektedir. Bu veri tabanı sayesinde AutoCAD, üzerinde çalışılan çizimde bulunan her varlık için (point, line, polyline, circle, rectangle. vb.) başlangıç noktasından bitiş noktasına, renginden çizilmiş olduğu katmana (layer) kadar çeşitli bilgileri saklayabilmektedir. Gerektiğinde bu varlıklarla ilgili verilere ulaşarak kullanıcının zaman kazanmasını sağlamaktadır. Örneğin, tasarımcı mühendislerin normal yöntemlerle hesaplamak için saatler, bazen günler harcayacağı bazen de hesaplayamayıp, sadece yakın değerler ile yetinecekleri, kütle atalet momenti (Mass moment of inertia), atalet yarıçapı (Radius of gyration) vb. tüm mekanik bilgileri anında görüntülemek bu veri tabanı sayesinde mümkün olmaktadır. Katı modeller ile çalışırken (solids), AutoCAD malzeme kütüphanesindeki malzemeleri kullanmanın yanı sıra, kullanıcının da yeni malzemeleri özellikleri ile birlikte bu kütüphaneye ekleyebilmesi mümkündür. Malzeme kütüphanesinde, malzemenin yoğunluğundan akma gerilimine, özgül ısısından ısı geçirgenlik katsayısına kadar mühendislik için gerekli tüm özelliklerini bulabilmek kullanıcılar için büyük avantajlar sağlamaktadır[31].

4.5 Bir Programlama Dili Olarak AutoLisp

4.5.1 AutoLISP Hakkında

AutoLISP, AutoCAD uygulamalarının daha etkin hale getirilmesinde kullanılan başlıca programlama dilidir. Yapay zeka alanında da kullanılan LISP dili bir “liste işleme” (list processing) dilidir. Bu dilin bir versiyonu olan AutoLISP ise özel olarak AutoCAD uygulamalarında kullanılmak üzere geliştirilmiştir[38].

4.5.2 LISP ve AutoLISP'in Tarihçesi

LISP, Yapay Zeka (Artificial Intelligence) araştırmaları kapsamında geliştirilmiş bir programlama dilidir. İlk olarak 1956 yılında John McCarthy tarafından bir Yapay Zeka araştırma projesi olan “Dartmouth Summer Research Project” çalışmaları sırasında temelleri atılmıştır[30].

1960'lı yılların başlarında LISP'in ilk kullanılan versiyonu *Lisp1.5*' tir. Daha sonraları “BBNLisp, Interlisp, MacLisp, NIL (New Implementation of Lisp), Franz Lisp, Scheme, Flavors, LOOPS (Lisp Object Oriented Programming System), SPICE-Lisp, and PSL (Portable Standard Lisp)” gibi farklı bilgisayarlar için farklı uygulamalar ve diller programlanmıştır. 1970'li yıllardan başlayarak, 80'lerin başlarına kadar özellikle LISP programlarını çalıştırmak amacıyla tasarlanmış “Lisp Machines” olarak bilinen özel bilgisayarlar geliştirilmiştir[30].

1981 yılında pek çok LISP programcısı bir araya gelmiş ve çeşitli LISP dillerindeki ortak ihtiyaçları belirleyerek Common LISP'i geliştirmişlerdir. 1984 yılı itibariyle de bu dil standart LISP dili olarak kabul edilmiştir. Daha sonraları IBM PC için Common LISP dilinden Golden Common LISP, ve David Betz tarafından XLISP dilleri geliştirilerek AutoLISP'in temelini oluşturan bugünkü temel LISP dili meydana gelmiştir.

AutoLISP, XLISP programlama dilinin bir alt dili olduğu halde, bazı açılardan bu dilin üzerinde yer almaktadır. AutoLISP, XLISP'ten farklıdır çünkü XLISP'te yer alan tüm fonksiyonları içermemektedir. Ancak aynı zamanda XLISP'in üzerinde bir kapasitesi vardır, çünkü XLISP'te olmayan pek çok fonksiyona sahiptir. Bu ek fonksiyonlar, AutoLISP'in AutoCAD çizimine ait veri tabanıyla ve AutoCAD komutlarıyla eş zamanlı çalışma imkanı sağlamaktadır. AutoLISP, AutoCAD'in R2.18 sürümünden (Ocak, 1986) beri AutoCAD paket programı içinde standart olarak yer almaktadır. AutoCAD'in geliştirilen her yeni sürümünde, AutoLISP de, yeni gelişmelere paralel olarak değişime uğramaktadır[30].

4.5.3 Autolisp'in Sağladığı Kolaylıklar

AutoLISP, AutoCAD için geliştirilmiş ve AutoCAD içinde çalışan özel bir dildir. Bu nedenle AutoCAD ortamında çalışan bir kullanıcıya diğer programlama dillerine

oranla daha iyi cevap verebilmektedir. Gerek AutoCAD'in kendi iç komutlarıyla (line, distance, hatch, extrude...vb) gerekse diğer programlama dilleriyle (Visual LISP, Visual Basic, C++... vb.) bağlantısını sağladığı bazı özel dış komutlarla esnek bir programcılık anlayışı sunmaktadır. Özellikle nesne yönelimli programlama dillerine göre 2D ve 3D geometrilerle daha rahat çalışılabilmekte, kendine özgü tutulan veri tabanı sayesinde, AutoCAD çizimi üzerinde yer alan her bir çizginin veya geometrinin AutoLISP dili yardımıyla birçok özelliğine bu veri tabanından ulaşılabilmekte, gerektiğinde bunlar üzerinde değişiklik yapılabilir.

Tüm bu özellikleri ile AutoLISP, AutoCAD kullanıcıları için zaman kazanmayı ve kullanıcının AutoCAD programını kendi amaçları doğrultusunda geliştirebilmesini mümkün kılmaktadır. AutoLISP ile ilgili özellikler şu maddelerle özetlenebilir:

- “AutoLISP gelişmiş hesaplar yapabilmektedir.
- AutoLISP kullanıcı ile etkileşim halinde bilgi girişi gerektiğinde programı geçici olarak durdurma (pause) özelliğine sahiptir.
- AutoLISP var olan bir çizime yeni varlıklar ekleyebilir veya en baştan kendi çizim yapabilir.
- AutoLISP çizim veri tabanı ile irtibat halindedir. Bu veri tabanından bilgi alma veya oradaki bilgiyi değiştirme özelliğine sahiptir.
- AutoLISP bir dosya yaratabilir, onu okuyabilir, güncelleyebilir ya da silebilir.
- AutoLISP AutoCAD dışındaki programları da çalıştırabilir.
- AutoLISP AutoCAD'i çalıştıran herhangi bir platformda veya işletim sisteminde çalışabilir. AutoLISP programlarının diğer platformlarda derlenmesi gerekmez.
- AutoLISP kullanılması en kolay dillerden biridir.
- AutoLISP herhangi bir text editöründe yazılabilir.
- AutoLISP komutları AutoCAD command satırında çalıştırılabilir.
- AutoLISP program modülleri ayrı yazılabilir ve ayrı çalıştırılabilir.
- AutoLISP pratik hata mesajları ile kullanıcının sorunun nerede olduğunu anlamasını sağlar.
- AutoLISP programları pek çok kaynaktan elde edilebilir [30]”.

4.6 Tasarım Sürecinin Başında Ön Proje Aşamasında Bir Uzman Sistem Desteği ve Yararı

3. Bölümde yer alan “Mimari Tasarım Süreci’nde” de değinildiği üzere, çok sık karşılaşılan bir yöntem olmasa da, mimar, tasarımını büyük ölçüde tamamlayıp statik hesaplarını yapmak üzere mühendise götürdüğü zaman ister istemez hesapta olmayan bazı değişiklikler gündeme gelebilmektedir. Bu bağlamda, projenin ek kolonlar ve perdeler ile desteklenmesi, ya da bazı taşıyıcı sistem elemanlarının boyutlarında değişiklikler yapılması gibi zorunluluklar ortaya çıkabilmektedir.

Taşıyıcı sistemde değişiklik yapmayı gerektiren zorunluluklardan biri de hesapta olmayan “ağırlık merkezi –rijitlik merkezi” noktalarının birbirine olması gerekenden daha uzak olması durumunda ortaya çıkmaktadır. Eğer mimari plan karmaşıksa, çok fazla girinti çıkıntı ve düşünülmeden yerleştirilmiş perde-kolon sistemi varsa bu iki merkez noktasının tahmini yeri gözle belirlenemeyebilir. 2. Bölümde Ağırlık Merkezi- Rijitlik Merkezi Hesabı başlığı altında da belirtildiği üzere, bu noktaların yerinin belirlenmesi ciddi matematiksel hesaplar gerektirmektedir. Uygulama aşamasında donatılar ne kadar doğru yerleştirilmiş olursa olsun, bu iki merkez ilişkisinden doğabilecek burulma momentleri, binanın zarar görmeyeceği bir depremde bile hasara yol açabilmektedir.

Taşıyıcı sisteme ilişkin birtakım düzeltme gereksinimleri kaçınılmaz olmakla birlikte, mimari tasarım için seçilen bu taşıyıcı sistemin uygun olup olmadığı tasarım sürecinin hemen başında, küçük yazılımlar ile kontrol edilebilmektedir. Böylelikle, bu kontrol işlemi sonucunda elde edilen veriler ile taşıyıcı sistemin iyileştirilmesine gidilerek, sonradan meydana gelecek olumsuzlukların önüne geçmek mümkün olabilmektedir.

4.7 SONUÇ

Bu tez çalışması kapsamında oluşturulan Uzman Sistem yardımıyla, herhangi bir CAD programı kullanılarak elde edilmiş bir çizimin AutoCAD programı içinde açılması suretiyle taşıyıcı sistemi ile ilgili ağırlık merkezi ve rijitlik merkezine ilişkin bilgilere ulaşmak ve bu bilgiler doğrultusunda gerekli değişikliklerin yapılması mümkün olmaktadır. Kullanıcıya eş zamanlı olarak çizim üzerinde tekrar tekrar

değişiklikler yapabilme ve kontrol edilebilme olanağı sunmaktadır. Bu sayede bir mimari proje tasarımı tamamlandığında, bu tasarıma ait taşıyıcı sistem tasarımı da yönetmelikler ve mühendislik bilgisi dahilinde doğruya en yakın şekilde ortaya konabilmektedir.

5. UYGULAMA ÖRNEKLERİ

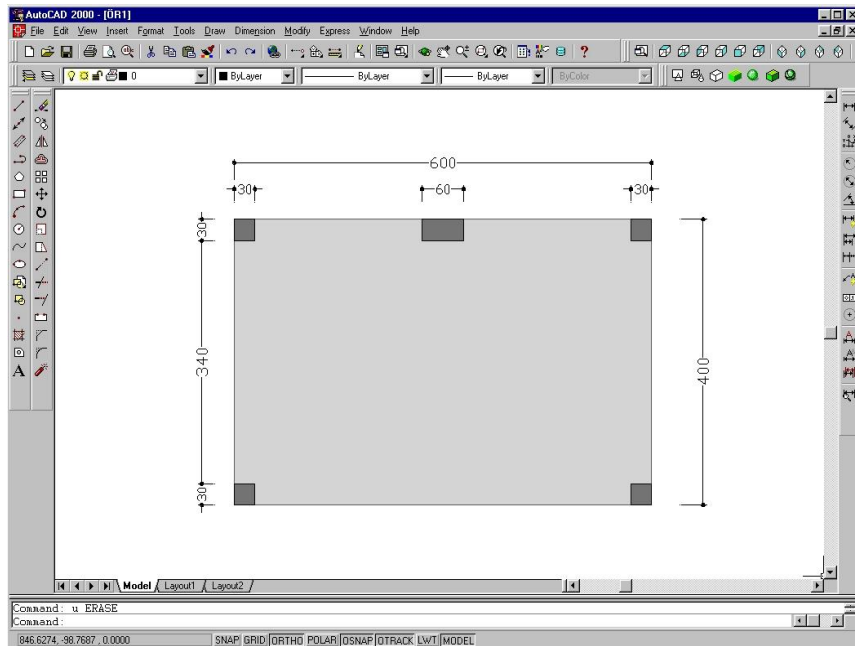
5.1 Uygulama Örnekleri

Burada programın çalışma prensibinin daha iyi anlaşılması için çeşitli örneklere yer verilmiştir.

5.1.1 Basit Planlar Üzerinde

Örnek1:

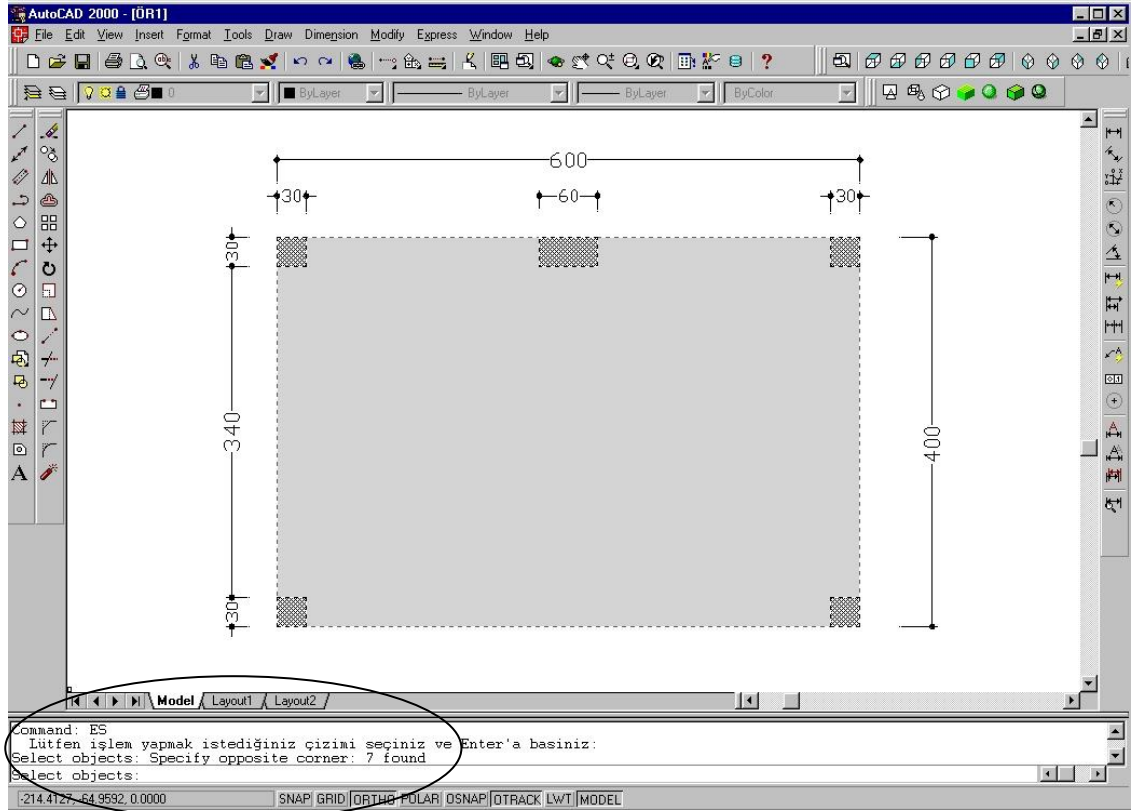
Burada yer alan örnekte 600x400cm boyutlarında plan şemasına sahip bir tasarım ve taşıyıcı sistemini oluşturan 5 adet kolon bulunmaktadır (Şekil5.1). Bu kolonların 4 tanesi 30x30cm boyutlarında seçilmiş ve köşelere yerleştirilmiş, 1 tanesi de sistemin rijitliğini bozacak şekilde 60x30cm boyutlarında seçilerek uzun kenarın ortasında yer almıştır.



Şekil 5.1 AutoCAD ara yüzünde hazırlanmış basit bir tasarım

Program çalıştırıldığında, ilk olarak ekrandaki çizimi orijinal çizime bir zarar gelmemesi için yeni bir isimle kaydetmektedir. Sonra, çizim ortamında farklı kat planı çizimleri yer almaktaysa, kullanıcıdan çalışacağı kat planını seçmesini istemekte ve buradaki varlıkları (entity) bir seçim takımı (grup) olarak yeni bir isimle veri tabanına kaydetmektedir (Şekil5.2). Gerekirse sonradan bu seçim takımı veri tabanından ismiyle çağrılabilmekte ve burada yer alan tüm varlıklar üzerinde değişiklik yapılabilir.

Seçim takımı oluşturulduktan sonra program seçim takımındaki tüm varlıkları birer “region” yapmakta, böylelikle ilk başta tel çerçeve (wire frame) şeklindeki içi boş plan düzlemi ve kolonlar, içi dolu kesitlere dönüştürülmektedir.



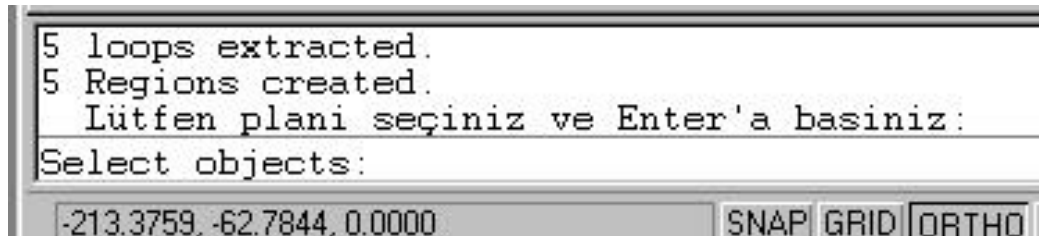
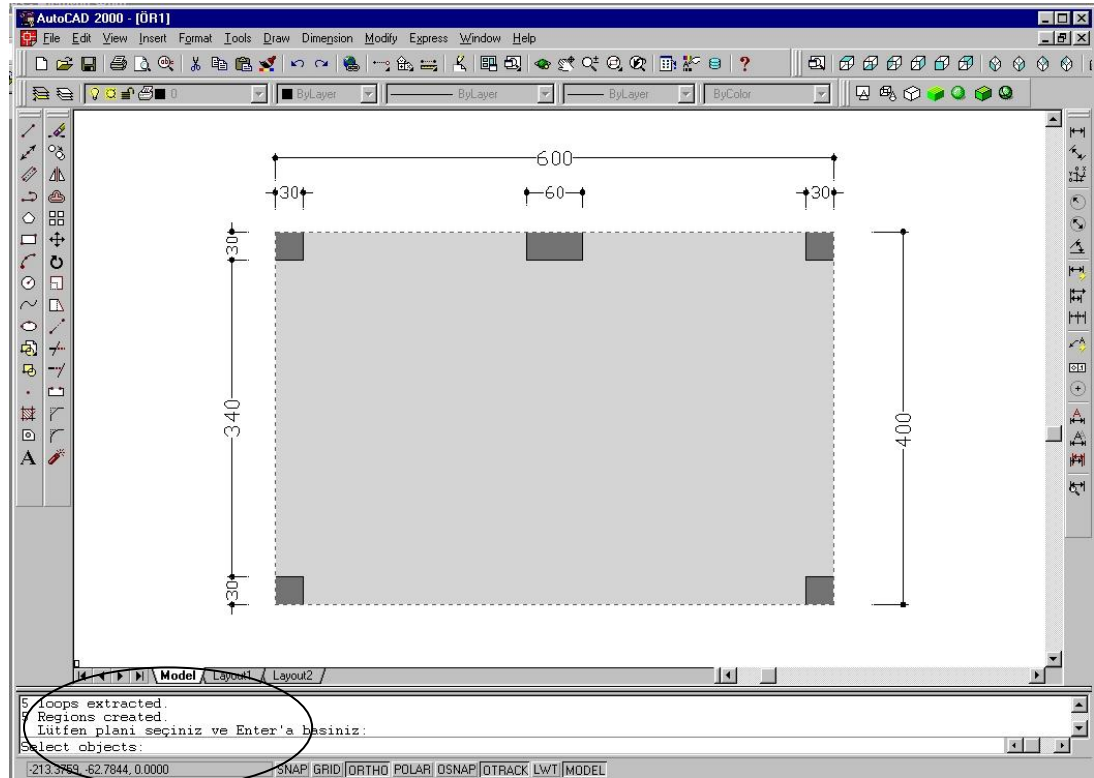
```
Command: ES
  Lütfen işlem yapmak istediğiniz çizimi seçiniz ve Enter'a basınız:
Select objects: Specify opposite corner: 7 found
Select objects:
-214.4127, -64.9592, 0.0000  SNAP GRID ORTHO POLAR OSNAP OTRACK LWT MODEL
```

Şekil 5.2 Üzerinde çalışılacak çizimin (kat döşemesi + taşıyıcı elemanlar) seçilmesi

Kullanıcı programın çalışması ile birlikte çizim ekranında hangi kat planı üzerinde çalışacağını belirledikten sonra, kendisine AutoCAD komut satırında program tarafından yeni bir soru sorulmaktadır:

“Lütfen planı seçiniz ve Enter’a basınız.” (Şekil 5.3).

Bu komut ile kullanıcıdan, seçim takımı içinde hangi çizgilerle kat döşemesini temsil ettiğini belirlemesi istenmektedir. Böylelikle planın geometrik (alan, çevre vb.) ve kütsel özelliklerine (merkezi, atalet momenti vb.) ulaşılabilir.



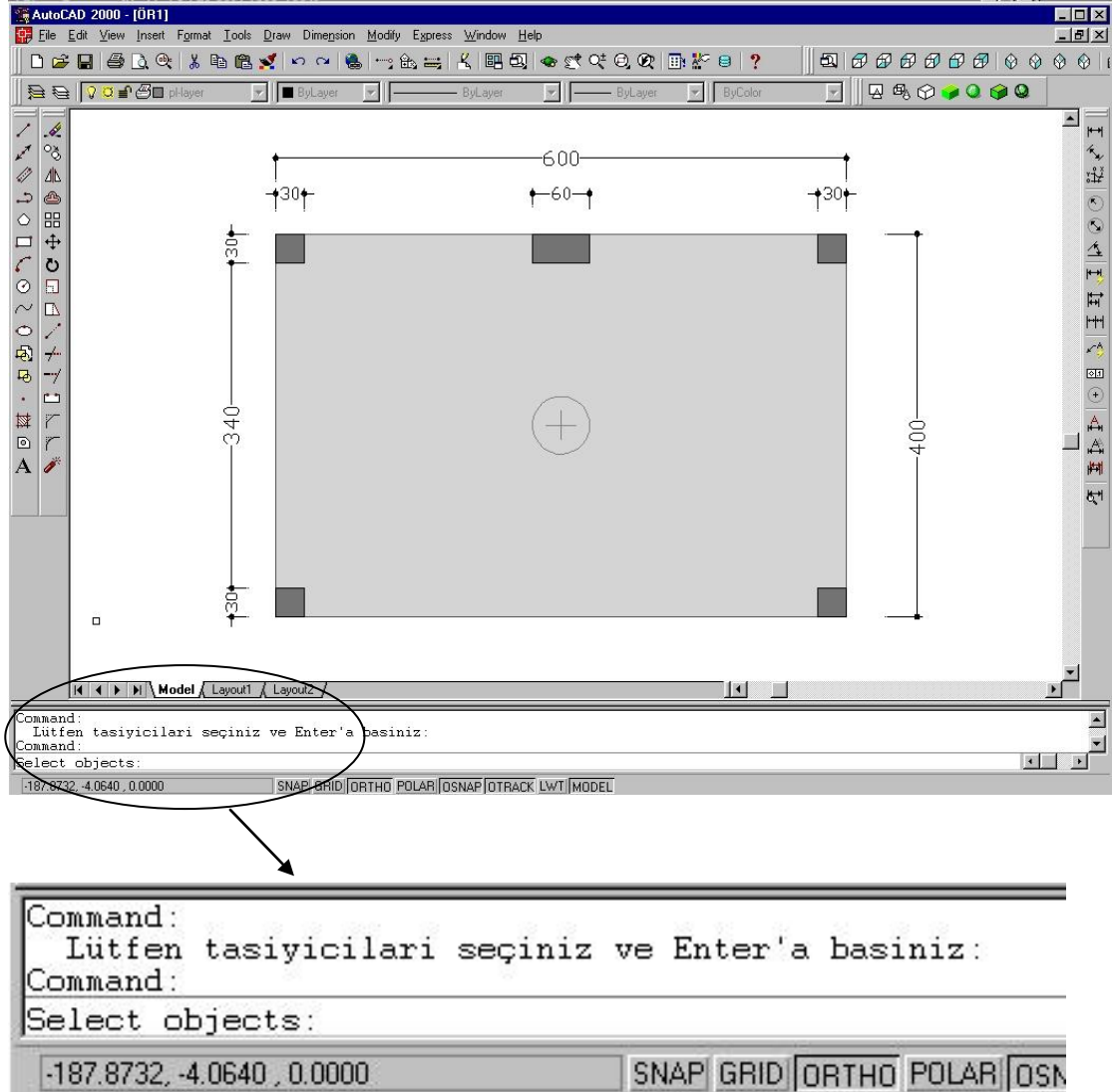
Şekil 5.3 Kullanıcı tarafından planın (kat döşemesinin) seçilmesi

Kullanıcı planı seçtikten sonra programın gerisinde bazı matematiksel işlemler ve komutlar yardımı ile planın geometrik merkezi yani ağırlık merkezi hesaplanmaktadır. Daha sonra “pl-layer” katmanında bu noktaya (centroid) bir işaret

konmaktadır. Böylelikle planın ağırlık merkezinin kullanıcı tarafından fark edilmesi sağlanmaktadır (Şekil 5.4).

Planın ağırlık merkezi hesaplandıktan sonra kullanıcıya yeni bir soru sorulmaktadır:

“Lütfen taşıyıcıları seçiniz ve Enter’a basınız.” (Şekil 5.4).

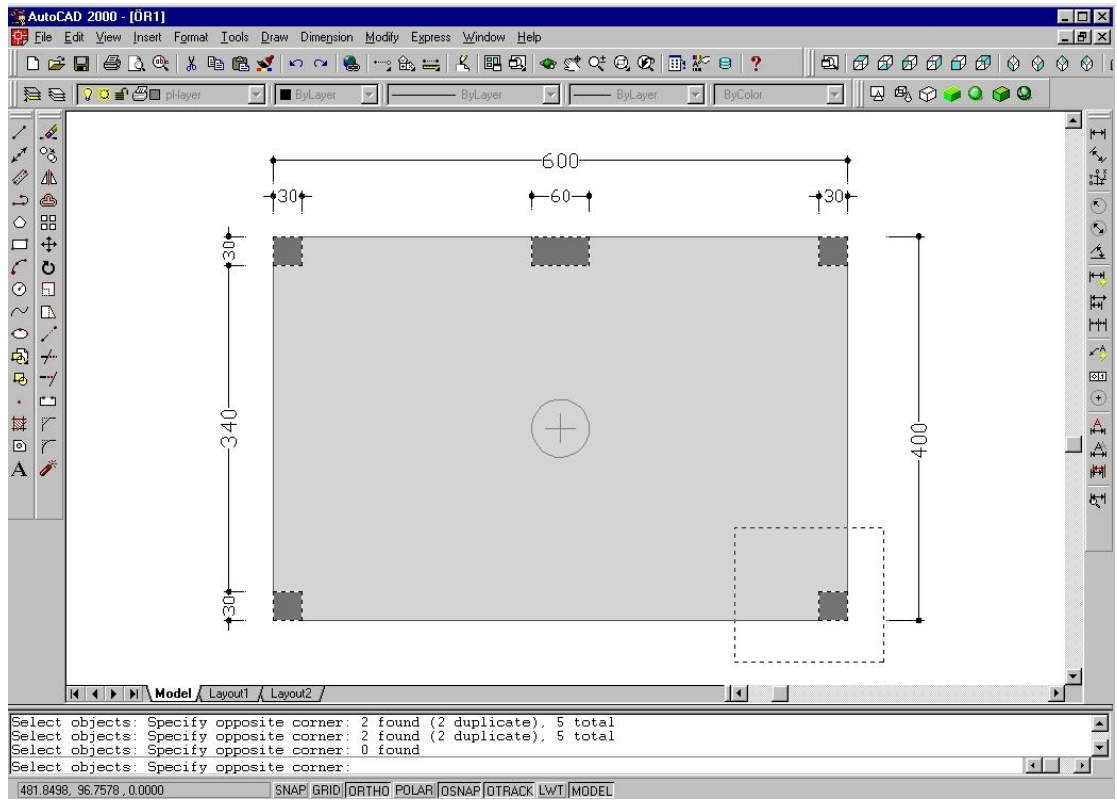


Şekil 5.4 Ağırlık merkezinin işaretlenmesi ve taşıyıcı sistem seçiminin istenmesi

Şimdi sıra taşıyıcı elemanları belirlemeye gelmiştir. Kullanıcı benzer şekilde planı seçtiği gibi, tasarımdaki taşıyıcı elemanları programa tanıtmalıdır (Şekil 5.5). Kullanıcı tarafından taşıyıcılar belirlendikten sonra AutoCAD tarafından program kodunda her bir taşıyıcı elemanın atalet momenti ve ağırlık merkezi ayrı ayrı hesaplanmakta daha sonra taşıyıcı sisteme ilişkin toplam atalet momenti elde

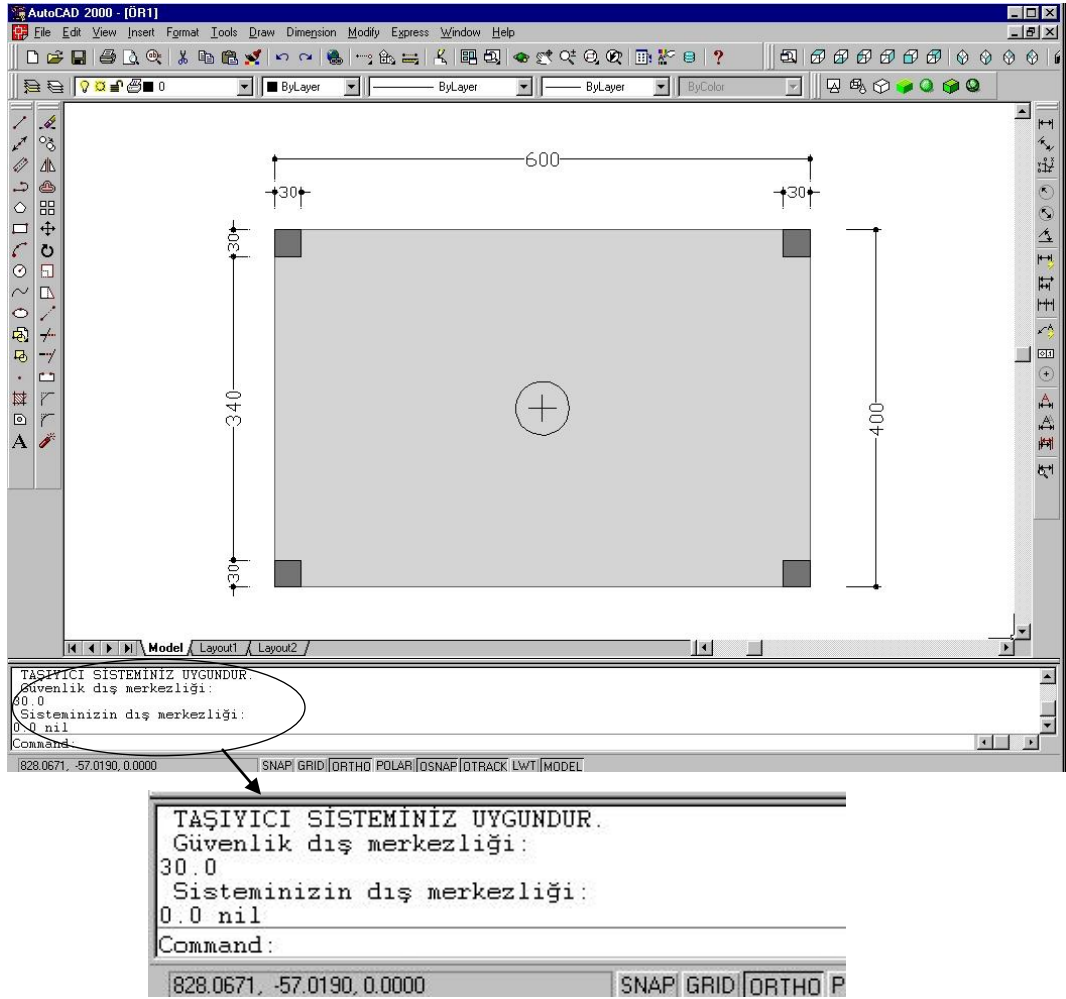
edilmektedir. Bulunan bu değerler ile taşıyıcı sistemin rijitlik merkezi hesaplanmakta ve ağırlık merkezine yapıldığı gibi bu noktaya da bir işaret konmaktadır (Şekil 5.6).

Rijitlik merkezi işaretlendikten sonra rijitlik merkezi ve ağırlık merkezi noktaları Türkiye Deprem Yönetmeliğinde belirlenen esaslara göre karşılaştırılmakta, sonuçta taşıyıcı sistemin uygun seçilmesi ve düzenlenmesi ile ilgili kullanıcıya yön verilmektedir. Eğer taşıyıcı sistem program tarafında uygun bulunmuşsa kullanıcı tasarımına devam etmekte, uygun bulunmadıysa program tarafından uygun bulunana kadar üzerinde çalışmaya devam etmektedir.



Şekil 5.5 Kullanıcı tarafından taşıyıcıların seçilmesi

Sonuçta taşıyıcı sistem uzman sistem tarafından uygun bulunmamıştır. Taşıyıcı sistemde bir değişiklik yapılması gerekmektedir. Bu değişiklik temelde 3 şekilde yapılabilir. Birincisi sisteme yeni kolon ya da perde eklemek; ikincisi mevcut taşıyıcıların kesit alanlarını büyötmek/küçöltmek ve son olarak gereksiz taşıyıcıların sistemden kaldırılması. Burada üçüncü seçenek tercih edilmiş ve bu nedenle rijitliği bozan 5. kolon (60x30cm) çizimden kaldırılmış ve program yeniden çalıştırılmıştır.



Şekil 5.8 Rm-Gm noktaları üst üste gelmiş ve taşıyıcı sistem uygun bulunmuştur.

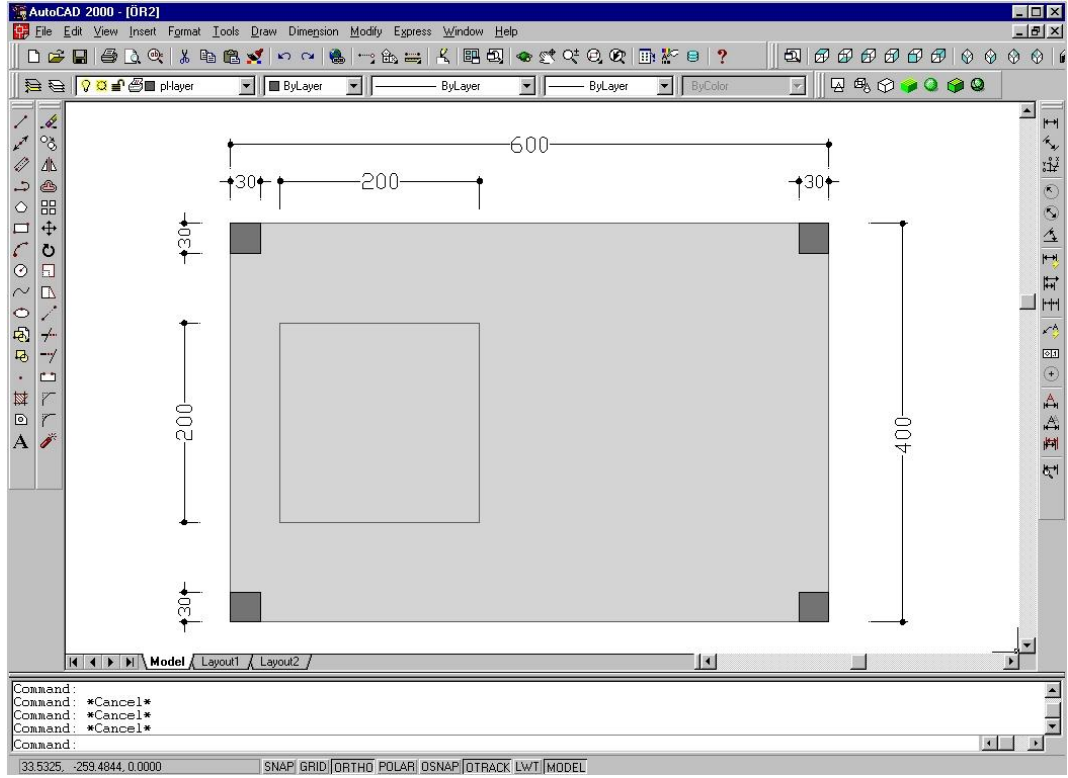
Örnek2:

Şekil 5.9’da yer alan ikinci örnekte bir önceki örnekteki çizime 200x200cm. boyutlarında bir döşeme boşluğu eklenmiştir.

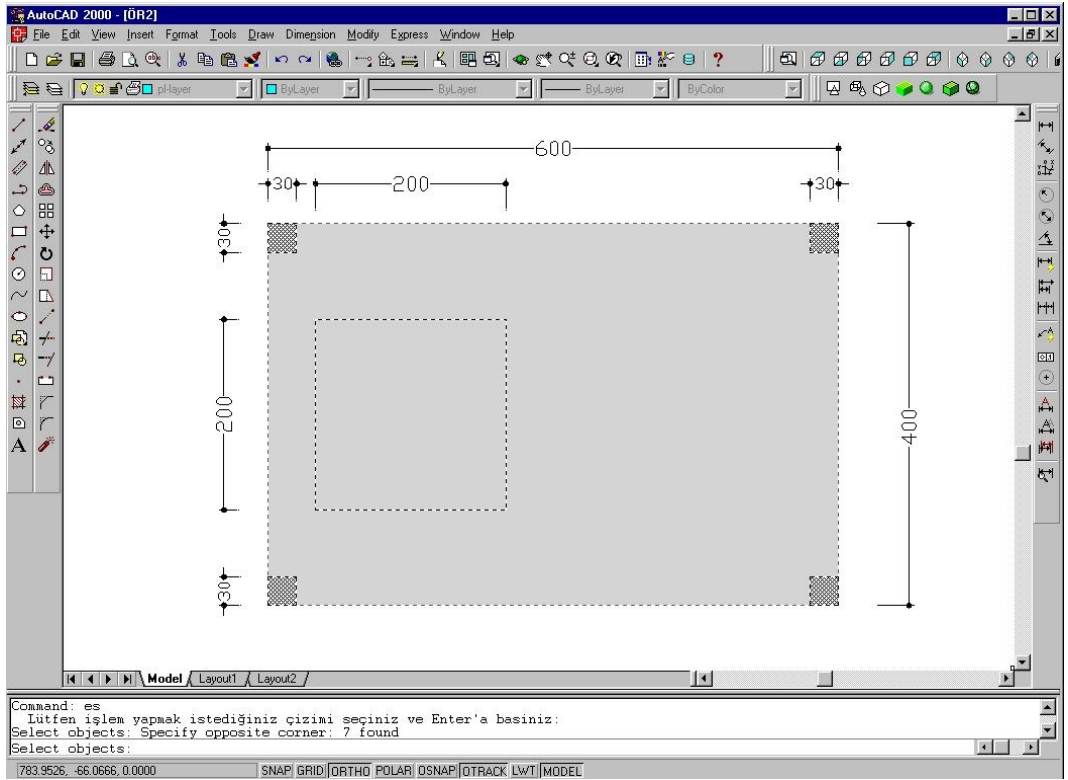
Bir kat planında çoğunlukla döşeme boşlukları da bulunur. Bunlar merdiven, asansör, galeri gibi kat döşemesinde süreksizlik yaratan negatif alanlardır. Dolayısıyla planın ağırlık merkezine de etki ederler (Şekil 5.10, 5.11).

Bir önceki örnekte farklı olarak, komut satırında kullanıcıya bir soru daha sorulmakta ve merdiven, asansör gibi çekirdek boşlukları ile mekanı zenginleştirmek amaçlı tasarlanmış galeri gibi diğer boşlukları seçmesi istenmektedir:

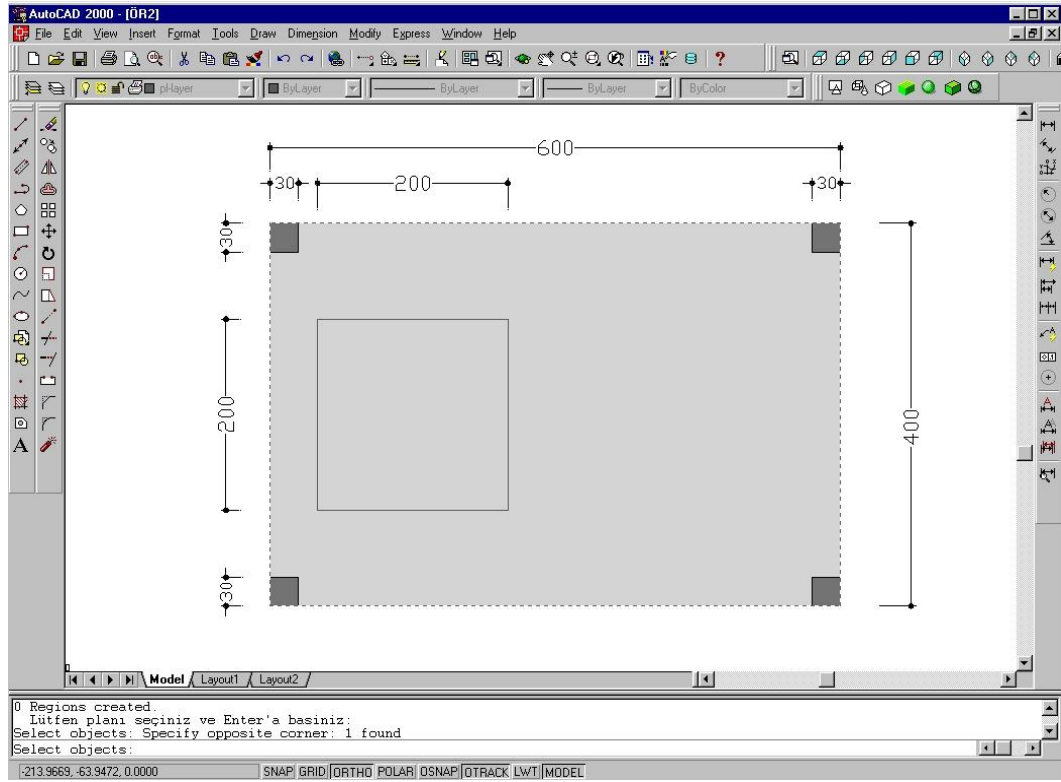
“ Lütfen varsa döşeme boşluklarını seçiniz ve Enter’a basınız: ” (Şekil 5.12).



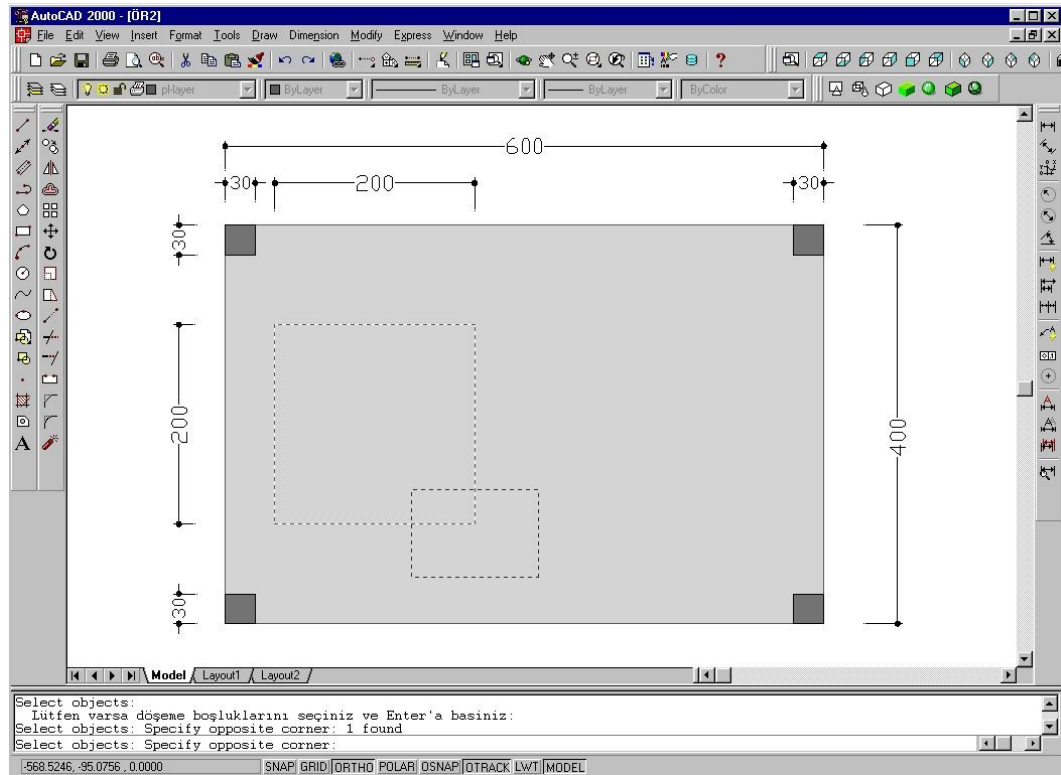
Şekil 5.9 Boşluklu bir döşeme kat planı



Şekil 5.10 Üzerinde çalışılacak çizimin seçilmesi

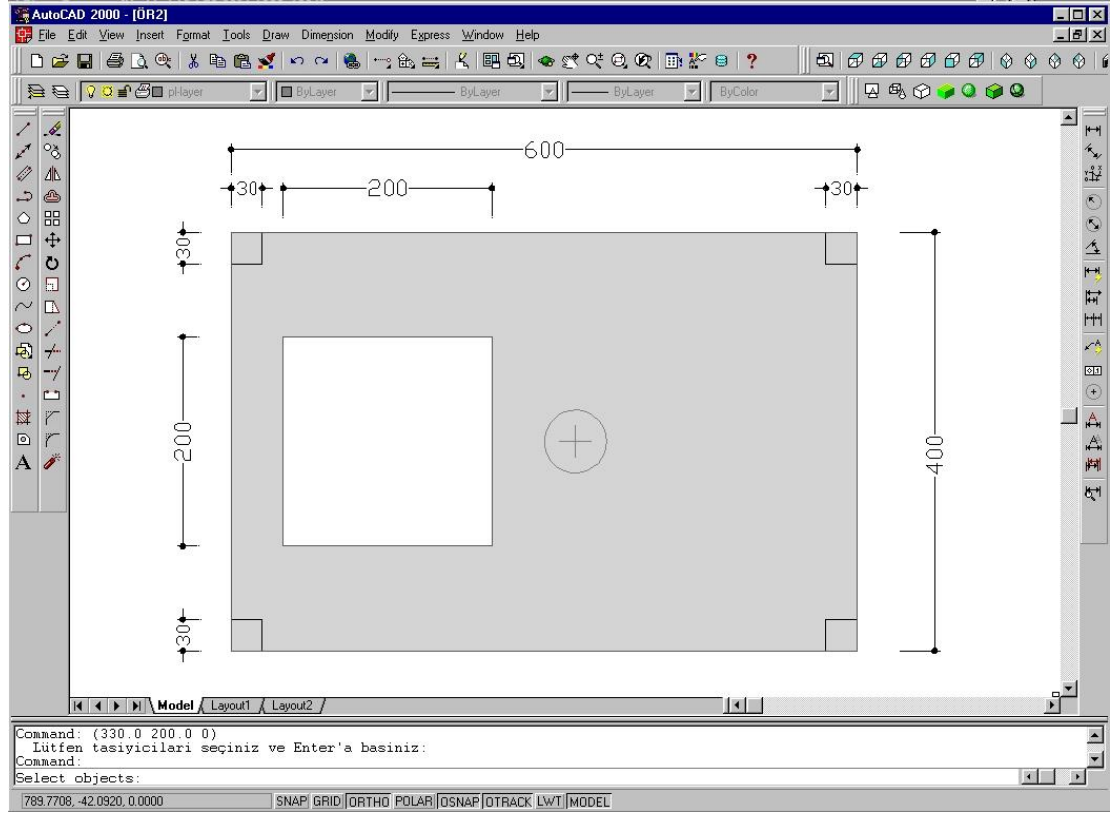


Şekil 5.11 Kat planının seçilmesi



Şekil 5.12 Döşeme boşluklarının seçilmesi

Kullanıcı döşeme boşluklarını seçtikten sonra kat döşemesinden bu boşluklara ait alanlar “subtract” komutu ile çıkarılır. Yeni kat döşemesi elde edilmiş olur. Bu kat döşemesinde önceki örnekten farklı olarak alan (area) , geometrik merkez (centroid) ve atalet momenti (moment of inertia) gibi kütleyle ilişkin özellikler tamamen farklıdır.



Şekil 5.13 Yeni kat döşemesinin ağırlık merkezi (330,200) noktası.

Boşluklara ait alanlar kat döşemesi planından çıkarıldıktan sonra, yeni plana ilişkin ağırlık merkezi hesaplanır ve buraya bir işaret konur (Şekil 5.13). Döşeme boşlukları olmasaydı, planın bir kare olması dolayısıyla (300,200) noktasının işaretlenmesi gerekirdi. Ancak Şekil 5.14'te ağırlık merkezinin boşluğun bulunduğu alanın aksi doğrultusunda uzaklaştığı görülmektedir.

Bu büyüklükte bir boşluk için yeni ağırlık merkezi her ne kadar fazla uzaklaşmamış görünse de şematik olarak Şekil 5.14 yardımıyla yapılacak bir hesap ile bu yeni noktanın yerini doğrulamak mümkün olacaktır.

Ağırlık merkezi yerinin hesaplanması:

Planın ağırlık merkezi(G_{plan}) : (300,200)

Boşluğun ağırlık merkezi($G_{boşluk}$) : (150,200)

Planın alanı (A_{plan}): $600 \times 400 = 240,000$

Boşluğun alanı ($A_{boşluk}$): $200 \times 200 = 40,000$

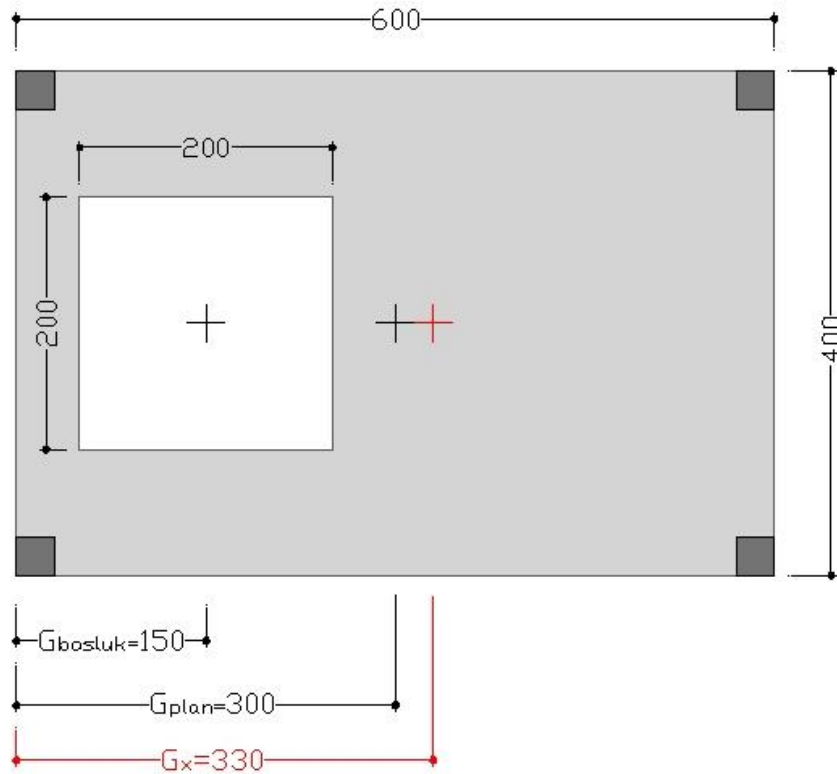
Yeni kat döşemesi ağırlık merkezinin x koordinatı : G_x ve,

Yeni kat döşemesi alanı($A_{plan} - A_{boşluk}$): $240,000 - 40,000 = 200,000$ olacak şekilde,

0,0 noktasına göre moment alınır ve bir eşitlik yazılırsa;

$$(A_{plan} \times G_{plan}) - (A_{boşluk} \times G_{boşluk}) = ((A_{plan} - A_{boşluk}) \times G_x)$$

denklemini elde edilir.



Şekil 5.14 Ağırlık merkezi yerinin elle hesaplanması

Buradan değerler yerine konursa,

$$(240,000 \times 300) - (40,000 \times 150) = (200,000 \times G_x)$$

$$72,000,000 - 6,000,000 = 200,000 G_x \text{ 'den}$$

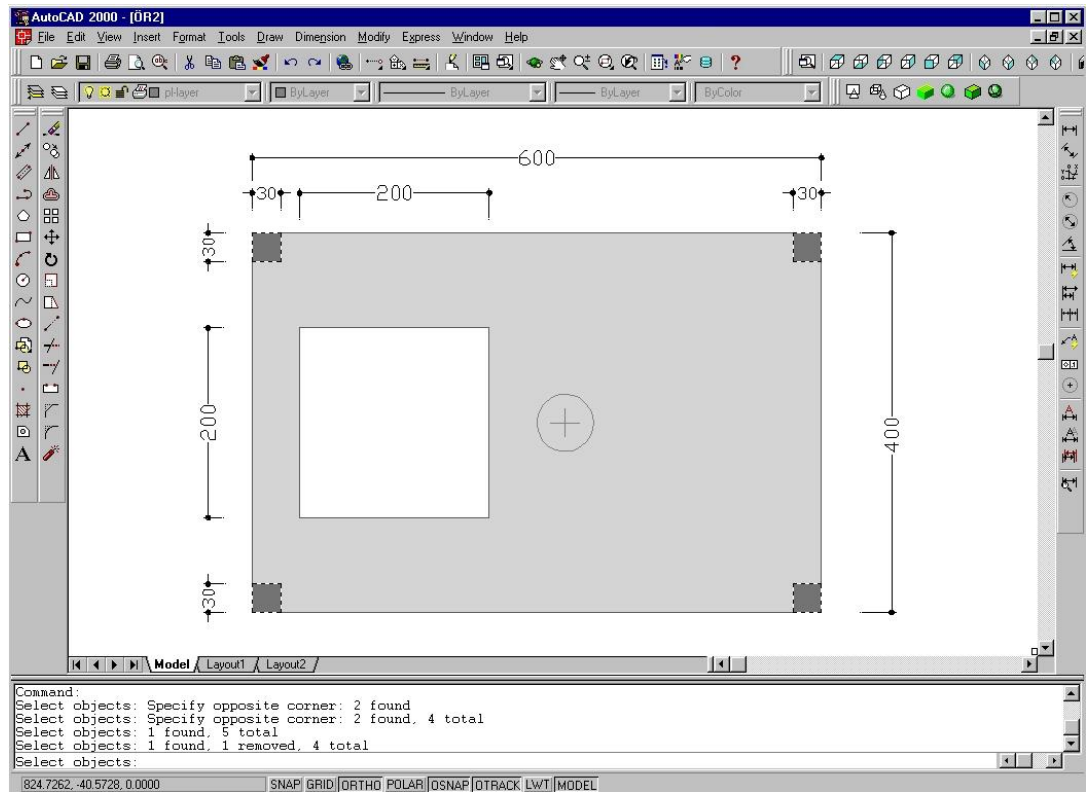
$$66,000,000 = 200,000 G_x$$

$$G_x = 330.00 \text{ olarak,}$$

boşluğun yeri diğer yönde simetrik olduğundan y koordinatı;

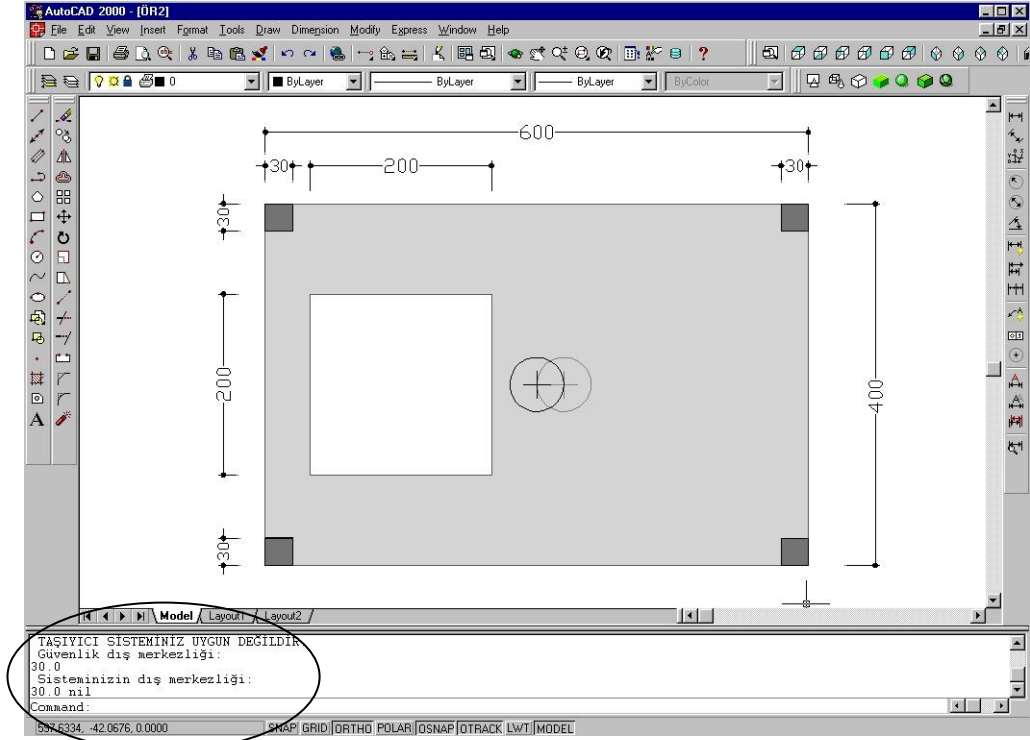
$$G_y = 200.00$$

olarak bulunur. Bu değer döşemedeki boşluk nedeniyle ağırlık merkezi sağa doğru 30 birimlik bir öteleme yaratmaktadır.



Şekil 5.15 Taşıyıcı elemanların seçilmesi

Ağırlık merkezi hesaplandıktan sonra, önceki örnekte olduğu gibi sıra taşıyıcıları seçmekte ve rijitlik merkezini bulmaktadır. Benzer şekilde “*Lütfen taşıyıcıları seçiniz ve Enter’a basınız.*” sorusu ekrana gelmekte ve kullanıcının bir seçim yapması istenmektedir. Program mevcut taşıyıcı sistem elemanlarına göre bazı hesaplar yapmakta ve rijitlik merkezini işaretlemektedir.(Şekil 5.15)



```
TAŞIYICI SİSTEMİNİZ UYGUN DEĞİLDİR.  
Güvenlik dış merkezliği:  
30.0  
Sisteminizin dış merkezliği:  
30.0 nil  
Command:  
597.6334, -42.0676, 0.0000 SNAP GRID ORT
```

Şekil 5.16 Boşluklu döşemede ağırlık merkezi ve rijitlik merkezi

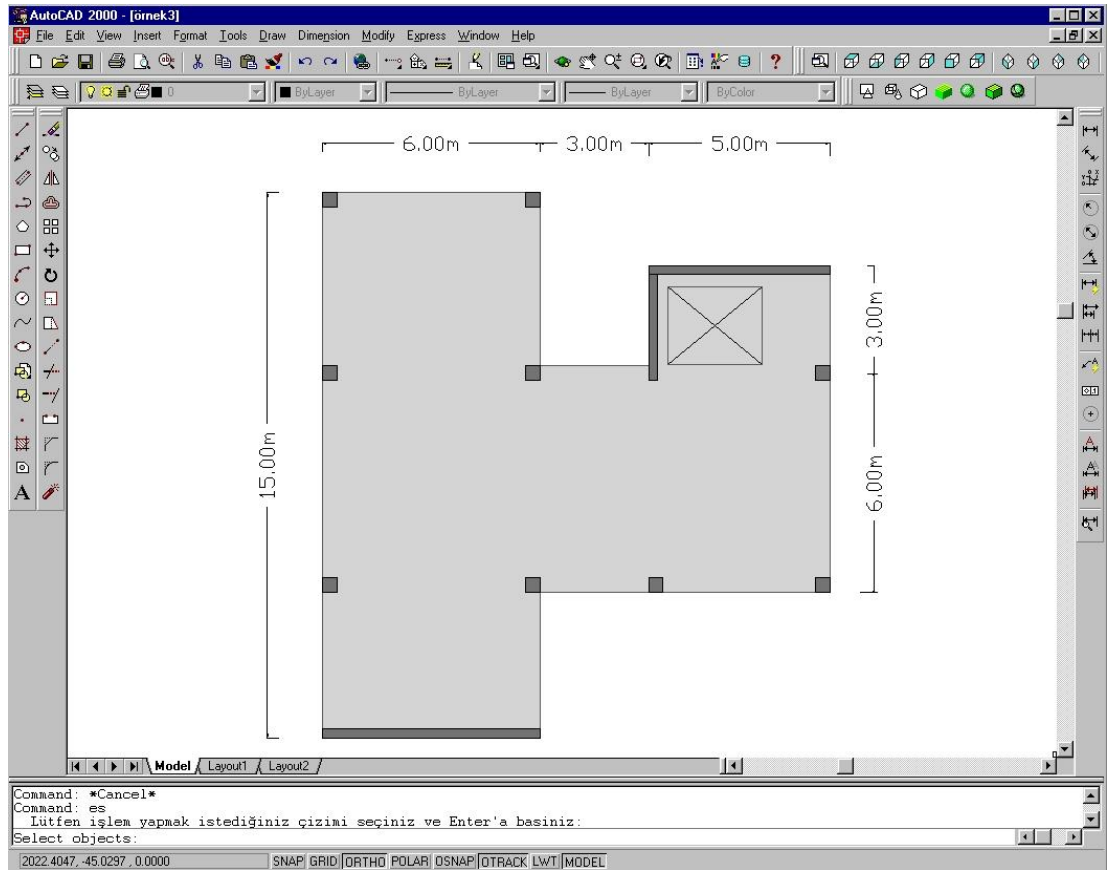
Boşluklu döşemede ağırlık merkezi olarak (330,200) noktası ve rijitlik merkezi olarak taşıyıcıların simetrisi nedeniyle (300,200) noktası işaretlenmiştir (Şekil 5.16). Ancak AutoCAD komut satırında yapılan uyarıya göre, sistemde olması gereken dış merkezlikler sınır değerdedir. Bu nedenle taşıyıcı sistem uygun bulunmamıştır. Sağlıklı bir sonuç elde etmek için kullanıcının sistemde bazı değişiklikler yapması gerekmektedir. Bu bağlamda ya boşluğun boyutları küçültülmeli, ya sisteme bu boşluğun kaybettiği rijitliği karşılayabilecek taşıyıcı bir eleman veya elemanlar eklenmeli, ya da mevcut taşıyıcı elemanlar statik açıdan sakınca doğurmayacak biçimde yeniden boyutlandırılmalıdır. Kullanıcının bu seçenekleri değerlendirerek en uygun olanını seçmesi ve yeniden uzman sistem ile kontrol etmesi gerekmektedir.

5.1.2 Karmaşık Planlar Üzerinde

Bu bölümde planında girinti çıkıntıya ve döşeme boşluklarına sahip örneklere yer verilmiştir.

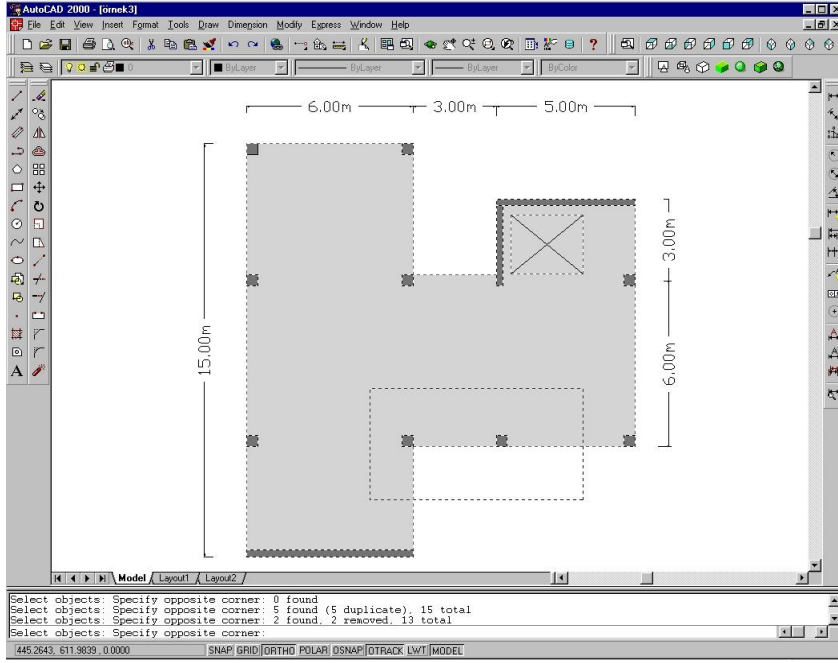
Örnek 3:

Bu örnekte çekirdek (merdiven, asansör) binanın köşesinde yer almakta, taşıyıcı sistem elemanları ise perde + çerçevelerden oluşmaktadır. Çekirdekten meydana gelecek rijitliği dengeleyebilmek için binanın diğer kenarına bir perde daha yerleştirilmiştir (Şekil 5.17).



Şekil 5.17 Perde ve çerçeve sistemlerin kullanıldığı çekirdeği köşede bir plan.

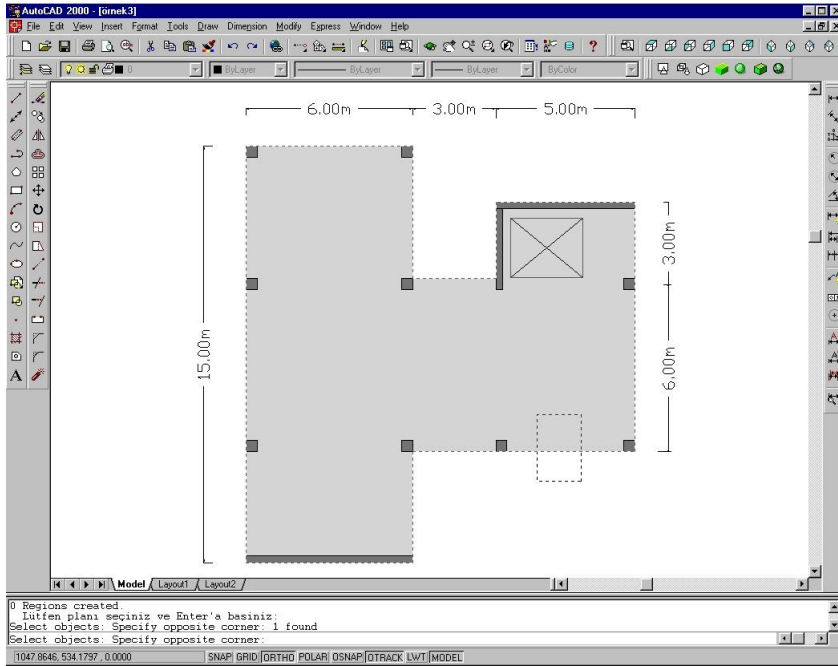
Önceki örneklerde olduğu gibi bu örnekte de program çalıştırılmakta ve ekrana gelen sorular ışığında kullanıcıdan üzerinde çalışılacak çizimin seçilmesi istenmektedir (Şekil 5.18). Kullanıcı çizimi seçtikten sonra seçim dahilindeki varlıklar içi dolu kesitlere dönüştürülmektedir.



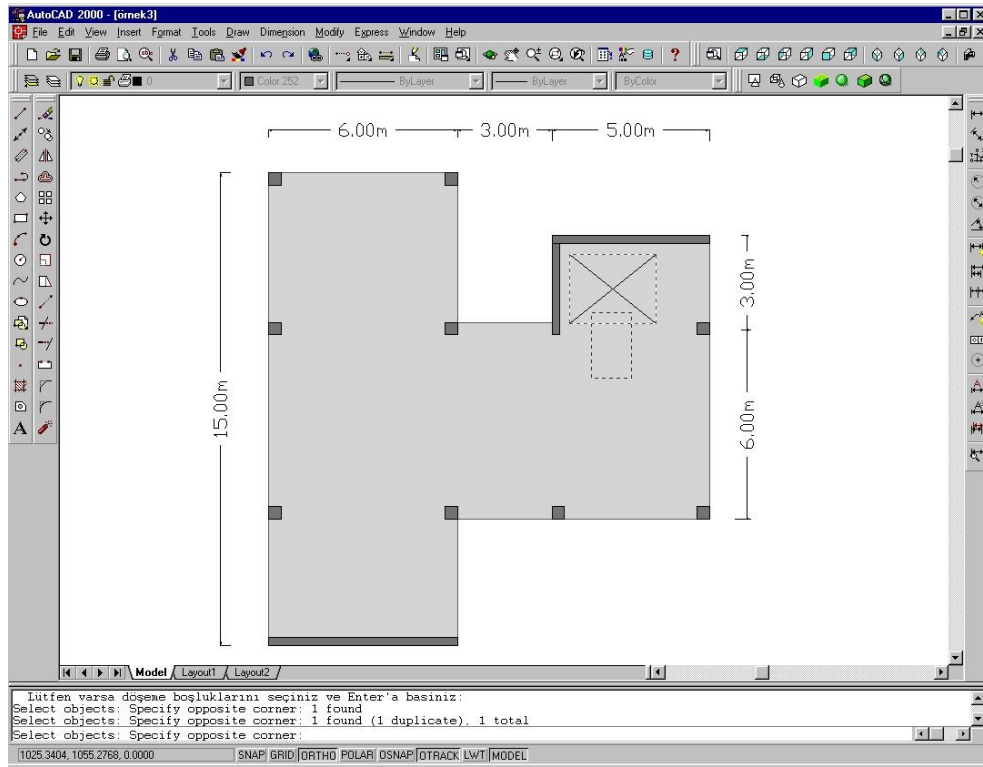
Şekil 5.18 Program çalıştırıldıktan sonra ekranda çizimin seçilmesi.

Bir sonraki soru doğrultusunda kullanıcı ilgili kat planını seçmektedir (Şekil 5.19).

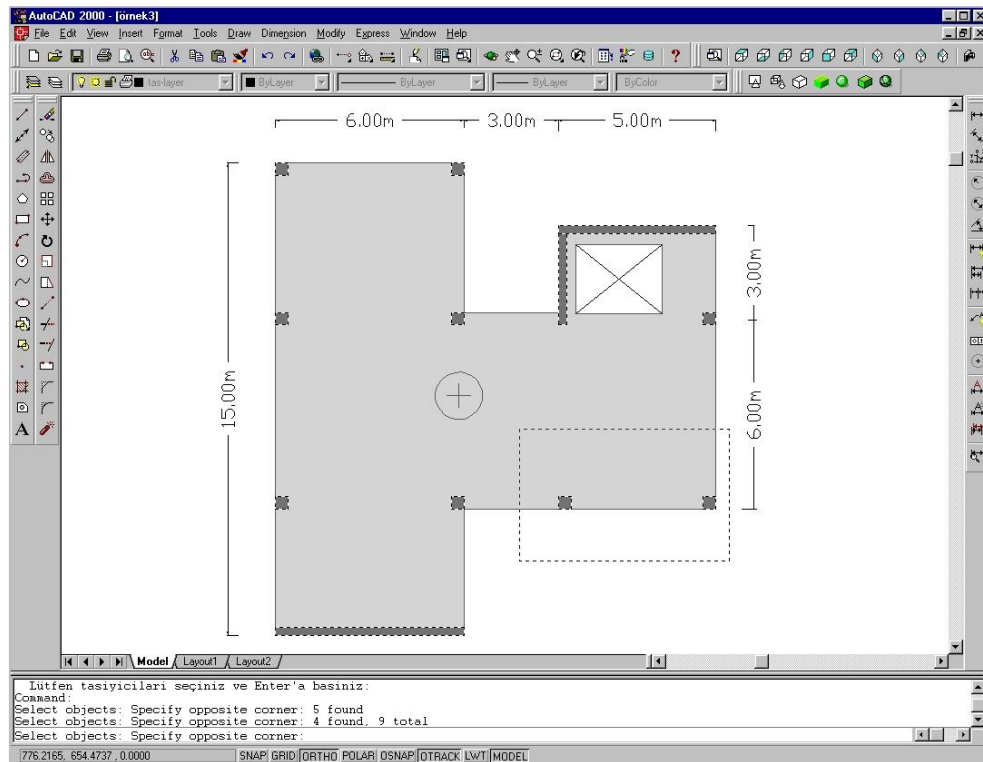
Programa kat planının tanıtılmasıyla birlikte döşemelerin seçimine ilişkin soru ekrana gelmektedir (Şekil 5.20).



Şekil 5.19 Ekranda kat planının seçilmesi

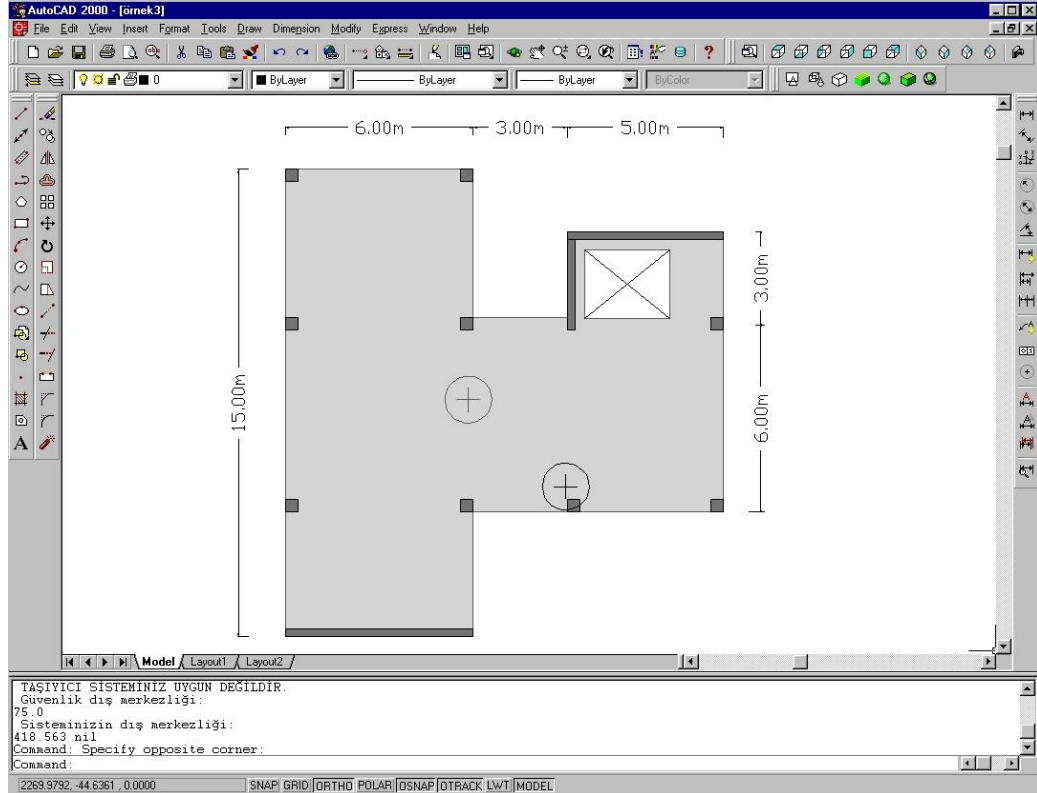


Şekil 5.20 Döşeme boşluklarının seçilmesi



Şekil 5.21 Taşıyıcıların seçilmesi

Boşluklar kat planından çıkartıldıktan sonra taşıyıcı sistem elemanları seçilmektedir (Şekil 5.21) . Program gerekli hesapları yaptıktan sonra sonucu ekrana yazmaktadır. Ancak burada sistem uygun bulunmamıştır (Şekil5.22). Kullanıcının rijitlik merkezini ağırlık merkezine yaklaştırması için tasarımında ek taşıyıcılara ihtiyacı vardır. Bu bağlamda bir perde daha eklenmiş ve program yeniden çalıştırılmıştır (Şekil5.23).



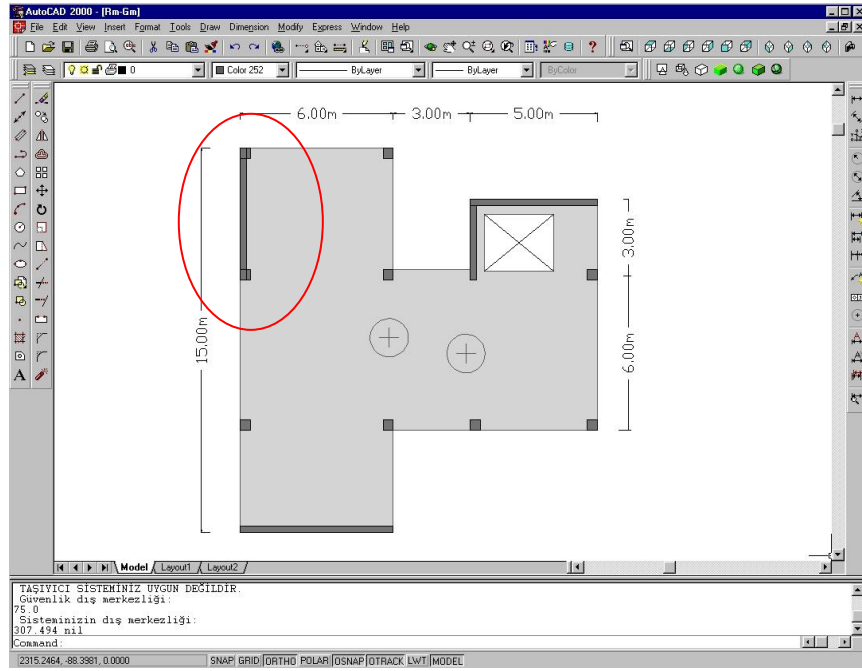
```

TAŞIYICI SİSTEMİNİZ UYGUN DEĞİLDİR.
Güvenlik dış merkezliği:
75.0
Sisteminizin dış merkezliği:
418.563 nil
Command: Specify opposite corner:
Command:
2269.9792, -44.6361, 0.0000  SNAP GRID

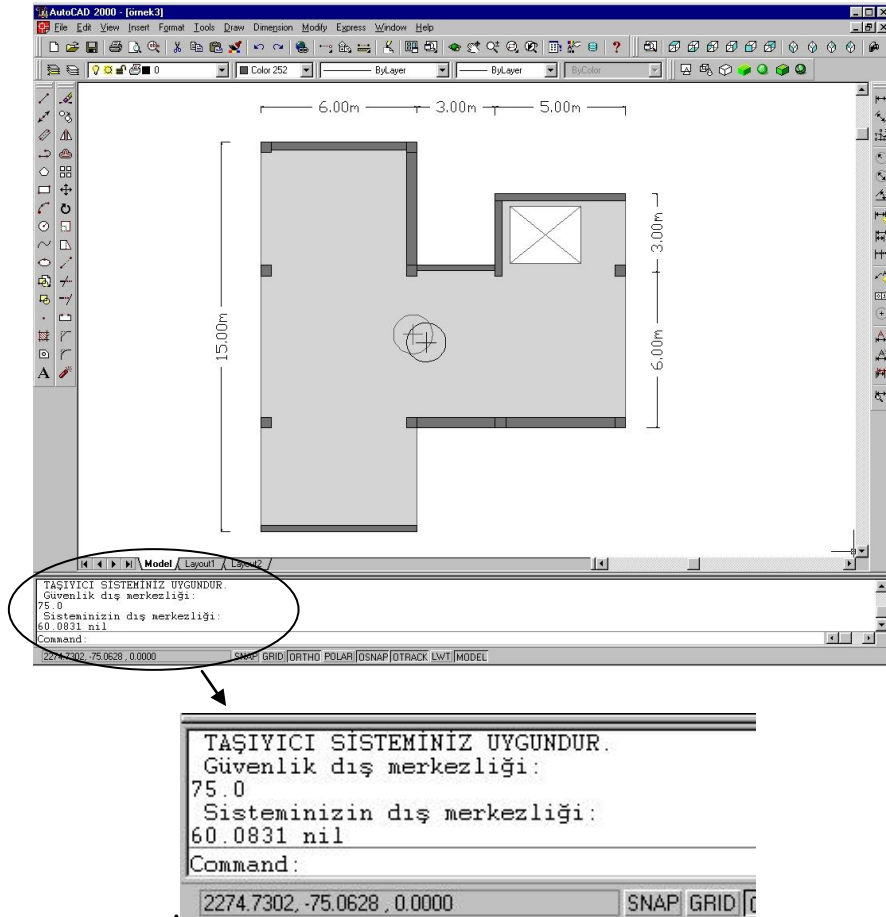
```

Şekil 5.22 Tasarımın ağırlık merkezi ve rijitlik merkezi

Bu durumda tasarıma yeni perde duvarlar eklenerek taşıyıcı sistem üzerinde tekrar değişiklikler yapılmış ve sistem dönmeyecek şekilde denge sağlanmıştır.



Şekil 5.23 Perde eklendikten sonraki durumda sistem hala uygun değildir.



Şekil 5.24 Yapılan son değişiklikle binada denge sağlanmıştır.

5.2 Programın Geliştirilebilirliği

Henüz sadece rijitlik ve ağırlık merkezi hesabı yaparak bu iki değeri karşılaştıran bu program, daha sonraki aşamalarda başka özellikler eklenerek geliştirilebilme esnekliğine sahiptir. AutoCAD'in güçlü yönlerinden biri olan 3 boyutlu geometrilerle çalışma olanağı ve kütle özellikleri ile ilgili hesapları çok kısa sürede yapıyor olması, 3 boyutlu modellerde de bu ve benzeri programların kullanabileceği anlamına gelmektedir. Şu an sadece bağımsız kat planları üzerinde çalıştırılabilen bu program, ileride bir binanın ilişkili tüm katlarına uygulanarak daha kullanışlı hale getirilebilir. Ayrıca 3 boyutlu yapı modelleri üzerinde çalışmaya olanak sağlayacak biçimde tasarım ihtiyaçlarına göre yeniden düzenlenebilir.

Bu bağlamda özellikle binalarda yönetmeliklerce sakıncalı bulunan “planda ve düşey doğrultuda karşılaşılan mimari düzensizliklerin” tümünün adım adım kontrol edilebildiği bir yazılımın geliştirilmesinin, mimarlığa çok faydalı olacağı düşünülmektedir.

6. SONUÇ

Bu tez kapsamında 1998 “Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik”te de yer alan “Düşey eksen etrafında burulmayı önlemek amacıyla katlarda rijitlik ve ağırlık merkezleri elden geldiğince yakın olmalıdır.” koşulunu sağlamak amacıyla bir uzman sistem geliştirilmiştir.

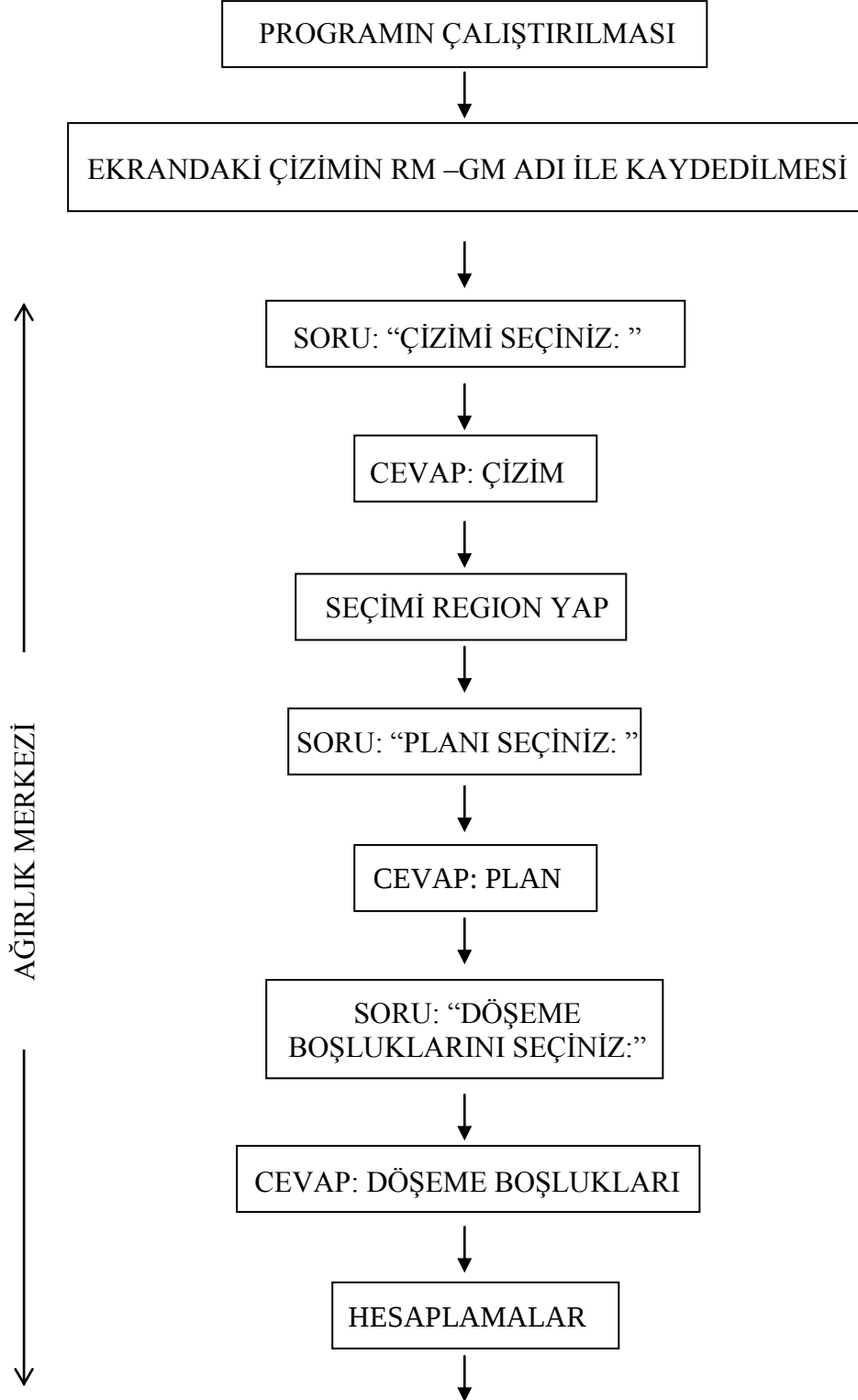
Geliştirilen bu sistemden, tasarımın avan proje aşamasından başlayarak tüm ön tasarım kararlarının alınışı ve taşıyıcı sistem konseptinin biçimlenişi aşamalarında, binaların burulma düzensizliği yaratmayacak şekilde tasarlanmasını sağlayan bir “Tasarım Karar Destek Sistemi” (Design Decision Support System) olarak yararlanılmaktadır.

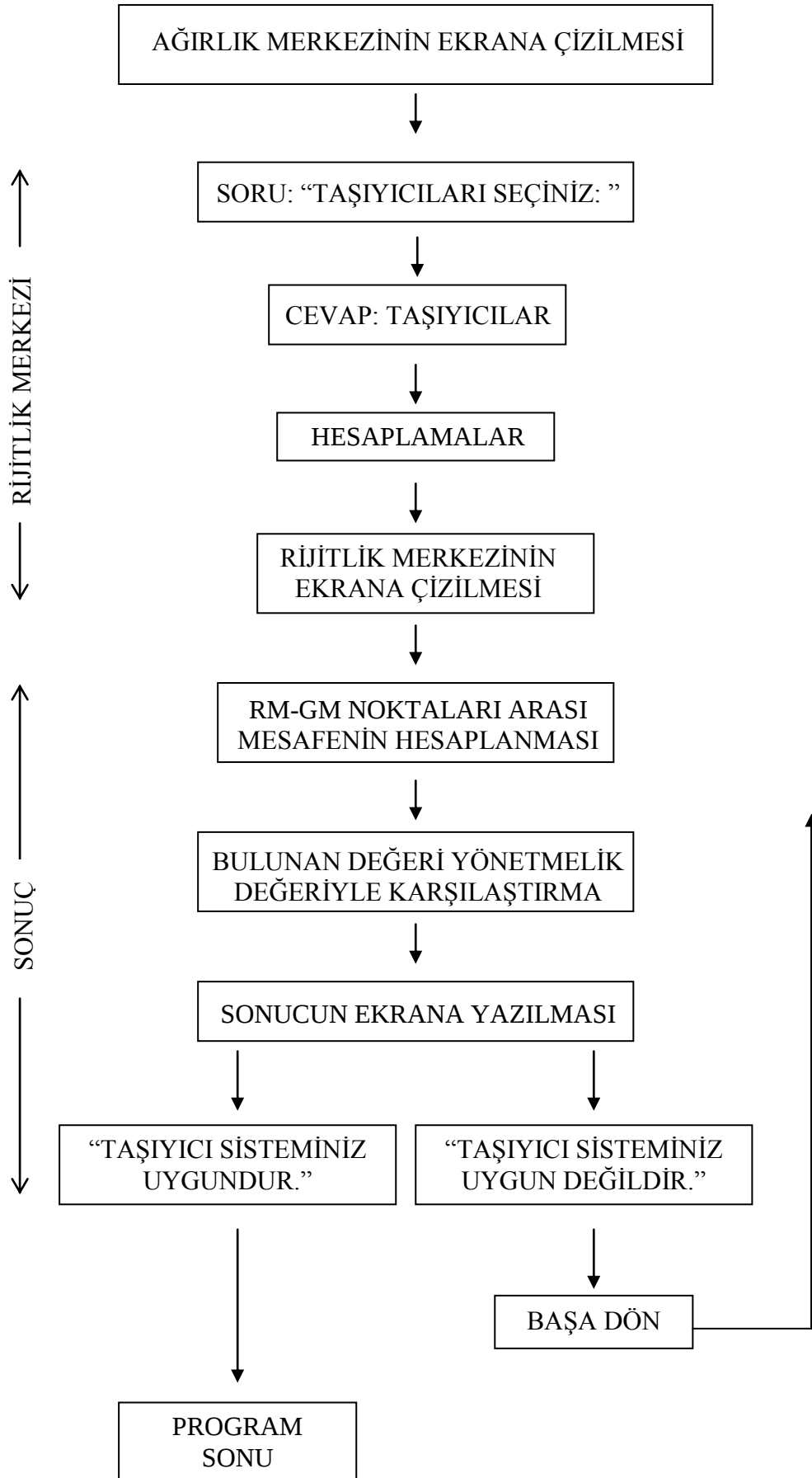
Bu programın burulma etkisi varlığının araştırılmasında ve yapısal tasarıma bu anlamda yaptığı katkının deprem açısından önemi büyüktür. Ayrıca mimari proje tasarımlarında sürekli ihmal edilen konular olan çekirdek yeri seçimi, perde kullanımı ve bunların taşıyıcı sistem içindeki düzenlemeleri ile birlikte bina dengesinin sağlanmasına da yeni bir yaklaşım getirmektedir.

Ancak burulma düzensizliğinin yanı sıra deprem yönetmeliklerinde belirtilen diğer tasarım düzensizliklerinin de göz ardı etmemesi gerekmektedir. Bu anlamda programdan yaralanılarak binada bir denge kurulmuş olsa bile, mevcut olabilecek diğer düzensizliklerin binaya zarar vermesi kaçınılmazdır. Ama en azından bir uzman sistem yardımı ile kendilerine etkiyen yükler altında binaların dönmeyecek ve burulma yer değiştirmesi yapmayacak şekilde tasarlanabilmesi mümkün olmaktadır.

Böylece bu sistem mimari tasarım kararları ile taşıyıcı sistemi ve inşaat mühendisi arasındaki karar kutuplaşmasını ve gerginliği azaltacaktır.

EK1- PROGRAMIN MANTIKSAL YAPISI





EK2- UZMAN SİSTEM AUTOLISP KAYNAK KODU

```
(defun c:es ()

    (vl-load-com)

    (setq CIZIM "Rm-Gm")
    (command "_saveas" "" CIZIM "")
    (setvar "cmdecho" 0)
    (setvar "blipmode" 0)
    (command "osmode" 0)

    (command
      (princ
        "\n Lütfen işlem yapmak istediğiniz çizimi seçiniz ve Enter'a basınız:"
      )
    )

    (setq CIZ (ssget))
    (command "region" CIZ "")

    (command
      (princ
        "\n Lütfen planı seçiniz ve Enter'a basınız: "
      )
    )

    (setq PLAN (ssget))
    (command "layer" "make" "pl-layer" "colour" 4 "" "")

    (command
      (princ
        "\n Lütfen varsa döşeme boşluklarını seçiniz ve Enter'a basınız: "
      )
    )

    (setq BOSLUK (ssget))
    (command "subtract" PLAN "" BOSLUK "")

    (setq FILE "depren")
    (command "massprop" PLAN "" FILE)
    (setq KUTUK (open FILE "r"))

    (read-line KUTUK)
```

```

        (read-line KUTUK)
        (read-line KUTUK)
        (read-line KUTUK)
        (read-line KUTUK)

(setq BBx (read-line KUTUK))

    (setq BBx1 (substr BBx 26 10))
(setq BB1x (atof BBx1))

    (setq BBx2 (substr BBx 38 13))
(setq BB2x (atof BBx2))

(setq BBy (read-line KUTUK))

    (setq BBy1 (substr BBy 26 10))
(setq BB1y (atof BBy1))

    (setq BBy2 (substr BBy 38 13))
(setq BB2y (atof BBy2))

        (setq X (abs (- BB1x BB2x)))
        (setq Y (abs (- BB1y BB2y)))

    (setq BUX (read-line KUTUK))
    (setq X1 (substr BUX 26 8))
(setq Gx (atof X1))

    (setq BUY (read-line KUTUK))
    (setq Y1 (substr BUY 26 8))
    (setq Gy (atof Y1))

        (setq w (/ E 2)) (setq w2 (* 2 w))
    (setq Gm (list Gx Gy 0))

        (setq P1 (list (+ w Gx) Gy))
        (setq P2 (list (- Gx w) Gy))
        (setq P3 (list Gx (+ w Gy)))
        (setq P4 (list Gx (- Gy w)))

(command "line" P3 P4 "")
    (command "line" P1 P2 "")
    (command "circle" Gm w2 )

    (setvar "cmdecho" 1)
    (command "osmode" 1)
    (princ)

(princ Gm)
(ts)

```

```

(setq Xr (abs (- Rx Gx)))
(setq Yr (abs (- Ry Gy)))
(setq sisdist (sqrt(+(* Xr Xr)(* Yr Yr))))

(if (> sisdist E) (princ "Taşıyıcı sisteminiz uygun değildir."))
(if (<= sisdist E) (princ "Taşıyıcı sisteminiz uygundur."))

(princ " Güvenlik dış merkezliği: ")
(princ)(print e)(princ)
(princ "Sisteminizin dış merkezliği: ")(princ)(print sisdist)
(princ)

(setq

BOSLUK nil BB1X 0 BB1Y 0 BB2X 0 BB2Y 0 BBX nil BBX1 nil
BBX2 nil BBY nil BBY1 nil BBY2 nil BUX nil BUY nil CIZ nil E 0
FILE nil GM nil GX 0 GY 0 KUTUK nil P1 nil P2 nil P3 nil P4 nil W
0 W2 0 X 0 X1 nil Y 0 Y1 nil

)

(setq

    ATAX nil ATAY nil AX 0 AY 0 EIX 0 EIY 0 FILE1
    nil I 0 IX 0 IX1 0 IY 0 IY1 0 KGX 0 GY 0 KP nil
    KUTUK1 nil KX1 nil KY1 nil      MERKX      nil
    MERKY nil RM nil RX 0 RY 0 TAS nil TAS1 nil TN
    0 TP1 nil TP2 nil TP3 nil TP4 nil W 0 X1 nil Y1 nil )

)

(defun ts ()

(command

    (princ
        "\n Lütfen taşıyıcıları seçiniz ve Enter'a basınız: "
    )
)

    (setq TAS1 (ssget))
    (command "layer" "make" "tas-layer" "colour" 2 "" "")

        (setq FILE1 "taşıyıcı")
        (setq TN (sslenght TAS))

    (setq IX 0)
    (setq IY 0)
    (setq EIX 0)

```

```

                                (setq Ely 0)
                                (setq IX1 0)
                                (setq IY1 0)
                                (setq I 0)

(repeat TN
  (command "massprop" kp "" FILE1)
  (setq KUTUK1 (open FILE1 "r"))

                                (read-line KUTUK1)
                                (read-line KUTUK1)
                                (read-line KUTUK1)
                                (read-line KUTUK1)
                                (read-line KUTUK1)
                                (read-line KUTUK1)
                                (read-line KUTUK1)

                                (setq merkX
                                  (read-line KUTUK1)
                                  )

                                (setq kX1
                                  (substr merkX 26 15)
                                  )

                                (setq kGx
                                  (atof kX1)
                                  )

                                (setq merkY
                                  (read-line KUTUK1)
                                  )

                                (setq kY1
                                  (substr merkY 26 15)
                                  )

                                (setq kGy
                                  (atof kY1)
                                  )

                                (read-line KUTUK1)
                                (read-line KUTUK1)
                                (read-line KUTUK1)
                                (read-line KUTUK1)
                                (read-line KUTUK1)

                                (setq ATAx (read-line KUTUK1))
                                (setq X1 (substr ATAx 26 15))

```

```

(setq Ax (atof X1))

      (setq ATAy (read-line KUTUK1))
(setq Y1 (substr ATAy 26 15))
      (setq Ay (atof Y1))

      (setq I (1+ I))
      (setq IX1 (* Ax kGx))
            (setq IX (+ IX IX1))
      (setq EIx (+ EIx Ax))
      (setq EIy (+ EIy Ay))

)

      (setq Rx (/ IX EIx))
      (setq Ry (/ IY EIy))
      (setq Rm (list Rx Ry 0))
      (print Rm)

            (setq tP1 (list (+ w Rx) Ry))
            (setq tP2 (list (- Rx w) Ry))
            (setq tP3 (list Rx (+ w Ry)))
            (setq tP4 (list Rx (- Ry w)))

            (command "line" tP3 tP4 "")
      (command "line" tP1 tP2 "")

            (command "circle" Rm w2 )
            (command "osmode" 1 )

      (princ)

)

```

KAYNAKLAR

- [1] Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik,
<http://www.deprem.gov.tr/yonet.htm> , deprem.htm
- [2] **MTA Genel Müdürlüğü** Jeoloji Mühendisleri Odası Deprem ve Plaka
Tektoniği, <http://www.jmo.org.tr/deprem/deprem.asp>
- [3] Deprem Semineri “6 Kasım 1999” Şubat 2000.TMMOB Özdil Basımevi,
İstanbul.
- [4] **Özgen, S.**, 2001. Depreme dayanıklı bina tasarımında konfigürasyonun önemi,
Yüksek Lisans Tezi, İ.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- [5] **Karaesmen, E.**, 1996. Deprem ve Sonrası, Türkiye Müteahhitler Birliği, Ankara.
- [6] **Avcı, A.**, Temmuz 2001. 3. Yılına Girerken Marmara Depremi, Standart Dergisi,
Sayı:475, s 24-30.
- [7] **Salvadori, M., Heller, R.**, 1980. Mimarlıkta Taşıyıcı Sistemler- Structures in
Architecture, İstanbul Teknik Üniversitesi Mimarlık Fakültesi, İstanbul.
- [8] **Ersoy, U.**, 1985. Betonarme Temel İlkeler ve Taşıma Gücü Hesabı, Evrim
Yayınevi İstanbul
- [9] **Ferdinand P., Beer, E., Johnston, R.**, 1990. Mühendisler için mekanik : Statik,
Birsen Kitabevi, İstanbul.
- [10] **Celep, Z., Kumbasar, N.**, 1993. Çözümlü Örneklerle Betonarme (y.y) İstanbul.
- [11] **Bayülke, N.**, 1989. Depremler ve Depreme Dayanıklı Betonarme Yapılar,
Teknik Yayınevi, İstanbul.
- [12] **Celep, Z., Kumbasar, N.**, Deprem Mühendisliğine Giriş Ve Depreme
Dayanıklı Yapı Tasarımı
- [13] **Aka, İ., Keskinel F., Arda, T. S.**, 1996. Betonarmeye Giriş, Birsen Yayınevi,
İstanbul.

- [14] **Ketin, İ.**, 1994. Genel Jeoloji ve Yerbilimlerine Giriş, İTÜ Vakfı Yayınları, İstanbul.
- [15] **Çılı, F., Aka, İ., Çelik, O. C.**, Mart 2001. Yapı Malzemesi ve Deprem Semineri Bildiriler.
- [16] İzmit Earthquake : A report of the Turkey,
<http://nisee.berkeley.edu/turkey/report.htm>
- [17] Buildings, The January 17, 1995 Kobe Earthquake,
<http://www.eqe.com/publications/kobe/building.htm>
- [18] **Çelik,O.C., Çılı, F., Özgen, K.**, Ocak 2000. 17 ağustos Kocaeli (İzmit) Depremi'nden Gözlemler, Yapı Dergisi, Sayı 218, s. 65-76, İstanbul.
- [19] **Çılı, F., Çelik,O.C., Sesigür, H.**, Haziran 2002. Mevcut Yapılarda Olası Hasar Nedenleri ve Güçlendirme Gereksinimi, Yapı Dergisi, Sayı 247, s. 96-102, İstanbul
- [20] **Aka, İ., Keskinel F., Çılı, F., Çelik,O.C.**, 2001. Betonarme, Birsen Yayınevi, İstanbul.
- [21] **Feridun Çılı**, Kişisel Fotoğraf Arşivi.
- [22] **İTÜ**, İstanbul Teknik Üniversitesi Yapı Statîği Kürsüsü, Deprem Fotoğrafları Arşivi.
- [23] **Mısıroğlu, Y.**, 2000. Adapazarı'nda Deprem ve Sonrası, Adapazarı Ticaret ve Sanayi Odası, İstanbul.
- [24] Quake: 1999 Izmit, Turkey Earthquake, Photos, Maps and Other Graphics,
<http://quake.wr.usgs.gov/research/geology/turkey/images.html>
- [25] 1961. Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik, İmar ve İskan Bakanlığı, Ankara.
- [26] 1968. Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik, İmar ve İskan Bakanlığı, Ankara.
- [27] 1975. Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik, İmar ve İskan Bakanlığı, Ankara.

- [28] 1997 (1998 Değişiklikleri ile Birlikte) Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik, İmar ve İskan Bakanlığı, Ankara.
- [29] AutoLISP, www.xarch.tu-graz.ac.at/autocad/news/faq/autolisp.htm
- [30] History of AutoLISP, <http://pw1.netcom.com/~rogh/autolisp/ahistory.htm>
- [31] What is AutoCAD, <http://pw1.netcom.com/~rogh/autolisp/aconcept.htm>
- [32] **Turban, E.**, 1990. Decision Support and Expert Systems, Mcmillan Pub.Comp., USA.
- [33] **Turban, E.**, 1992. Artificial Intelligence, California State University, USA
- [34] **Jackson P.**, 1986. Introduction to Expert Systems, Addison Wesley Pub. Ltd.
- [35] **Yavuzer, Y.**, Mart 1996. Uzman Sistem ve Yapay Zeka, Harp Akademileri Yayınları, İstanbul.
- [36] Yapay Zeka ve Toplumsal Sorumluluk,
<http://www.danishmend.com/konular/bilgiveteknoyon/yapayzekavetoplumsal sorumluluk.htm>
- [37] **Binici, H.**, Temmuz 2000. “Depreme Dayanıklı Yapı Tasarımı” Standart Sayı:463 s 71-85.
- [38] **Özmen, G.**, AutoCAD Kullanıcıları için AutoLISP, İstanbul.
- [39] **Başak, H.**, Eylül 2002. “AutoCAD Ortamında AutoLISP ile Programlama” Pusula Yayıncılık, İstanbul.
- [40] **Çetinkaya, K., Başak, H.**, Eylül 2000. “AutoLISP ve DCL ile Programlama” Seçkin Yayınevi, İstanbul.
- [41] Technical Support , <http://www.autolisp.net>
- [42] The AutoLISP Advanced Tutorials,
<http://www.jefferypsanders.com/autolispexp.html>
- [43] Lessons in AutoLISP, www.draftingfool.com
- [44] GNU-Emacs LISP Reference Manual- Table Of Content, www.aig.jpl.nasa.gov/
- [45] AutoLisp and Visual Lisp Tutorials, <http://www.afralisp.com/tutor.htm>

[46] LISP,VB,VBA,ARX, <http://www.hanafos.com>

[47] **Hasgür, Z., Gündüz A. N.**, Kasım 1996. Betonarme Çok Katlı Yapılar, Beta Yayınları, İstanbul.

[48] AutoCAD Tarihi, <http://www.angelfire.com>

[49] **Çil, İ.**, 2002. Bilgi Tabanlı İmalat Karar Destek Sistemleri ve Bir Uygulama, Endüstri Mühendisliği Dergisi, Sayı 1.
http://www.mmo.org.tr/endustrimuhendisligi/2002_1/bilgi.htm

ÖZGEÇMİŞ

Ayşe Esra İdemen 1978 yılında İzmir’de doğdu. Orta ve Lise öğrenimini İzmir Bornova Anadolu Lisesinde tamamladı. 1996’da İstanbul Teknik Üniversitesi Mimarlık Fakültesi Mimarlık Bölümünde lisans eğitimine başladı. 2000 yılında bu üniversitedeki lisans programını başarıyla tamamlayıp aynı yıl İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Fakültesi Mimarlık Anabilim Dalı Bilgisayar Ortamında Mimari Tasarım Yüksek Lisans Programında yüksek lisans öğrenimine devam etti.