

CELAL BAYAR ÜNİVERSİTESİ * FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**DÜZLEMSEL ÇERÇEVELİ YAPI SİSTEMLERİNDE DEPREM
PERFORMANSLARININ YAPAY SİNİR AĞI METHODU İLE
BELİRLENMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

İnş. Müh. Soner ŞEKER

Anabilim Dalı : İnşaat Mühendisliği

Programı : Yapı

MANİSA 2008

CELAL BAYAR ÜNİVERSİTESİ * FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**DÜZLEMSEL ÇERÇEVELİ YAPI SİSTEMLERİNDE DEPREM
PERFORMANSLARININ YAPAY SİNİR AĞI METHODU İLE
BELİRLENMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

İnşaat Mühendisi Soner ŞEKER

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 25 Eylül 2008

Tezin Savunulduğu Tarih : 03 Eylül 2008

Tez Danışmanı : Prof.Dr. Celal KOZANOĞLU

Diğer Jüri Üyeleri : Doç.Dr. Erdoğan ÖZKAYA

Yard.Doç.Dr. Muhiddin BAĞCI

MANİSA 2008

İÇİNDEKİLER

KISALTMALAR	iv
ŞEKİL LİSTESİ	v
ÇİZELGE LİSTESİ	vi
SEMBOL LİSTESİ	vii
TEŞEKKÜR	ix
ÖZET	x
ABSTRACT	xi
1. GİRİŞ	
1.1. Konu	1
1.2. Konu İle İlgili Yapılmış Çalışmalar	2
1.2.1. Performansa Dayalı Tasarım ve Değerlendirme İle İlgili Yapılmış Çalışmalar	2
1.2.2. Yapay Sinir Ağları İle İlgili Yapılmış Çalışmalar	6
1.3. Çalışmanın amacı ve Kapsamı	7
2. YAPI SİSTEMLERİNİN DEPREM GÜVENLİĞİNİN BELİRLENMESİNDE PERFORMANSA DAYALI TASARIM VE DEĞERLENDİRME KAVRAMI	9
2.1. Giriş	9
2.2. Performans Hedefinin Belirlenmesi	10
2.3. Performans Seviyelerinin Değerlendirilmesi	10
2.3.1. Taşıyıcı Elemanlar İçin Performans Seviyeleri ve Aralıkları	10
2.3.2. Taşıyıcı Olmayan Elemanlar İçin Performans Seviyeleri	14
2.3.3. Bina Performans Seviyeleri	15
2.4. Yapılar İçin Deprem Etki Seviyeleri	16
2.5. Yapısal Kapasite	18
2.6. Doğrusal Olmayan Analize Dayanan Basitleştirilmiş Yöntemler	19
2.6.1. Kapasite Spektrum Yöntemi	20
2.6.2. Deplasman Katsayıları Yöntemi	27
2.6.3. Artımsal Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi	30
2.7. Performans Noktasının Kabul Kriterleri	31
2.7.1. Bina İçin Kabul Kriterleri	31
2.7.1.1. Düşey Yük Taşıma Kapasitesi	31
2.7.1.2. Yatay Yüklere Karşı Dayanım	32

2.7.1.3. Yatay Yerdeşiftirmeler	32
2.7.2. Yapı Elemanları ve Bileşenleri İçin Öngörülen Kabul Kriterleri	32
3. YAPAY SİNİR AĞLARI	34
3.1. Genel	34
3.2. Yapay Sinir Ağlarının Tarihçesi	35
3.3. Yapay Sinir Ağlarının Tanımı	36
3.4. Yapay Sinir Ağlarının Uygulama Alanları	37
3.5. Yapay Sinir Ağlarının Avantajları	39
3.6. Yapay Sinir Ağlarının Dezavantajları	41
3.7. Biyolojik Sinir Hücresi	42
3.8. Yapay Sinir Hücresi	44
3.8.1. Girdiler	44
3.8.2. Ağırlıklar	44
3.8.3. Birleştirme Fonksiyonu	45
3.8.4. Aktivasyon Fonksiyonu	45
3.8.5. Hücre Çıktısı	46
3.9. Yapay Sinir Ağlarının Yapısı	47
3.10. Yapay Sinir Ağlarının Sınıflandırılması	47
3.10.1. Yapay Sinir Ağlarının Yapılarına Göre Sınıflandırılması	48
3.10.1.1. İleri Beslemeli Ağlar	48
3.10.1.2. Geri Beslemeli ağlar	49
3.10.2. Yapay Sinir Ağlarının Öğrenme Algoritmalarına Göre Sınıflandırılması	51
3.10.2.1. Danışmanlı Öğrenme	51
3.10.2.2. Danışmansız Öğrenme	51
3.10.2.3. Bilinen Öğrenme Kuralları	52
3.11. Yapay Sinir Ağları Nasıl Çalışır?	53
3.12. Yapay Sinir Ağlarının Eğitimi ve Testi	54
3.13. Bir Yapay Sinir Ağının Tasarımı	55
3.13.1. Ağ Yapısının Seçimi	56
3.13.2. Öğrenme Algoritmasının Seçimi	56
3.10.3. Ara Katman Sayısının Belirlenmesi	56
3.10.4. Nöron Sayısının Belirlenmesi	57
3.10.5. Normalizasyon	57

4. DÜZLEMSEL ÇERÇEVE SİSTEMLERİN DEPREM PERFORMANSLARININ BELİRLENMESİ ÜZERİNDE BİR İNCELEME	59
4.1. Giriş	59
4.2. Seçilen Yapı Sistemlerinin Özellikleri	60
4.3. Döşemeye Gelen Düşey Yüklerin Bulunması	61
4.4. Yapıya Etkiyen Yükler	63
4.5. Deprem Karakteristikleri	64
4.6. Toplam Eşdeğer Deprem Yükünün Bulunması	67
4.7. Çerçeve Sistemlerin Performans Noktası Değerlerinin Bulunması	70
4.8. Performans Noktası Değerlerinin YSA ile Bulunması	72
5. SONUÇLAR ve ÖNERİLER	79
KAYNAKLAR	81
EKLER	83
ÖZGEÇMİŞ	114

KISALTMALAR

ATC	: Applied Technology Council
ATC 40	: Guidelines and Commentary for Seismic Rehabilitation of Buildings
CG	: Can Güvenliği Performans Seviyesi
DBYBHY	: Deprem Bölgelerinde Yapılacak Olan Binalar Hakkında Yönetmelik
FEMA	: Federal Emergency Management Agency
FEMA 273,356	: NEHRP Guidelines for the Seismic Rehabilitation of Buildings
GÖ	: Göçmenin Önlenmesi Performans Seviyesi
HK	: Hemen Kullanım Performans Seviyesi
SAP	: Integrated Software For Structural Analysis and Design
TSE	: Türk Standartları Enstitüsü
TSE 648	: Çelik Yapıların Hesap ve Yapım Kuralları
YSA	: Yapay Sinir Ağları

ŞEKİL LİSTESİ

	<u>Sayfa No</u>
Şekil 2.1. Kapasite eğrisinde performans seviyeleri ve aralıkları	13
Şekil 2.2. Kapasite spektrumu yöntemi ile performans noktasının belirlenmesi	20
Şekil 2.3. Doğrusal olmayan teori ile kapasite eğrisinin elde edilmesi	21
Şekil 2.4. Kapasite eğrisinin kapasite spektrumuna dönüştürülmesi	21
Şekil 2.5. Eşdeğer viskoz sönüm miktarına bağlı sönüm düzeltme faktörü	25
Şekil 2.6. Histeretik sönüme eşdeğer viskoz sönümün belirlenmesi	25
Şekil 2.7. İndirgenmiş istem spektrumunun elde edilmesi	26
Şekil 2.8. İki doğru parçası ile idealleştirilen kapasite eğrisi	27
Şekil 3.1. Bir yapay sinir ağı modeli	37
Şekil 3.2. Biyolojik sinir hücresi	42
Şekil 3.3. En çok kullanılan aktivasyon fonksiyonları	46
Şekil 3.4. İleri beslemeli 3 katmanlı yapay sinir ağı	49
Şekil 3.5. Geri beslemeli ağ için blok diyagram	50
Şekil 3.6. Danışmanlı öğrenme yapısı	51
Şekil 3.7. Danışmansız öğrenme yapısı	52
Şekil 4.1. Üç açıklıklı bir yapıda kat planı	62
Şekil 4.2. Üç katlı ve üç açıklıklı bir yapıda düzlem çerçeve	62
Şekil 4.3. Karakteristik periyotların Z2 zemin sınıfı için aldığı değerler	68
Şekil 4.4. Katlara etkileyen eşdeğer deprem yükleri	70
Şekil 4.5. Kullanılan YSA modeli	72
Şekil 4.6. Ağda eğitim dataları olarak tanımlanmış olan taban kesme kuvvetinin gerçek değerleri ile YSA sonucu tahmin edilen değerler	76
Şekil 4.7. Ağda eğitim dataları olarak tanımlanmış olan tepe noktası deplasmanı gerçek değerleri ile YSA sonucu tahmin edilen değerler	76
Şekil 4.8. Ağda test dataları olarak tanımlanmış olan taban kesme kuvveti gerçek değerleri ile YSA sonucu tahmin edilen değerler	78
Şekil 4.9. Ağda test dataları olarak tanımlanmış olan tepe noktası deplasmanı gerçek değerleri ile YSA sonucu tahmin edilen değerler	78

ÇİZELGE LİSTESİ

	<u>Sayfa No</u>
Çizelge 2.1. Taşıyıcı eleman performans seviyeleri	11
Çizelge 2.2. Yapıların performans seviyeleri ve performans kriterleri	13
Çizelge 2.3. Taşıyıcı olmayan elemanların performans seviyeleri	14
Çizelge 2.4. Bina yapısal performans seviyeleri	15
Çizelge 2.5. Binalar için farklı deprem etkileri altında hedeflenen performans düzeyleri (DBYBHY-07)	17
Çizelge 2.6. Çok seviyeli performans hedef tanımlaması	18
Çizelge 2.7. κ - Faktörü değerleri	24
Çizelge 2.8. Yapı davranış tipinin belirlenmesi	25
Çizelge 2.9. İzin verilen en küçük spektral azaltma faktörleri	26
Çizelge 2.10. C_o modal katılım katsayısı değerleri	29
Çizelge 2.11. C_m efektif kütle çarpanı değerleri	30
Çizelge 2.12. Katlar arası yerdeğiştirmenin kat yüksekliğine oranı	32
Çizelge 4.1. Yapıların birinci doğal titreşim periyotları	66
Çizelge 4.2. Üç katlı yapıda katlara etkiyen deprem yükleri	70
Çizelge 4.3. Yapıların performans noktası değerleri	71
Çizelge 4.4. B ve H değerlerinin normalizasyonu	73
Çizelge 4.5. Taban kesme kuvveti ve tepe noktası deplasmanının normalizasyonu	74
Çizelge 4.6. YSA'da eğitim sonucu bulunmuş olan V_t ve δ_{maks} değerleri	74
Çizelge 4.7. Kontrol için ayrılmış olan değerler (B ve H değerleri)	75
Çizelge 4.8. Kontrol için ayrılmış değerler (V_t – δ_{maks} değerleri)	77
Çizelge 4.9. YSA'da test sonucu bulunmuş olan V_t ve δ_{maks} değerleri	77

SEMBOL LİSTESİ

A_0	: Etkin Yer İvmesi Katsayısı
A_{kj}	: k. Girdi Katmanı Elemanını j.Ara Katman Elemanına Başlatan Bağlantının Ağırlık Değeri
a_{pi}	: Tahmini Performans Noktasına Ait Spektral İvme Değeri
$A(T_1)$	: T_1 Periyot Değerindeki Spektral İvme Katsayısı
a_y	: İki Doğru Parçası ile İdealleştirilen Kapasite Spektrumunda, Akma Noktasına
B	: Yapının Yatay Doğrultudaki Uzunluğu
C_0	: Çok Serbestlik Dereceli Sistemin Tepe Noktasının Yatay Yerdeğiştirmesi ile Eşdeğer Tek Serbestlik Dereceli Sistemin Spektral Yerdeğiştirmesi Arasındaki İlişkiyi Oluşturan Modal Katılım Katsayısı
C_1	: Doğrusal Elastik Yerdeğiştirmeyi, Beklenen Maksimum Doğrusal Olmayan Yerdeğiştirmeye Dönüştüren Katsayı
C_2	: Histerisiz Enerji Şeklinin Etkisini Hesaba Katan Düzeltme Katsayısı
C_m	: Efektif Kütle Çarpanı
d_{pi}	: Tahmini Performans Noktasına Ait Spektral Yerdeğiştirme Değeri
d_y	: İki Doğru Parçası ile İdealleştirilen Kapasite Spektrumunda, Akma Noktasına Karşılık Gelen Spektral Yerdeğiştirme Değeri
F_{fi}	: Yapıda Kat Ağırlıkları ve Kat Yükseklikleri ile Orantılı Kuvvetler
F_0	: Yük Katsayısı
G	: Sabit Yük
g_i	: (i) nci Kattaki Toplam Sabit Yükleri
h	: Kat Yüksekliği
H	: Toplam Bina Yüksekliği
H_i	: Binanın i'inci Katının En Üst Noktasının Temelden Olan Yüksekliğini
I	: Bina Önem Katsayısı
K_e	: Yapının Elastik Efektif Rijitliği
K_i	: Yapının Elastik Yanal Rijitliği
m_i	: (i) Kattaki Toplam Kat Kütlesi
n	: Hareketli Yük Katılım Katsayısı
N	: Binadaki Kat Sayısı
PF_1	: Modal Katılım Çarpanı
P_i	: (i) Sayılı Kattaki Toplam Düşey Yükü
R	: Taşıyıcı Sistem Davranış Katsayısı
$R_a(T_1)$	: T_1 Periyot Değerindeki Deprem Yüğü Azaltma Katsayısı
S_a	: Spektral İvme Karşılık Gelen Spektral İvme Değeri

S_d	: Spektral Yerdeşiştirme
$S(T_1)$	: T_1 Periyot Değerindeki Elastik Tasarım İvme Spektrum Değerini
Q	: Hareketli Yık
q_i	: (i) nci Kattaki Toplam Hareketli Yıkleri
$T_A ; T_B$	: Spektrum Karakteristik Periyotları
T_e	: Yapının Etkin Doğal Periyodu
T_i	: Hesap Yapılan Doğrultudaki Elastik Doğal Periyot
V_T	: Taban Kesme Kuvveti
V_y	: İki Doğru Parçası ile İdealleştirilmiş Kapasite Eğrisinin Akma Dayanımı
W	: Yapının Toplam Ağırlığı
w_i	: Toplam Kat Ağırlığı
w_i / g	: (i) Numaralı Katın Kütlesi
α_1	: Modal Kütile Katsayısı
ΔF_N	: Ek Eşdeğer Deprem Yıkünü
δ_{maks}	: Yapının Tepe Noktası Yatay Yerdeğiştirmesi
$\Phi_{tepe,1}$	: Birinci Normal Moda Ait En Üst Kattaki Genlik
$\Phi_{i,1}$	: Birinci Moda Ait (i) nolu Kattaki Genlik
β_{eff}	: Yüzde Olarak İfade Edilen Etkili Sönüm Oranı
β_0	: Eşdeğer Viskoz Sönüm Cinsinden İfade Edilen Histeretik Sönümü
κ	: Yapının Taşıyıcı Sisteminin Davranışı ile Deprem Süresine Bağlı Olarak Belirlenen ve Değeri $0.33 \leq \kappa \leq 1.00$ Arasında Değişen Bir Katsayı
$\sum G$	: Toplam Sabit Yık
$\sum Q$	: Toplam Hareketli Yık

TEŞEKKÜR

Yüksek lisans öğrenimim boyunca bilgi ve deneyimlerinden yararlanma fırsatı bulduğum danışman hocam sayın Prof.Dr. Celal KOZANOĞLU'na ; çalışmalarımda bana yol gösterici olan ve tez çalışması sırasında yardım ve desteğini esirgemeyen sayın Yrd.Doç.Dr. Muhiddin BAĞCI'ya teşekkürlerimi borç bilirim.

Yüksek lisans eğitimi boyunca beraber çalıştığım ve çalışmalarımda kendisinden destek aldığım sayın İnş.Müh. Ali DEMİR'e ve yardımlarından dolayı sayın Yrd.Doç.Dr. Yusuf ERZİN'e , sayın İnş.Yük.Müh. M. Erkan TURAN'a ve diğer arkadaşlarıma teşekkür ederim.

Ayrıca , öğrenim hayatım boyunca benden maddi ve manevi desteğini esirgemeyen aileme teşekkürlerimi bir borç bilirim.

Ağustos 2008

İnş.Müh. Soner ŞEKER

ÖZET

Günümüzde, diğer mühendislik dallarında olduğu gibi inşaat mühendisliği alanında da, bilimsel gelişmelere paralel olarak çalışmalar gerçekleştirilmektedir. Dış etkiler altında zorlanan yapıların kapasitelerinin en etkin biçimde kullanılabilmesi, yapıların gerçek davranışlarının yakından izlenebilmesi ve göçme güvenliklerinin belirlenmesi mümkün olmaktadır.

Aktif deprem kuşağı üzerinde bulunan ülkemizde yaşanan büyük depremlerin sonuçları incelendiğinde, yapılardaki hasar miktarının ve buna bağlı olarak can kaybının çok büyük olduğu açıkça görülmektedir. Bu hususlar göz önünde tutulduğunda deprem mühendisliğinin birinci hedefi, depremlerin yapılarda can kaybına neden olabilecek büyük hasarlara yol açmadan atlatılabilmesidir. Bu amaca yönelik olarak yapılan çalışmaların başında, mevcut yapıların deprem güvenliklerinin performans analizi ile belirlenmesi gelmektedir.

Yüksek lisans tezi olarak sunulan bu çalışmada, açıklık uzunlukları sabit olan bir ile beş açıklık arasında ve kat yükseklikleri sabit olan bir ile sekiz kat arasında değişen toplam kırk adet düzlemsel çerçeveli yapı sistemi üzerinde inceleme yapılmıştır. İncelenen yapı sistemlerinin performans noktaları SAP 2000 analiz programı kullanılarak belirlenmiştir. Bu sistemlerin performans noktalarının bulunmasında, deprem kuvvetleri eşdeğer deprem yükü yöntemine göre bulunmuştur. Bu kuvvetler sistemlere etki ettirilerek SAP 2000 analiz programı yardımıyla ATC 40 (Kapasite Spektrum Yöntemine) kriterlerine göre yapının tepe noktası deplasman ve taban kesme kuvveti değerleri bulunmuştur.

Bulunan performans noktası değerleri; yapay sinir ağlarında eğitilerek yapıların toplam yatay uzunlukları (B) ve toplam bina yüksekliklerinin (H), yapıların deprem performansı üzerindeki etkileri araştırılmıştır. İncelenen sistemlerin otuz iki tanesi yapay sinir ağlarında eğitim için kullanılıp geriye kalan sekiz tanesi ise test amacıyla kullanılmıştır. Bu yöntem sayesinde sabit açıklık uzunluğu ve sabit kat yüksekliği olan düzlemsel çerçeveli yapı sistemlerinin B ve H uzunluklarının değişmesi koşuluyla performans noktası değerlerinin yapay sinir ağları yardımıyla bulunabileceği anlaşılmıştır.

Anahtar Kelimeler : Kapasite eğrisi ,Kapasite Spektrumu Yöntemi, Performans noktası , Yapay sinir ağı

ABSTRACT

Recently, along with the other engineering fields, research studies are being conducted in structural engineering, parallel to the scientific developments. For the buildings which are affected by external loads, it is possible to use their capacities in the most efficient way, to observe closely the real behavior of the structures and to determine their collapse safety.

When results of strong earthquakes, that took place in our country which is sited in a zone of high seismicity, are studied, it is clearly seen that level of damage on structures is high and loss of life caused by structural damage is great. When these consequences are considered, the first aim of earthquake engineering is to endure earthquakes without having too much structural damage that will be the cause of human loss. Among studies conducted to achieve this goal, the evaluation of earthquake safety of existing structures by performance based analyses takes the first place.

In this study, which is presented as a Master of Science Thesis, it is studied on totally forty plane frame structural system which have fixed span length and fixed storey height. The number of storey varies between one and eight and the number of span varies between one and five for these plane frame structural systems. The value of performance points for these structure systems were determined with using SAP 2000. Equivalence quake load method was used for the quake load in these systems. After the quake loads effected on the systems , its calculated that performans point values ($P-\delta$) according to Capasity Spectrum Method by SAP 2000 analysis programme.

The impact of the values of B and H on the performance point was investigated by using artificial neural networks. The number of thirty two of these structural systems were used for training in ANN. Other eight structural systems were used for testing the network. Its understood that the performance point of the plane frame structural systems with fixed span length and storey heigth but on condition that B and H values variable ,can be easily found by using ANN.

Keywords : Capacity curve, Capacity Spectrum Method, Performance point , Artificial neural network,

1. GİRİŞ

1.1. Konu

Ülkemizin aktif bir deprem kuşağının içinde yer alması, tarihte meydana gelen depremlerden dolayı büyük maddi hasarlar meydana gelmesi ve çok fazla can kayıplarının olması, binaların depreme karşı dayanıklı, yeterli güvenlik ve ekonomik olarak tasarımının önemini vurgulamaktadır. Sismoloji bilimi ve yapı mühendisliğindeki gelişmeler, örneğin hassas sismografların yapılması, bilgisayarların gelişmesi ve malzeme bilimindeki gelişmeler, mühendislerin deprem hareketini ve depremin yapılar üzerindeki etkilerini daha gerçekçi ve aslına uygun olarak belirlemesine katkıda bulunmaktadır. Bu gelişmeler, yapı sistemlerinin deprem sırasındaki davranışlarının daha yakından izlenmesine ve gerçek göçme güvenliklerinin belirlenmesine olanak sağlamaktadır.

Mevcut bir yapının, düşey ve yatay yükler altındaki davranışı, çeşitli belirsizlikler nedeniyle tam olarak belirlenememektedir. Ayrıca, depremin yapıya etki yönünün sürekli değişken olması da düşünüldüğünde, yapının davranışındaki belirsizlikler daha da artmaktadır. Yakın zamanda yaşanan depremlerden alınan dersler, bu alanda daha kapsamlı çalışmaların yapılması gerektiğini ortaya çıkarmış ve daha gerçekçi çözüm yöntemleri geliştirilmeye başlanmıştır. Bilgisayarlardaki gelişime paralel olarak karmaşık hesaplar geliştirilmiş olup, bu hesaplamalar sırasındaki olası hataların en aza indirilebilmesi sağlanabilmektedir. Bu doğrultuda hazırlanmış olan yazılımlar sayesinde gelişmiş hesap yöntemleri, çeşitli yapı modelleri üzerinde çok kısa bir zamanda uygulanabilir duruma gelmiştir.

Günümüzde yapıların deprem davranışlarının belirlenmesinde performansa dayalı analiz yöntemlerinin kullanılması oldukça önem kazanmıştır. Performansa dayalı analiz; kuvvet esaslı yerdeğiştirme kontrollü, doğrudan yerdeğiştirme esaslı ve enerji esaslı olmak üzere üç şekilde gerçekleştirilmektedir. Bu yöntemlerde yapının deprem davranışı performans kriterleri ile belirlenmektedir. Kuvvet esaslı yerdeğiştirme kontrollü performans analizleri, kuvvet-yerdeğiştirme ilişkisine dayanan kapasite eğrilerinin kullanılmasıyla, doğrudan yerdeğiştirme esaslı performansa bağlı analizler, yerdeğiştirme hedeflerinin belirlenmesiyle, enerji esaslı performansa bağlı analizler ise, yapı sistemlerinin deprem sırasındaki performanslarının enerjilerine bağlı olarak belirlenebilmektedir.

Son yıllarda geliştirilen performansa dayalı analiz yöntemi, yapının öngörülen deprem etkisi altında tepki deplasmanı ve buna bağlı performans değerlendirmelerine bağlıdır. Bu yöntemde,

yapının artan yatay yükler altında ne şekilde davrandığının (kapasite eğrisinin çizilmesi), belirli bir deprem etkisi altında yapının talep ettiği spektral deplasmanın belirlenmesi (performans noktası), buna bağlı olarak da, yapısal elemanların her birinin yaptığı şekil değiştirme ve deplasmanların belirlenmesi suretiyle, her birinin hasar bakımından maruz kalacağı durumu görmek , ortaya çıkan tabloya göre, yapı performansı hakkında değerlendirmede bulunmak şeklinde bir yol izlenir. Bu analiz yöntemiyle “deprem sırasında hangi taşıyıcı yapı elemanında hasar oluşacaktır, hasar dağılımı nasıldır, hasar büyüklüğü nedir?” sorularına cevap verilebilmektedir.

Kapasite eğrisi olarak adlandırılan yatay yük- tepe noktası yerdeğiştirmesi ilişkisi sayesinde, elemanlarda veya yapıda oluşabilecek hasar, kısmi veya toptan göçme durumları elde edilebilmekte, yapının zayıf elemanları ve bunların oluşma yerleri, yapının göçme durumuna ait limit yük değeri ve göçme anındaki yerdeğiştirme miktarı, yapı sisteminin ve elemanlarının deformasyon talepleri belirlenebilmektedir. Ayrıca dikkate alınan deprem etki seviyesi için, yapının deprem etkileri altında kendisinden istenen performans seviyesini sağlayıp sağlamadığı kontrol edilmektedir.

1.2. Konu İle İlgili Yapılmış Çalışmalar

1.2.1. Performansa Dayalı Tasarım ve Değerlendirme ile İlgili Yapılmış Çalışmalar

Yer değıştirmeye bağılı performans kriterlerini esas alan yapısal değıerlendirme ve tasarım kavramı , özellikle son yıllarda Amerika Birleşik Devletlerinin deprem bölgelerindeki mevcut yapıların deprem güvenliklerinin daha gerçekçi olarak belirlenmesi ve yeterli güvenlikte olmayan yapıların güçlendirilmeleri çalışmaları sırasında ortaya konulmuş ve geliştirilmiştir.

Amerika Birleşik Devletlerinin California eyaletinde, 1989 Loma Prieta ve 1994 Northridge depremlerinin neden olduğu büyük hasar , deprem etkileri altında yeterli bir dayanımı öngören performans kriterlerine alternatif olarak , yerdeğıştirme ve şekil değıştirmelere bağılı olarak tanımlanan daha gerçekçi performans kriterlerini esas alan yöntemlerin geliştirilmesi gereksinimini ortaya çıkarmıştır (Hancıoğlu, B. ,2004)

Bu gereksinimi karşılamak amacıyla , Applied Technology Council (ATC) tarafından Guidelines and Commentary for Seismic Rehabilitation of Buildings – ATC 40 ve Federal Emergency Management Agency (FEMA) tarafından NEHRP Guidelines for the Seismic Rehabilitation of Buildings – FEMA 273 , 356 raporları yayınlanmıştır. Daha sonra , bu çalışmaların sonuçlarının irdelenerek geliştirilmesi amacıyla ATC 55 projesi ve bu projenin bulgularını içeren FEMA 440

taslak raporu hazırlanmıştır. Bu organizasyonların yanında , Building Seismic Safety Council (BSSC) , American Society of Civil Engineers (ASCE) ve Earthquake Engineering Research Center of University of California at Berkeley (EERC-UCB) tarafından yürütülen diğer projeler de bu alandaki araştırmalara katkı sağlamaktadır.

ATC 40'da mevcut betonarme yapıların sismik değerlendirilmesi ve güçlendirilmesi ile ilgili konulara yer verilmiştir. Bu amaçla geliştirilmemiş olsa dahi, ATC 40'da yer almakta olan analitik yöntemler, yeni yapıların tasarımında da kullanılmaktadır. ATC 40'da yapısal ve yapısal olmayan elemanlar ayrı ayrı değerlendirilmiş, yapısal ve yapısal olmayan elemanlara ait performans seviyeleri ve aralıkları tanımlanmış ve bunların birleşiminden elde edilen yapı performans seviyeleri belirtilmiştir. Deprem etki seviyeleri, zemin sınıfları ve zemin özellikleri tanımlanmıştır. ATC 40 kapsamında, mevcut yapılardaki eksikliklerin belirlenmesi ve güçlendirme stratejileri iki ayrı bölüm olarak verilmiştir. Doğrusal olmayan statik artımsal itme analizi hakkında açıklamalar yapılmış ve bu başlık altında Kapasite Spektrumu Yöntemi ayrıntılı olarak sunulmuştur. Ayrıca doğrusal olmayan statik artımsal itme analizi sonucunda elde edilen yapı kapasite eğrisini esas alan ve deprem etkileri altında yapı sistemlerinin performans seviyesinin belirlenmesine yönelik olarak kullanılan Deplasman Katsayıları Yöntemi ve Sekant Yöntemi hakkında da açıklamalar bulunmaktadır. Çeşitli yapı elemanlarına (kolon, kiriş, vb.) ait modelleme parametrelerine yer verilmiş ve yapı sistemlerinin deprem etkileri altında performanslarının belirlenebilmesi için kat ötelenmeleri ve plastik mafsallı dönme değerleri cinsinden performans seviyelerine ait sınır değerler sunulmuştur (ATC 40 , 1996).

FEMA 273'de, deprem etki seviyeleri, doğrusal ve doğrusal olmayan statik analiz yöntemleri, yapıların onarımı ve güçlendirilmesi hakkında açıklamalar yapılmıştır. Taşıyıcı sistem elemanları ile ilgili modelleme parametrelerine yer verilmiş, çelik ve betonarme yapıların performans seviyelerinin belirlenmesi ve değerlendirilmesi ile ilgili ve sınır değerlere ait kriterler sunulmuştur. Ayrıca ahşap ve hafif metal yapıların performans dayalı tasarımı ve değerlendirilmesi ile ilgili konulara yer verilmiştir.

FEMA 356'da, performans hedefleri, yapısal ve yapısal olmayan elemanlara ait performans seviyeleri ve aralıkları, deprem etki seviyeleri tanımlanmıştır. Analiz yöntemleri hakkında bilgiler verilmiş ve doğrusal olmayan statik artımsal itme analizi yöntemleri kapsamında, yapı sistemlerinin performans seviyesinin belirlenmesinde kullanılmakta olan Deplasman Katsayıları Yöntemi ayrıntılı biçimde verilmiştir. Çelik ve betonarme yapı elemanları ayrı iki bölümde ele alınmış ve her bölümde elemanlara ait modelleme parametreleri ile performans seviyelerine ait sınır değerlere yer verilmiştir. FEMA 356'da dolgu duvarların modellenmesi ile ilgili açıklamalar

yapılmıştır. Ayrıca ahşap ve hafif metal yapıların performans esaslı tasarımı ve değerlendirilmesinde yeni yaklaşımlara yer verilmiştir (FEMA 356 , 2000).

Diğer taraftan, Avrupa Birliği standartları arasında bulunan Eurocode 8.3 standardında da, mevcut yapıların deprem performanslarının belirlenmesine yönelik araştırmaların sonuçlarını içeren yaklaşımlar yer almaktadır. Eurocode 8’de, doğrusal olmayan statik analiz yöntemleri ve doğrusal olmayan dinamik analiz yöntemleri ayrıntılı şekilde sunulmuştur. Yapı sistemlerin performansa dayalı tasarımı ve değerlendirilmesi için, performans tanımlamalarına ve elemanlara ait modelleme parametrelerine yer verilmiştir (Uçar, T. , 2005)

Ülkemizde, özellikle 1999 Adapazarı – Kocaeli ve Düzce depremlerinin ardından, mevcut yapıların deprem güvenliklerinin belirlenmesi ve yeterli deprem güvenliğine sahip olmayan yapıların güçlendirilmesi amacıyla pratik uygulamalar yapılmaktadır. Ancak, diğer birçok ülkede olduğu gibi ülkemizde de mevcut yapıların deprem güvenliklerinin belirlenmesine yönelik bir yönetmeliğin henüz mevcut olmaması nedeniyle, bu uygulamaların önemli bir bölümü yeni yapılacak yapılar için geçerli olan yönetmelik esas alınarak gerçekleştirilmiştir. Bu durumun oluşturduğu sakıncaları ortadan kaldırmak amacıyla 2007 Deprem Yönetmeliğinde mevcut binaların deprem güvenliklerinin belirlenmesi ve güçlendirilmesi ile ilgili bölüm yayımlanmıştır.

Lefort, T. (2000) tarafından “ Advanced Pushover Analysis of RC Multi-Storey Buildings” isimli bir yüksek lisans tezi yapılmıştır. Tezde lineer olmayan statik hesap yöntemleri (Kapasite Spektrum Yöntemi, Deplasman Katsayısı Yöntemi, Sekant Yöntemi) hakkında genel bilgiler verilmiştir. Lineer olmayan statik pushover analizin lineer olmayan dinamik analize daha iyi bir alternatif olabilmesi için geliştirilmesi gerekli olan eksikleri belirtilmiştir. Bunlar genel olarak; pushover analizinin teorik temelleri, yatay yük dağılımının seçimi, yüksek mod etkileri ve modal özelliklerdeki değişiklikler, yapının kapasitesi ve deprem talebi arasındaki ilişki, dinamik özellikler, karmaşık üç boyutlu davranışta ve düşeydeki düzensizliklerde yapılan aşırı basitleştirmeler ve düşey deprem yükleme şeklinde sıralanmaktadır. Tezde, biri düzenli diğeri yumuşak kat düzensizliğine sahip iki on katlı düzlem yapı seçilerek çeşitli yatay yük dağılımları için (düzgün yayılı yatay yük, ters üçgen yayılı yatay yük, birinci modun yapı rijitliğine bağlı olarak sürekli değiştirildiği yatay yük dağılımı ve ilk beş modun kombinasyonunun yapı rijitliğine bağlı olarak sürekli değiştirildiği yatay yük dağılımı) statik pushover analizleri yapılmıştır. Bu analizlerin sonuçları lineer olmayan dinamik analiz sonuçları ile karşılaştırılmıştır. Sonuç olarak, klasik pushover analizlerinin geliştirildiği, modal özelliklerdeki değişiklikleri içeren yeni bir yöntem önerilmektedir. “Adaptive Pushover Method” olarak isimlendirilen yöntemin klasik pushover metotlarına göre lineer olmayan dinamik yöntemlere daha yakın sonuçlar verdiği belirtilmiştir (Lefort, T., 2000)

Antoniou, S. (2001) tarafından “Pushover Analysis for Seismic Assessment of RC Structures” isimli bir rapor yayınlanmıştır. Raporda yapıların deprem güvenliğini değerlendirme yöntemleri hakkında genel bilgiler verilerek performans dayalı tasarım ve değerlendirme çalışmaları kronolojik olarak sunulmuştur. Yapıların performansını değerlendirmede lineer olmayan statik pushover analizin yeri, lineer olmayan dinamik analiz yöntemlerine göre eksiklikleri, lineer statik ve dinamik analiz yöntemlerine göre üstünlükleri belirtilmiştir. Raporda, depremi temsil eden yatay kuvvetlerin yapının modal özelliklerine bağlı olarak her hesap adımında değiştirildiği “Adaptive Pushover Procedure” isimli bir prosedür önerilmektedir. Düzlem çerçeve yapılar için geliştirilen yöntem öncelikle üç katlı bir yapı üzerinde ayrıntılı olarak açıklanmıştır. Daha sonra yöntemin doğrulanması amacıyla düzenli, dayanım düzensizliği bulunan ve rijitlik düzensizliği bulunan yapılar üzerinde geleneksel pushover analizleri, adaptive pushover analizleri (önerilen) ve lineer olmayan dinamik analizler yapılmıştır. Sonuçlar karşılaştırılmış ve önerilen yöntemin geleneksel yöntemlere göre lineer olmayan dinamik analiz sonuçlarına daha yakın sonuçlar verdiği belirtilmiştir .

Chopra, A. K. ve Goel, R.K. (2001) tarafından “A Modal Pushover Analysis Procedure For Estimating Seismic Demands For Buildings” isimli bir çalışma yapılmıştır. Çalışmada, sabit yatay kuvvet dağılımını kullanan mevcut prosedürlerin hesapsal ve kavramsal basitliğinin korunduğu, yapı dinamiği teorisine dayanan geliştirilmiş bir pushover prosedürü geliştirilmiştir. Modal pushover analiz olarak isimlendirilen prosedürde, deprem talebi, etkin deprem kuvvetlerinin modal dağılımındaki bireysel terimler nedeniyle, her bir mod için atalet kuvveti dağılımını kullanan bir pushover analiz ile belirlenmektedir. Daha sonra bu modal talep değerleri birleştirilerek lineer olmayan sistemlerdeki toplam deprem talebi belirlenmektedir. Dokuz katlı çelik düzlem bir çerçeve alınarak prosedür uygulanmıştır. Elde edilen sonuçlar lineer olmayan dinamik analiz sonuçları ile karşılaştırılmıştır. Sonuçlara göre, geliştirilen prosedürün binaları değerlendirme ve dizayn etmede pratik uygulamalar için yeteri kadar kesin olduğunu belirtilmiştir (Uçar, T., 2005)

Elmensdorp, J. Ve Eribarne, J.(2001) tarafından “Approximating Dynamic Response Through Nonlinear Pushover Analysis” isimli bir çalışma yapılmıştır. Çalışmada, yapıların performansını değerlendirmede lineer olmayan statik analizin (pushover analizin) yeri, lineer olmayan dinamik analiz yöntemlerine göre eksiklikleri, lineer statik ve dinamik analiz yöntemlerine göre üstünlükleri belirtilmiştir. Pushover analizin, deplasmanların ve rölatif kat ötelemelerinin daha kesin hesabı, gevrek elemanlardaki ve birleşimlerdeki kuvvet talebinin daha gerçekçi hesabı, dayanım düzensizliklerinin belirlenmesi, özel detaylama için kritik bölgelerin deformasyon taleplerinin belirlenmesi gibi yapıyla ilgili önemli bilgiler içerdiği belirtilmiştir. Kapasite

Spektrumu Yöntemi ile performans değerlendirme hakkında bazı bilgiler verilmiştir. Ayrıca çalışmada iki katlı iki açıklıklı düzlem bir çerçeve üzerinde, yatay deprem yükü dağılımlarının etkisi incelenmiştir. Bunun için iki farklı yük dağılımı (birincisi her katta eşit yük ikincisi ters üçgen yük) seçilmiş ve elde edilen kapasite eğrileri karşılaştırılmıştır (Uçar, T., 2005).

Calvi ve Priestley (1997) yer değiştirme analizinin genel felsefesini ve yöntemini detaylı olarak incelemiş , tek serbestlik dereceli ve çok serbestlik dereceli sistemler için yer değiştirme profilleri oluşturmuşlardır. Çalışmalarında , doğrudan yer değiştirme esaslı analiz yöntemini kullanarak , çeşitli kat adetlerinde yapı sistemlerini incelemiş ve yer değiştirme davranışını belirleyerek , yer değiştirme profillerini elde etmişlerdir. Bu yer değiştirme profilleri ile zaman tanım alanında analiz sonuçları karşılaştırılarak analizin yaklaşıklığı belirlenmiştir.

Fajfar ve Krawinkler (1997) çalışmalarında yer değiştirme kontrollü analize değinmişlerdir. Bu yaklaşımın en uygun performans analizi olduğunu savunmuşlar ve gelecek vaat ettiğini belirtmişlerdir.

Erkek (2005) ise performansa dayalı tasarım konusunda doğrusal olmayan statik itme analizi üzerinde çalışmıştır. Mevcut ve güçlendirilmiş durumu incelen yapı ATC 40 Kapasite Spektrumu Yöntemi'yle incelenmiş ve yazılım olarak SAP 2000 programı kullanılmıştır. Taşıyıcı sistem yük – şekil değiştirme ilişkileri SAP 2000 programı varsayılan özellikleri kabul edilerek incelenmiştir. [9]

1.2.2. Yapay Sinir Ağları ile İlgili Yapılmış Çalışmalar

Civalek ve Çatal (2004), farklı mesnet şartları için elastik kirişlerin deplasman ve titreşim frekanslarını veren çok katmanlı yapay sinir ağı geliştirmişlerdir. Eğitim ve test setlerinde deplasman ve titreşim analizi için farklı mesnetler kullanılmıştır. Yapay sinir ağından elde edilen sayısal sonuçlar analitik yöntemle hesaplanan sonuçlarla karşılaştırılmıştır.

Civalek ve Ülker (2004), dikdörtgen plakların doğrusal ve doğrusal olmayan analizinde yapay sinir ağı kullanmıştır. Dikdörtgen plakların orta nokta momentleri ve deplasmanları hesaplanmıştır.

Keleşoğlu, Ekinci ve Fırat (2005), yalıtım malzemesinin kalınlığının tespitinde çok katmanlı ileri beslemeli yapay sinir ağı kullanılmıştır. Yapı elemanı olarak tuğla duvar seçilmiş olup yalıtım malzemesi olarak da mineral yün tercih edilmiştir.

Dere (1997), yapı analizi ve tasarımıdaki uygulamaları yapay sinir ağıyla incelemiştir. Çalışmada turbo pascal dilinde geliştirilen bir bilgisayar programı kullanılmıştır. Analitik yöntemle bulunan sayısal sonuçlarla yapay sinir ağından elde edilen sayısal sonuçlar karşılaştırılmıştır (Dere, Y., 1997).

Armutcu (1997), genetik algoritmayı çelik düzlem çerçevelere uygulamıştır. Deplasman ve sınır gerilmelerde TS 648 esas alınmıştır. Örnek çerçeve çözümleri yapılarak elde edilen sonuçlar incelenmiştir.

Bu çalışmada yapay sinir ağlarının düzlemsel çerçeveli yapıların deprem güvenliklerinin belirlenmesindeki uygulamalar incelenmiştir. Yapay sinir ağlarının düzlemsel çerçeveli yapı sistemlerinin deprem güvenliklerinin belirlenmesi üzerindeki etkinliğini araştırmak için sekiz kata kadar ve beş açıklığa kadar değişen toplam kırk adet yapı sistemi üzerinde uygulama yapılmıştır. Her uygulamada yapıların açıklık ve kat sayıları farklı olan sistemler seçilerek bu yapıların deprem yükleri altında en büyük taban kesme kuvveti ve en büyük tepe noktası deplasmanı değerleri belirlenmiştir. Uygulamalarda elde edilen sonuçlar tablo ve grafik olarak düzenlenmiştir. Her uygulamada oluşan hata değerleri hesaplanarak, yapay sinir ağının düzlemsel çerçeveli sistemlerin deprem performanslarının belirlenmesi üzerindeki öğrenme yeteneği araştırılmıştır.

1.3. Çalışmanın Amacı ve Kapsamı

Bu tez çalışmasında; düzlemsel çerçeveli çelik yapı sistemlerinin deprem performansı değerlerinin bulunması ve bulunan bu değerlerin yapay sinir ağlarında eğitilmesiyle, yapıların yatay doğrultudaki uzunlukları (B) ve toplam bina yüksekliklerinin (H) yapıların deprem performanslarına olan etkileri araştırılmıştır. Bu amaçla; açıklık uzunlukları sabit beş metre olan bir ile beş açıklık arasında değişen, kat yükseklikleri ise sabit üç metre olan bir ile sekiz kat arasında değişen toplam kırk adet yapı sistemi üzerinde inceleme yapılmıştır.

İncelenmiş olan yapılar; birinci derece deprem bölgesinde, Z2 zemin sınıfı üzerinde ve konut olarak kullanılmak üzere tasarlanmış olup, çerçeve elemanların boyutlandırılmasına kompozit davranış hesaba katılmamıştır.

İncelenmiş olan yapılar SAP 2000 programı yardımıyla tasarlanmış ve yine aynı program yardımıyla, söz konusu sistemlerin deprem performans noktası değerleri ATC 40 kriterlerine göre bulunmuştur. Yapıların deprem kuvvetleri, Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemine göre bulunarak SAP 2000 programında modellenmiş olan düzlemsel çerçevelerde her kat için düğüm

noktalarına etki ettirilmiştir. SAP 2000 programı ile performans noktaları tespit edilmiş olan sistemlerde maksimum tepe noktası deplasmanı değeri ve taban kesme kuvveti değeri bulunmuştur.

Performans noktası değeri bulunmuş olan yapı sistemlerinin; bu performans noktası değeri ne şekilde değişeceğini anlamak için yapıların sadece yatay uzunlukları (B) ve toplam bina yükseklikleri (H) değişen düzlemsel çerçeveli yapıların deprem performansı değeri tahmin edilebilmesi yönünden, bulunmuş olan performans noktası değeri yapay sinir ağlarında eğitilerek araştırma yapılmıştır. YSA'da eğitim işlemleri MATLAB programı yardımıyla yapılmıştır. YSA sonuçları ile gerçek sonuçlar arasında yakın bir ilişki olduğu belirlenmiştir.

2. YAPI SİSTEMLERİNİN DEPREM GÜVENLİĞİNİN BELİRLENMESİNDE PERFORMANSA DAYALI TASARIM VE DEĞERLENDİRME KAVRAMI

2.1. Giriş

Performansa dayalı tasarım ve değerlendirme , günümüz inşaat mühendisliğinin en yeni kavramları arasındadır. Yer değiştirmeye ve şekil değiştirmeye bağlı performans kriterlerini esas alan yapısal değerlendirme ve tasarım kavramı, özellikle son yıllarda Amerika Birleşik Devletleri'nin deprem bölgelerindeki mevcut yapıların deprem güvenliklerinin daha gerçekçi olarak belirlenmesi ve yeterli güvenlikte olmayan yapıların güçlendirilmeleri çalışmaları sırasında ortaya konulmuş ve geliştirilmiştir (Özer, E., 2004).

İlk kullanıma nedeni mevcut yapıların deprem etkisi altındaki davranışlarının ve buna bağlı olarak gerçek deprem güvenliklerinin belirlenmesi olan performans kavramının giderek geliştirilmesiyle, bu kavramın yeni yapılacak binalarda da uygulanması düşünülmüştür. Bu nedenle, yakın bir gelecekte, performans kavramına ilişkin esasların yeni inşa edilecek yapılara ait yönetmeliklerde de yer alması beklenmektedir.

Yapıların deprem etkileri altındaki performanslarının değerlendirilmesi genel olarak iki farklı kritere göre yapılabilmektedir. Kuvvet bazlı değerlendirme adı verilen birinci tür değerlendirmede, yapı elemanlarının dayanım kapasiteleri elastik deprem yüklerinden oluşan ve lineer teoriye göre hesaplanan etkilerle karşılaştırılmakta ve yapı elemanının sünekliğini göz önüne alan, eleman bazındaki bir tür deprem yükü azaltma katsayısı kullanarak, yapıdan beklenen performans hedefinin sağlanıp sağlanmadığı kontrol edilmektedir.

Yer değiştirme ve şekil değiştirme esaslı değerlendirmenin esas alındığı ve genel olarak malzeme ve geometri değişimleri bakımından lineer olmayan sistem hesabına dayanan yöntemlerde ise, belirli bir deprem etkisi binadaki yer değiştirme istemine ulaşıldığında, yapıdan beklenen performans hedefinin sağlanıp sağlanmadığı kontrol edilmektedir (Özer, E., 2004).

Aşağıdaki bölümlerde, performansa dayalı analizin temel kavramları olan, ön görülen deprem etkisi ve yapısal performans seviyeleriyle ilgili açıklamalara yer verilecektir.

2.2. Performans Hedefinin Belirlenmesi

Belirli bir deprem hareketi altında, bina için öngörülen yapısal performans, performans hedefi olarak tanımlanır. Yapısal performans, bir yapıyı oluşturan ve taşıyıcı ve taşıyıcı olmayan elemanlarının performans seviyeleri ile tanımlanır. Bir yapı için, birden fazla yer hareketi altında farklı performans hedefleri öngörülebilir. Buna çok seviyeli performans hedefi denir.

Performansa dayalı deprem mühendisliğinde, bir binanın deprem performans hedefi iki sorunun cevabını içermektedir.

- Binada depremden sonra nasıl bir hasar durumu ve bununla ilgili olarak nasıl bir performans seviyesi beklenmektedir?
- Hasar durumu ve performans seviyesinin belirlenmesinde esas alınacak deprem hangi büyüklükte bir depremdir?

2.3. Performans Seviyelerinin Değerlendirilmesi

Performans seviyeleri verilen bir yapı için, verilen bir deprem etkisi altında öngörülen hasar miktarının sınır durumlarıdır. Bu sınır durumlar, binadaki taşıyıcı ve taşıyıcı olmayan elemanlardaki hasarın miktarına, bu hasarın can güvenliği bakımından bir tehlike oluşturup oluşturumamasına, deprem sonrasında binanın kullanılıp kullanılmamasına ve hasarın neden olduğu ekonomik kayıplara bağlı olarak belirlenir. Yapısal performans seviyesi, taşıyıcı ve taşıyıcı olmayan elemanların performans seviyelerinin birleşiminde oluşmaktadır. Dolayısıyla her yapısal performans seviyesi, taşıyıcı ve taşıyıcı olmayan elemanların performans seviyelerinin bir kombinezonu olarak belirlenir.

2.3.1. Taşıyıcı Elemanlar İçin Performans Seviyeleri ve Aralıkları

ATC 40 ve FEMA 273, 356 dökümanlarında, taşıyıcı elemanlar için tanımlanan performans seviyeleri ve performans aralıkları Çizelge 2.1.'de gösterilmiştir.

Çizelgede belirtilerek kodlanan performans seviyeleri ve aralıkları aşağıda ayrıntılı olarak tanımlanmıştır.

Çizelge 2.1. Taşıyıcı eleman performans seviyeleri [3]

Performans Seviyesi	Performans Aralığı	Açıklama
S-1		Hemen Kullanım Performans Seviyesi
	S-2	Hasar Kontrol Performans Aralığı
S-3		Can Güvenliği Performans Seviyesi
	S-4	Sınırlı Güvenlik Performans Aralığı
S-5		Göçmenin Önlemi Performans Seviyesi
S-6		Hasarın Dikkate Alınmadığı Performans Seviyesi

Hemen Kullanım Performans Seviyesi (S-1)

Deprem sonrasında sadece sınırlı bir takım yapısal hasarların meydana geldiği ve taşıyıcı sistemde çok az hasarın olduğu durumdur. Mevcut yapının deprem öncesindeki dayanım, rijitlik ve sünekliği deprem sonrasında da aynen korunmaktadır. Yapısal hasarların sonucu olarak, yaşamı tehlikeye atan hasarların oluşma riski çok düşüktür. Yapı deprem sonrasında tam kapasiteyle kullanılabilir.

Hasar Kontrol Performans Aralığı (S-2)

Deprem sonrasında yapıda oluşan hasarın, Hemen Kullanım Yapısal Performans Seviyesi ve Can Güvenliği Yapısal Performans Seviyesi arasında bulunan hasar durumlarının olduğu performans aralığı olarak tanımlanabilir. Can güvenliğinin sağlanması ile birlikte hasar miktarının da belirli ölçüde sınırlandırılması gerekmektedir. Deprem yönetmeliklerinde, 50 yıllık süre içinde aşılma olasılığı %10 olarak tanımlanan tasarım depremi etkisinde öngörülen performans seviyesi bu aralığa girer.

Can Güvenliği Performans Seviyesi (S-3)

Deprem sonrasında taşıyıcı sistemde önemli hasarların meydana geldiği fakat kısmi veya toptan göçme durumunun söz konusu olmadığı hasar durumudur. Bazı yapısal elemanlar ve bileşenlerde, yer yer hasarlar olabilir fakat bu hasarlar yapıda göçme riski oluşturmamaktadır. Deprem sırasında yaralanmalar olabilir fakat bu yaralanmalar yapısal hasarlarla ilgili değildir. Yapıyı komple onarmak mümkün olabilir fakat ekonomik nedenlerden dolayı pratik olmayabilir.

Yönetmelik esaslarına göre tasarlanan yeni yapıların, bu yapısal performans seviyelerine ulaşmaması beklenir.

Sınırlı Güvenlik Performans Aralığı (S-4)

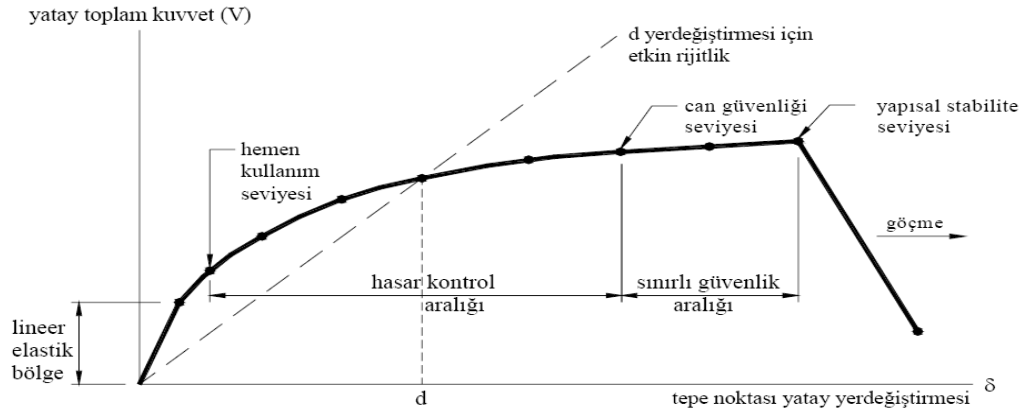
Bu yapısal performans aralığı, Can Güvenliği Yapısal Performans Seviyesi ile Göçmenin Önlenmesi Yapısal Performans Seviyesi arasında kalan hasar türü olarak belirtilmektedir. Taşıyıcı elemanların performansları tamamen can güvenliği koşullarını sağlamayabilir, fakat göçmenin önlenmesi performans seviyesinden daha yüksektir.

Göçmenin Önlenmesi Performans Seviyesi (S-5)

Göçmenin Önlenmesi Yapısal Performans Seviyesi, yapının kısmen veya toptan göçme sınırına geldiği ağır hasar durumudur. Taşıyıcı elemanlarda büyük hasarlar oluşmuş, dayanım ve rijitliklerinde önemli azalmalar meydana gelmiştir. Bununla beraber, yapının taşıma kapasitesi düşey yükleri taşımaya devam etmek için yeterlidir. Yapı stabilitesi korunmakla birlikte, yapısal yıkıntılardan dolayı çökme riskine bağlı olarak önemli yaralanmalar yaşanabilir. Önemli oranda can güvenliği riski bulunmaktadır. Yapıyı teknik olarak onarmak mümkün olmayabilir. Yapının içine tekrar yerleşmek güvenli olmayabilir; çünkü ana şok gelebilecek deprem aktiviteleri göçmeye neden olabilir. Bu seviyenin, yeni yapıların tasarımında en büyük deprem etkisi altında sağlanması önerilmektedir. Düşük bir deprem etkisi altında bu seviyenin dikkate alınması, daha yüksek bir deprem etkisinde güç tükenmesi anlamına gelecektir ki, bu durumun da kabul edilmesi uygun değildir.

Performansın Dikkate Alınmadığı Seviye (S-6)

Bir performans seviyesi olmayıp, sadece yapısal olmayan sismik değerlendirme ve güçlendirmenin söz konusu olduğu durumlarda geçerlidir. Yapısal elemanlara ait hasarların dikkate alınmadığı durumdur.



Şekil 2.1. Kapasite eğrisinde performans seviyeleri ve aralıkları (Özer, E., 2004)

Aşağıda Çizelge 2.2. 'de Performans seviyeleri ve performans kriterleri gösterilmiştir.

Çizelge 2.2. Yapıların performans seviyeleri ve performans kriterleri

Performans Seviyesi	Performans Kriterleri
Hemen Kullanım (HK)	1. Kirişlerin en fazla %10'u HK-CG aralığında olmalıdır. 2. Hiçbir düşey taşıyıcı eleman HK seviyesini geçmemelidir. 3. Hiçbir kiriş eleman CG seviyesini geçmemelidir. 4. Kat görelî ötelenmesi %0.8 değerini aşmamalıdır.
Can Güvenliği (CG)	1. Kirişlerin en fazla %20'si CG-GÖ aralığını geçebilir. 2. CG-GÖ aralığında düşey taşıyıcılar tarafından taşınan kesme kuvvetinin o kattaki kat kesmesine oranı 520'yi aşmamalıdır. Bu oran çatı katında %40'ı geçmemelidir. 3. Her iki ucu akmış düşey taşıyıcı elemanların taşıdığı kesme kuvveti, kat kesmesinin %30'unu aşmamalıdır. 4. Kat görelî ötelenmesi %2 değerini aşmamalıdır.
Göçmenin Önlenmesi (GÖ)	1. Kirişlerin en fazla %20'si GÖ'yü geçebilmektedir. 2. GÖ'yü geçmiş düşey taşıyıcıların taşıdığı kesme kuvveti, kat kesmesinin %30'unu aşmamalıdır. 3. Her iki ucu akmış düşey taşıyıcı elemanların taşıdığı kesme kuvveti, kat kesmesinin %30'unu aşmamalıdır. 4. Kat görelî ötelenmesi %3 değerini aşmamalıdır.
Göçme Durumu	Göçmenin ötelenmesi durumu sağlanmıyorsa, göçme durumundadır.

2.3.2. Taşıyıcı Olmayan Elemanlar İçin Performans Seviyeleri

Taşıyıcı olmayan yapı elemanları için ATC 40 ve FEMA 273, 356'de tanımlanan performans seviyeleri Çizelge 2.3.'de gösterilmiş ve aşağıda açıklanmıştır.

Çizelge 2.3 Taşıyıcı olmayan elemanların performans seviyeleri

Performans Seviyesi	Kod
Kullanıma Devam	N-A
Hemen Kullanım	N-B
Can Güvenliği	N-C
Azaltılmış Hasar	N-D
Performansın Dikkate Alınmadığı Seviye	N-E

Kullanıma Devam Performans Seviyesi (N-A)

Taşıyıcı olmayan elemanlar ile tesisatta ve diğer ekipmanda hasar oluşmaz veya ihmal edilebilecek kadar az hasar meydana gelir. Bu hasar, yapının ve ekipmanın kullanımını engellemez.

Hemen Kullanım Performans Seviyesi (N-B)

Taşıyıcı olmayan elemanlarda, ekipman ve tesisatta hasar oluşabilir. Bazı eleman ve ekipmanın onarılması ve/veya değiştirilmesi gerekebilir. Kullanım bakımından ortaya çıkabilecek kısıtlamalar kısa zamanda giderilerek yapı kullanılmaya devam eder.

Can Güvenliği Performans Seviyesi (N-C)

Taşıyıcı olmayan elemanlarda, ekipman ve tesisatta hasar oluşabilir. Ancak, binanın içindeki veya dışındaki ağır elemanlarda, yaralanmalara neden olabilecek makine devrilmesi, kopmalar, düşmeler söz konusu değildir. Tesisat ve ekipmanda onarım gereksinimi doğabilir.

Azaltılmış Hasar Performans Seviyesi (N-D)

Taşıyıcı olmayan elemanlarda, ekipman ve tesisatta ciddi hasar meydana gelebilir. Ancak, dış cephe kaplamalarının dökülmesi, asma tavanların düşmesi insanların gruplar halinde yaralanmalarına neden olabilecek hasar oluşmaz.

Performansın Dikkate Alınmadığı Seviye (N-E)

Bazı hallerde, yapının davranışını ve kullanımını etkilemeyen bazı ikincil elemanlar için performansın dikkate alınmasına gerek olmayabilir.

2.3.3. Bina Performans Seviyeleri

Binanın toplam yapısal performans seviyesi, taşıyıcı ve taşıyıcı olmayan elemanların performans seviyelerinin birleşiminden oluşmaktadır. Çizelge 2.4.'de bu performans seviyelerinin olası kombinezonları yer almaktadır. Çizelgede **KÖ** ile belirtilen kombinezonlar, kullanılması önerilmeyen performans seviyelerini göstermektedir.

Çizelge 2.4. Bina yapısal performans seviyeleri

Taşıyıcı Olmayan Eleman Performans Seviyeleri	Taşıyıcı Eleman Performans Seviyeleri				
	S-1	S-2	S-3	S-4	S-5
N-A	1-A <i>Kullanıma devam</i>	2-A	KÖ	KÖ	KÖ
N-B	1-B <i>Hemen kullanım</i>	2-B	3-B	KÖ	KÖ
N-C	1-C	2-C	3-C <i>Can güvenliği</i>	4-C	5-C
N-D	KÖ	2-D	3-D	4-D	5-D
N-E	KÖ	KÖ	3-E	4-E	5-E <i>Yapısal stabilite</i>

Çizelgede verilen performans kombinezonlarının başlıcaları aşağıda tanımlanmıştır. Bir binaya ait performans hedefinin belirlenmesinde, çok kere bu performans bileşimlerinden biri esas alınmaktadır.

1-A : Kullanıma Devam Yapısal Performans Seviyesi (S-1 + N-A)

Binada hasar yoktur veya kolaylıkla onarılabilecek düzeyde hasar mevcuttur. Yapı sistemi deprem öncesindeki dayanım, rijitlik ve sünekliğini aynen korumaktadır. Bina kullanıma devam edebilecek durumdadır.

1-B : Hemen Kullanım Performans Seviyesi (S1 + N-B)

Bu seviye önemli yapılar için öngörülen seviyedir. Oldukça az yapısal hasar vardır. Yapı orijinal dayanım ve rijitliğini önemli ölçüde korumaktadır. Yapısal olmayan elemanlar güvenlidir ve genellikle çalışabilir durumdadır. Deprem sırasında yaralanma riski oldukça düşüktür.

3-C : Can Güvenliği Performans Seviyesi (S-3 + N-C)

Bu seviye günümüzde yönetmeliklerin yeni binalar için öngördüğü performans seviyesinden biraz daha düşük olarak tanımlanmıştır. Yapısal ve yapısal olmayan elemanlarda belirli ölçülerde hasar mevcuttur. Yapı deprem öncesi dayanım ve rijitliğinin bir bölümünü kaybetmiş durumdadır. Ancak yapısal ve yapısal olmayan elemanlardaki hasarın can güvenliğini tehdit etmesi söz konusu değildir. Yapı onarılmaya muhtaçtır ve onarılmadan kullanılması uygun değildir.

5-E : Göçmenin Önlenmesi–Yapısal Stabilitenin Korunması Performans Seviyesi

Yapı taşıyıcı sistemi ancak düşey yükler altında stabilitesini korumaktadır. Binanın artçı depremlere karşı dayanımı kalmamıştır ve kullanılmaması gerekmektedir. Kaplamadaki, taşıyıcı olmayan elemanlardaki ve hatta taşıyıcı elemanlardaki hasardan kaynaklanan can güvenliği tehlikesi mevcuttur. Taşıyıcı olmayan elemanların hasarı ve kat rölatif yerdeğiştirmeleri gibi hususlar kontrol edilemez. Onarılması da çok kere pratik ve ekonomik bakımdan uygun değildir.

2.4. Yapılar İçin Deprem Etki Seviyeleri

Performansa dayalı tasarımda, seçilen belirli bir bina performans seviyesinin hangi deprem etkisi altında elde edilmesi öngörüldüğünün belirlenmesi gerekir. Performansa dayalı tasarım ve değerlendirmede dikkate alınmak üzere, farklı düzeyde deprem hareketleri tanımlanmıştır. Bu deprem hareketleri genel olarak, 50 yıllık bir süreç içindeki aşılma olasılıkları ve benzer depremlerin oluşumu arasındaki zaman aralığı (dönüş periyodu) ile ifade edilirler.

DBYBHY-2007’de binalar için deprem performans düzeylerinin belirlenmesinde, mevcut veya güçlendirilecek binaların deprem güvenliğinin belirlenmesinde esas alınacak deprem etkileri ve hedeflenecek performans düzeyleri Çizelge 2.5.’ de gösterilmiştir.

Çizelge 2.5. Binalar için farklı deprem etkileri altında hedeflenen performans düzeyleri
(DBYBHY 2007)

Binanın Kullanım Amacı ve Türü	Deprem Aşılma Olasılığı		
	50 yılda %50	50 yılda %10	50 yılda %2
Deprem Sonrası Kullanımı Gereken Binalar: Hastaneler, sağlık tesisleri, itfaiye binaları, haberleşme ve enerji tesisleri, ulaşım istasyonları, vilayet, kaymakamlık ve belediye yönetim binaları, afet yönetim merkezleri, vb.	-	HK	CG
İnsanların Uzun Süreli ve Yoğun Olarak Bulunduğu Binalar: Okullar, yatakhaneler, yurtlar, pansiyonlar, askeri kışlalar, cezaevleri, müzeler, vb.	HK	-	CG
İnsanların Kısa Süreli ve Yoğun Olarak Bulunduğu Binalar: Sinema, tiyatro, konser salonları, kültür merkezleri, spor tesisleri	-	CG	GÖ
Tehlikeli Madde İçeren Binalar : Toksik, parlayıcı ve patlayıcı özellikleri olan maddelerin bulunduğu ve depolandığı binalar	-	HK	GÖ
Diğer Binalar : Yukarıdaki tanımlamalara girmeyen diğer binalar (konutlar, işyerleri, oteller, turistik tesisler, endüstri yapıları, vb.)	-	CG	GÖ

HK : Hemen Kullanım , **CG** : Can Güvenliği , **GÖ** : Göçmenin Önlenmesi

ATC 40 projesinde üç farklı seviyede deprem hareketi tanımlanmıştır. Başka bir deyişle, üç ayrı sismik risk seviyesi göz önüne alınmıştır. Buna benzer tanımlar, FEMA 273 ve 356 dokümanlarında da yapılmış ve DBYBHY-2007’da benimsenmiştir. Aşağıda Çizelge 2.6.’da binaların deprem güvenliğinin belirlenmesinde esas alınacak üç farklı seviyeli performans hedefi için bir örnek verilmiştir.

Çizelge 2.6.Çok seviyeli performans hedef tanımlanması

Yer Hareketi	Bina Performans Seviyesi
Servis (Kullanım) Depremi (SE)	Kullanıma Devam
Tasarım Depremi (DE)	Hemen Kullanım
En Büyük Deprem (ME)	Can Güvenliği

Servis (Kullanım) Depremi (SE)

50 yıl içinde aşılma olasılığı %50 olan deprem hareketidir. Bu depremin etkisi ATC 40'da tanımlanan Tasarım Depreminin 0.5 katı seviyesindedir. Ortalama dönüş periyodu 75 yıldır ve yapının ömrü boyunca bir kez veya daha fazla meydana gelme olasılığı bulunmaktadır. Bu deprem hareketi altında yapılarda yapısal ve yapısal olmayan elemanların hasar görmemesi veya oluşan hasarın onarılabilir olması gerekmektedir.

Tasarım Depremi (DE)

50 yıl içinde aşılma olasılığı %10 olan deprem hareketidir. Ortalama dönüş periyodu 475 yıldır ve yapının ömrü boyunca görülme olasılığı düşüktür. DBYBHY-2007 tarafında yapıların tasarımında bu deprem etki seviyesi kullanılmaktadır. Şiddetli depreme karşılık gelen bu deprem etkisi altında can güvenliğinin sağlanması amacıyla yapıda kalıcı hasar oluşumunun sınırlı kalması beklenmektedir.

En Büyük Deprem (ME)

Belirli bir bölgede, jeolojik veriler çerçevesinde, meydana gelebilecek en büyük yer hareketidir. 50 yılda aşılma olasılığı %5 olan, ortalama dönüş periyodu yaklaşık 1000 yıl olan ve etkisi Tasarım Depreminin 1.5 katı olan depremdir.

Ayrıca 50 yılda aşılma olasılığı %2 ve dönüş periyodu yaklaşık 2475 yıl olan bir deprem daha tanımlanmıştır. Bu depremin ATC 40'taki En Büyük Depreme karşılık geldiği fakat etkisinin daha büyük olduğu belirtilmektedir.

2.4. Yapısal Kapasite

Performansa dayalı tasarım ve değerlendirmenin iki temel parametresi istem ve kapasitedir. İstem (talep) yapıya etkileyen deprem yer hareketini, kapasite ise yapının bu deprem etkisi altındaki davranışını temsil etmektedir.

Yapısal kapasite, yapının taşıyıcı sistemini oluşturan elemanların dayanım şekil değiştirme kapasitelerinin bir bileşimi olarak tayin edilir. Doğrusal-elastik sınırın ötesindeki kapasitenin belirlenmesi istendiğinde, genel olarak malzeme ve geometri bakımından doğrusal olmayan teoriye göre sistem hesabı yapılması gerekmektedir (Uçar, T., 2005)

Yapısal kapasite, pushover curve (kapasite eğrisi) ile temsil edilir. Bu eğri, genellikle taban kesme kuvveti ile yapının tepe noktasının yatay yer değiştirmesi arasındaki bağıntı çizilerek elde edilmektedir. Kapasite eğrisinin elde edilmesi için, yapı sistemi sabit düşey yükler ve orantılı olarak artan yatay kuvvetler altında, taşıma kapasitesinin sona erdiği limit durumuna kadar hesaplanır.

Yapısal kapasite eğrisi, genellikle yapının birinci doğal titreşim modu esas alınarak belirlenen eşdeğer statik deprem kuvvetleri altında yapılan hesap ile belirlenir. Diğer bir deyişle, yapının davranışında birinci doğal titreşim modunun etkin olduğu varsayılır. Bu varsayım, özel periyodu $T=1.00$ sn den daha küçük olan yapılar için geçerli olabilir. Birinci doğal titreşim periyodu 1.00 sn yi aşan yapılarda, daha yüksek modların etkilerinin de göz önüne alınması gerekmektedir. Diğer taraftan, burulma titreşimlerinin etkin olduğu yapı sistemlerinde, burulma titreşimi modları da hesaba katılmalıdır.

2.6. Doğrusal Olmayan Analize Dayanan Basitleştirilmiş Yöntemler

Yapıların deprem etkileri altındaki performanslarının belirlenmesi amacıyla kullanılan basitleştirilmiş doğrusal olmayan statik analiz yöntemleri, yapı sisteminin yatay kuvvetler altındaki davranışını temsil eden yatay kuvvet – yatay yerdeğiştirme ($P-\delta$) ilişkisinin malzeme ve geometri değişimi bakımından doğrusal olmayan teoriye göre elde edilmesine ve bu ilişkinin değerlendirilmesine dayanmaktadır. Kapasite eğrisi adı verilen bu eğriden yararlanarak, yapının zayıf (yetersiz) elemanları, bunların yerleri ve olası bölgesel veya toptan göçme mekanizmaları belirlenebilmekte, ayrıca belirli bir deprem etkisi altında yapıdan beklenen performans hedefinin gerçekleşip gerçekleşmeyeceği kontrol edilebilmektedir (Apaydın, Y. , 2005)

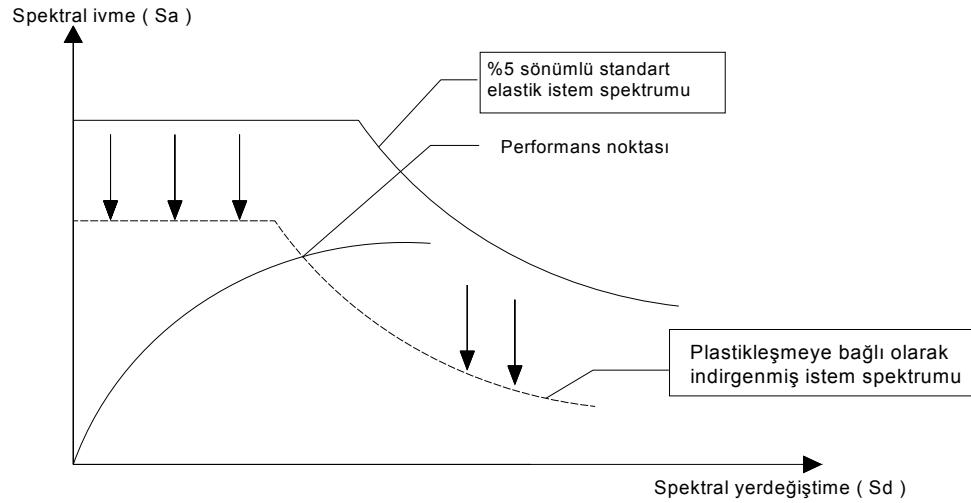
Doğrusal olmayan statik analiz yöntemleri ile yapı performansının değerlendirilmesi genel olarak iki farklı kritere göre yapılabilmektedir. Dayanım (kuvvet) bazlı değerlendirme adı verilen birinci tür değerlendirmede, yapıya etki ettirilen yatay deprem yükleri yönetmeliklerde öngörülen seviyeye ulaştığında, gerek dayanım gerekse yerdeğiştirme ve şekil değiştirmeler bakımından yapıdan istenen performans hedefinin sağlanıp sağlanmadığı kontrol edilmektedir. Yerdeğiştirme ve şekil değiştirme bazlı değerlendirmenin esas alındığı yöntemlerde ise, belirli

bir yatay deprem yükü dağılımı için yapıdaki yerdeğiştirme istemine ulaşıldığında, yapıdan beklenen performans hedefinin sağlanıp sağlanmadığı kontrol edilmektedir.

Aşağıdaki bölümlerde, yerdeğiştirme bazlı performans kriterlerini esas alan başlıca değerlendirme yöntemleri ayrıntılı olarak gözden geçirilecektir.

2.6.1. Kapasite Spektrumu Yöntemi (Capacity Spectrum Method)

Artan deprem yükleri altında bir yapıda doğrusal olmayan şekil değiştirmeler meydana gelir. Bu şekil değiştirmeler yapının sönümünü artırır ve dolayısıyla deprem istemini (talebini) azaltır. Kapasite spektrumu yönteminde, yapıda meydana gelen doğrusal olmayan şekil değiştirmelere bağlı olarak, elastik istem spektrumu indirgenerek kapasite ve istemin eşit olduğu nokta belirlenir. Performans noktası adı verilen bu noktada, yapıdan istenen performans hedefinin gerçekleşip gerçekleşmediği kontrol edilir, (Şekil 2.2.) . Bu yöntemde üç temel büyüklüğün belirlenmesi gerekmektedir. Bunlar kapasite, yerdeğiştirme istemi ve performans noktasıdır (Özer, E., 2004).

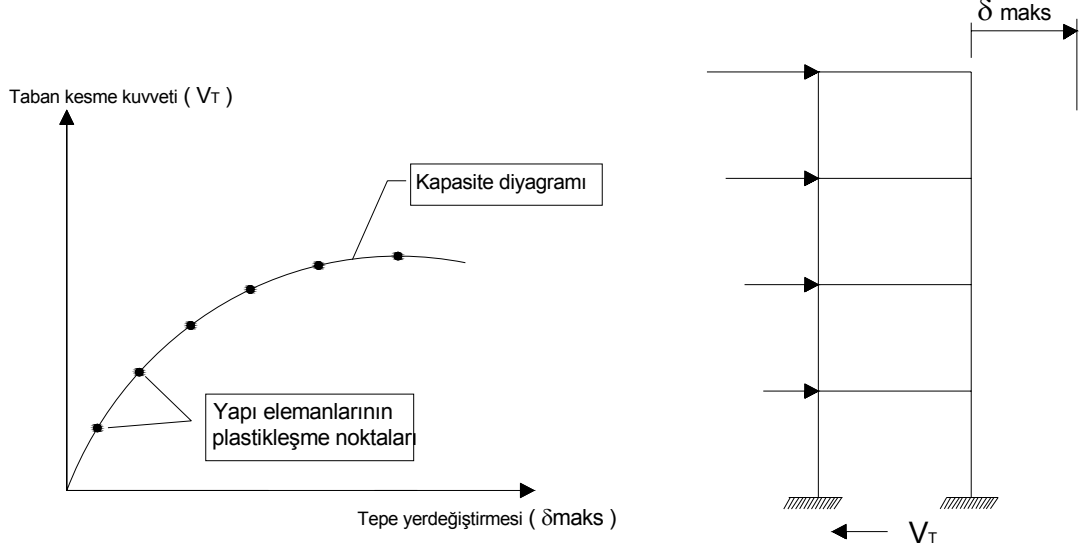


Şekil 2.2. Kapasite spektrumu yöntemi ile performans noktasının belirlenmesi (Özer, E., 2004)

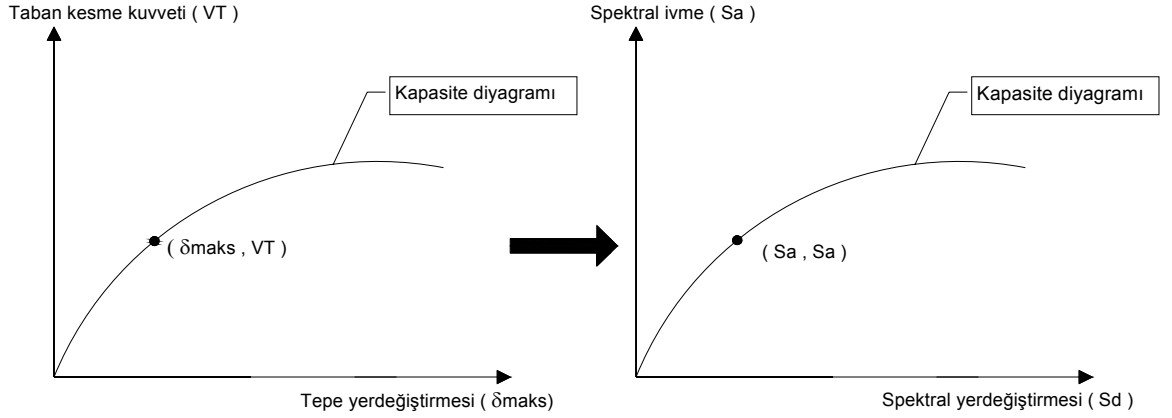
Yukarıdaki maddelerde açıklandığı gibi elde edilen kapasite eğrisi (Şekil 2.3.) istem spektrumu ile karşılaştırılabilmesi için spektral formata ($S_a - S_d$) dönüştürülür, (Şekil 2.4.).

Ancak, istem spektrumu tek serbestlik dereceli sisteme ait olduğu için, çok serbestlik dereceli sisteme ait kapasite eğrisinin de eşdeğer tek serbestlik dereceli sisteme dönüştürülmesi

gerekmektedir. Bu işlem, birinci doğal moda ait modal kütle katsayısı (α_1) ve modal katılım çarpanı (PF_1) kullanılarak aşağıdaki bağıntılar ile yapılabilmektedir (Özer, E., 2004).



Şekil 2.3. Doğrusal olmayan teori ile kapasite eğrisinin elde edilmesi



Şekil 2.4. Kapasite eğrisinin kapasite spektrumuna dönüştürülmesi

$$\alpha_1 = \frac{\left[\sum_{i=1}^N (w_i \Phi_i / g) \right]^2}{\left[\sum_{i=1}^N (w_i / g) \right] \left[\sum_{i=1}^N (w_i \Phi_{i1}^2 / g) \right]} \quad (2.1.)$$

$$S_a = \frac{V_T / W}{\alpha_1} \quad (2.2.)$$

$$PF_1 = \left[\frac{\sum_{i=1}^N (w_i \Phi_{i,1} / g)}{\sum_{i=1}^N (w_i \Phi_{i,1} / g)} \right] \quad (2.3.)$$

$$S_d = \frac{\delta_{maks}}{PF_1 \Phi_{tepe,1}} \quad (2.4.)$$

Bu bağıntılarda ;

S_a : Spektral ivme

S_d : Spektral yerdeğiştirme

V_T : Toplam taban kesme kuvveti

δ_{maks} : Yapının tepe noktası yatay yerdeğiştirmesi

W : Yapının toplam ağırlığı

$\Phi_{tepe,1}$: Birinci normal moda ait en üst kattaki genlik

$\Phi_{i,1}$: Birinci moda ait (i) nolu kattaki genlik

N : Binanın kat sayısı

w_i / g : (i) numaralı katın kütlesi

olarak tanımlanmaktadır.

Kapasite spektrumu ile aynı eksen takımı üzerinde gösterilebilmesi için, elastik istem spektrumunun da spektral ivme – spektral yerdeğiştirme formatına dönüştürülmesi gerekir (Özer, E., 2004).

Bunun için, spektral ivme ile spektral yerdeğiştirme arasındaki

$$S_d = S_a \frac{T^2}{4\pi^2} g \quad (2.5.)$$

bağıntısında yararlanılır. Burada T, yapı sisteminin birinci doğal periyodunu göstermektedir.

Kapasite ve elastik istem spektrumları, aynı spektral ivme-spektral yerdeğiştirme ($S_a - S_d$) koordinat sisteminde ifade edildikten sonra, deprem etkileri altında yapı sisteminde oluşan doğrusal olmayan şekil değiştirmeler nedeniyle artan sönüm oranına bağlı olarak, elastik istem spektrumunun indirgenmesi gerekir. İndirgeme işlemi için etkili sönüm yüzdesinden yararlanılır.

Etkili sönüm yüzdesi, histeretik ve viskoz sönüm toplamının kritik sönüme oranı olarak tanımlanır. Viskoz sönüm genellikle %5 olarak alınmaktadır. Histeretik sönüm ise kapasite spektrumunu içeren histeresizin alanı ile ilgilidir ve eşdeğer viskoz sönüm cinsinden ifade edilebilir.[20]

Yapıya ait kapasite spektrumu üzerinde, eşit yerdeğiştirme yaklaşımından yararlanılarak tahmini olarak belirlenen performans noktası da dikkate alınarak, kapasite spektrumu Kapasite spektrumunun iki doğru parçasından oluşacak şekilde idealleştirilmesi halinde, etkili sönüm yüzdesi için;

$$\beta_{eff} = \kappa\beta_0 + 5 = \frac{63.7\kappa(a_y d_{pi} - d_y a_{pi})}{a_{pi} d_{pi}} + 5 \quad (2.6.)$$

bağıntısı yazılabilir. Burada ;

β_{eff} : yüzde olarak ifade edilen etkili sönüm oranı

β_0 : eşdeğer viskoz sönüm cinsinden ifade edilen histeretik sönümü

κ : yapının taşıyıcı sisteminin davranışı ile depremin süresine bağlı olarak belirlenen

ve değeri $0.33 \leq \kappa \leq 1.00$ arasında değişen bir katsayıyı göstermektedir, (Çizelge 2.6.)

a_y : iki doğru parçası ile idealleştirilen kapasite spektrumunda, akma noktasına

karşılık gelen spektral ivme değeri

d_y : iki doğru parçası ile idealleştirilen kapasite spektrumunda, akma noktasına karşılık

gelen spektral yerdeğiştirme değeri

a_{pi} : tahmini performans noktasına ait spektral ivme değeri

d_{pi} : tahmini performans noktasına ait spektral yerdeğiştirme değeri

κ - Faktörü, yapı davranışına bağlıdır. Yapı davranışı ise depremin süresine ve yapının sismik etkilere göre kaliteli üretilip üretilmediğine bağlıdır. Kolaylık sağlamak amacıyla, ATC 40 dökümanında, yapı davranış tipleri üçe ayrılmıştır. (Çizelge 2.6.)

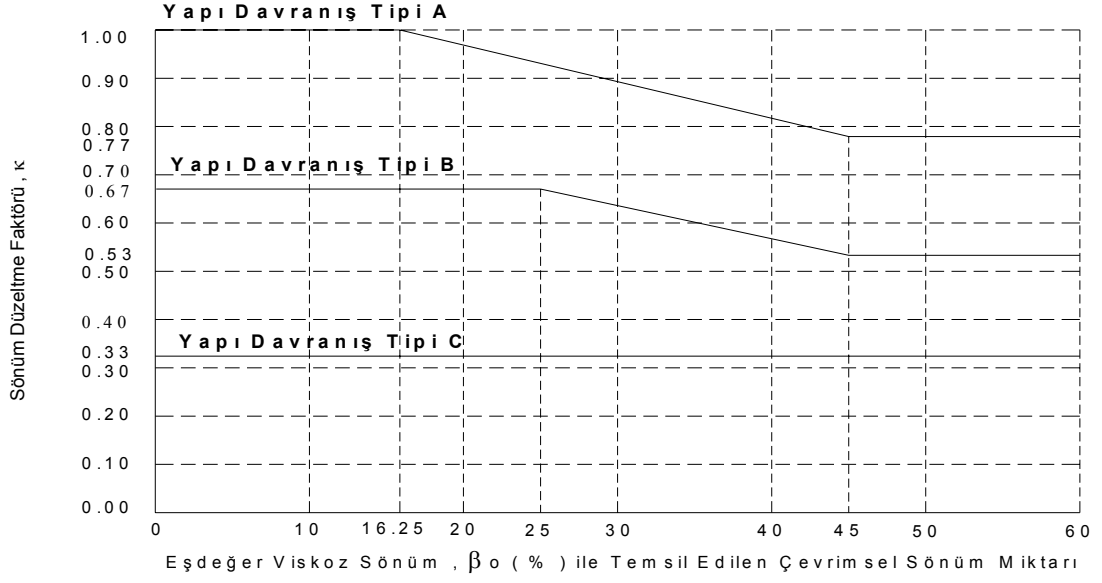
Yapı Davranış Tipi A : Kararlı bir yapıyı temsil eder. A tipi yapı davranışına sahip olan bir binadaki çevrimsel döngü, idealleştirilmiş haline en yakın çevrimsel döngüye sahiptir ve düşük sönüm miktarlarında κ - faktörü $\kappa = 1.0$ iken daha büyük sönüm miktarlarında belirli bir alt sınır değerine kadar geriler.

Yapı Davranış Tipi B : Deprem süresi fazla olan yeni binalara ve deprem süresi kısa olan orta kalitedeki mevcut binalara uygun bir davranış tipidir. Düşük sönüm miktarlarında κ - faktörü en büyük $\kappa = 0.67$ değerini alırken, büyük sönüm miktarlarında belirli bir alt sınır değerine kadar geriler. ($\kappa=0.53$)

Yapı Davranış Tipi C : Deprem süresi uzun olan orta kalitedeki mevcut binalara ve deprem süresinin uzun veya kısa olmasından bağımsız olarak, zayıf kalitedeki mevcut binalara uygun bir davranış tipidir. Düşük ve sönüm miktarlarında κ - faktörü $\kappa = 0.33$ sabit alt değerini alır.

Çizelge 2.7. κ - Faktörü değerleri

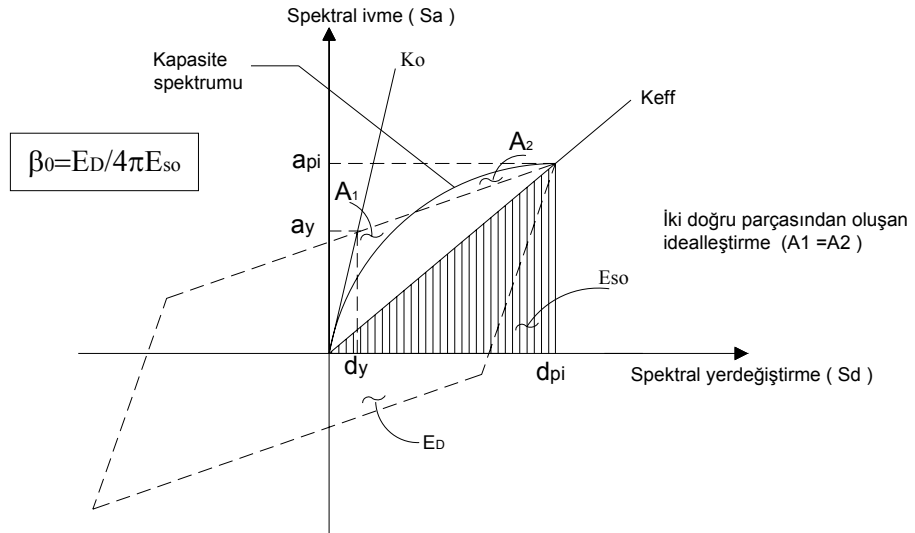
Yapı Davranış Tipi	β_0	κ - faktörü
Tip A	≤ 16.25	1.0
	> 16.25	$1.13 \times \frac{0.51(a_y d_{pi} - d_y a_{pi})}{a_{pi} d_{pi}}$
Tip B	≤ 25	0.67
	> 25	$0.845 \times \frac{0.446(a_y d_{pi} - d_y a_{pi})}{a_{pi} d_{pi}}$
Tip C	Herhangi bir değer	0.33



Şekil 2.5. Eşdeğer viskoz sönüm miktarına bağlı sönüm düzeltme faktörü, κ

Çizelge 2.8. Yapı davranış tipinin belirlenmesi

Deprem Süresi	Genel Olarak Yeni Bina	Ortalama Mevcut Bina	Zayıf Mevcut Bina
Kısa	Tip A	Tip B	Tip C
Uzun	Tip B	Tip C	Tip C



Şekil 2.6. Histeretik sönüme eşdeğer viskoz sönümün belirlenmesi

Şekil 2.6.'den görüldüğü gibi , etkili sönüm oranının hesaplanabilmesi için , performans noktasının başlangıçta bilinmesi veya tahmin edilmesi gerekmektedir.

Spektral ivme –spektral yerdeğiştirme ($S_a - S_d$) koordinat sisteminde ifade edilen elastik istem spektrumunun yatay koluna ve azalan bölümüne uygulanacak indirgeme katsayıları, β_{eff} etkili sönüm oranına bağlı olarak, sırasıyla

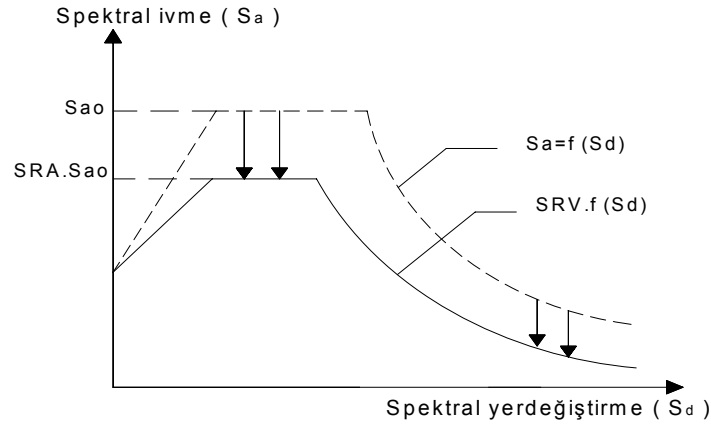
$$SR_A \approx \frac{3.21 - 0.68 \ln(\beta_{eff})}{2.12} \geq SR_{A,min} = 0.33 - 0.56 \quad (2.7.)$$

$$SR_V \approx \frac{2.31 - 0.41 \ln(\beta_{eff})}{1.65} \geq SR_{V,min} = 0.50 - 0.67 \quad (2.8.)$$

formülleri ile hesaplanır, (Şekil 2.8. , Çizelge 2.8.) .

Çizelge 2.9. İzin verilen en küçük spektral azaltma faktörleri

	Yapı Davranış Türü:A	Yapı Davranış Türü:B	Yapı Davranış Türü:C
SRA	0.33	0.44	0.56
SRV	0.50	0.56	0.67



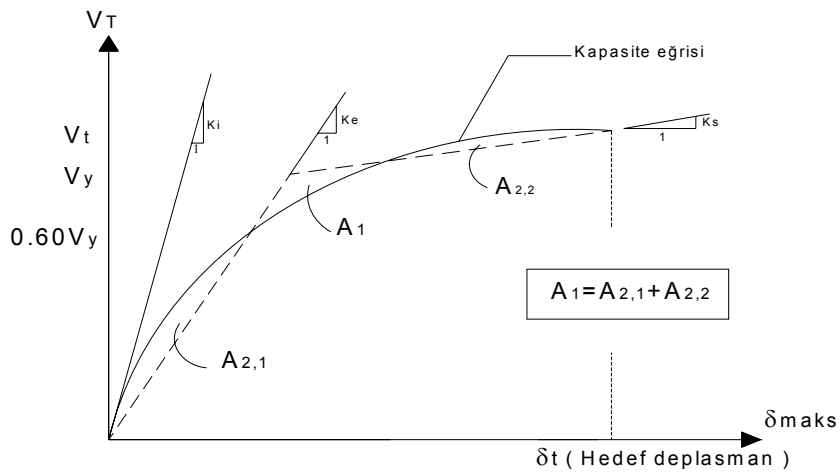
Şekil 2.7. İndirgenmiş istem spektrumunun elde edilmesi

Yukarıdaki açıklamalardan görüldüğü gibi, kapasite spektrumu yönteminde performans noktasının bulunması için bir ardışık yaklaşım yolunun izlenmesi gerekmektedir. Başlangıçta seçilen δ_{pi} yerdeğiştirmesi ile hesap sonucunda bulunan değer birbirine eşit veya yeterince yakın olması durumunda performans noktası bulunmuş olur ve ardışık yaklaşıma son verilir.

Kapasite spektrumu ile indirgenmiş istem spektrumunun kesim noktası, öngörülen deprem etkisi altında yapının performans noktasını vermektedir. Yapının performans noktası bu şekilde bulunduğundan sonra, performans hedefinin gerçekleşip gerçekleşmediği kontrol edilir. Bunun için, sisteme ait büyüklüklerin (yerdeğiştirmeler , plastik şekil değiştirmeler vb.) performans noktasındaki değerleri kendilerine ait sınır değerler ile karşılaştırılır. Bu sınır değerler, belirli bir deprem hareketi altında öngörülen performans seviyesinin gerçekleşebilmesi için, yapısal ve yapısal olmayan elemanlardaki hasar seviyelerinin hasar seviyelerinin üst sınırlarını vermektedir.

2.6.2. Deplasman Katsayıları Yöntemi

FEMA 356 ve 440'da açıklanmış olan Deplasman Katsayıları Yöntemi, kapasite ve istemin birbirine bağlı olduğu esasına dayanmaktadır. Bu yöntemde, yerdeğiştirme sayısal bir şekilde belirlenmektedir. Bu yöntemde önce V_T taban kesme kuvveti ile δ_{maks} tepe noktası yerdeğiştirmesi arasındaki ilişkiyi belirleyen kapasite eğrisi elde edilir. Kapasite eğrisinin çizilmesinde, yapının birinci doğal periyoduna ve etkin olan modlara bağlı olarak uygun bir yatay yük dağılımı seçilir. Sabit düşey yükler ve orantılı olarak artan yatay yükler altında, doğrusal olmayan teoriye göre hesap yapılarak kapasite eğrisi elde edilir. Daha sonra bu eğri, birincisinin eğimi elastik rijitliği (K_e), ikincisinin eğimi ise elastoplastik rijitliği (K_s) temsil eden iki doğru parçasından oluşacak şekilde idealleştirilir. İdealleştirme yapılırken, gerçek ve idealleştirilmiş kapasite diyagramlarının altında kalan alanların eşit olması ve K_e eğimli doğrunun kapasite eğrisini kestiği noktanın ordinatının, K_e ve K_s eğimli doğruların kesiştiği noktanın ordinatının 0.60 katı olması koşulları esas alınır. Ancak iki doğrunun kesim noktası başlangıçta bilinmediğinden, bir deneme-yanılma yöntemi uygulanması gerekir, (Şekil 2.8.)



Şekil 2.8. İki doğru parçası ile idealleştirilen kapasite eğrisi [20]

Kapasite eğrisi bu şekilde idealleştirildikten sonra, yapının efektif periyodu (T_e) aşağıdaki denklem (2.9.) ile hesaplanmaktadır.

$$T_e = T_i \sqrt{\frac{K_i}{K_e}} \quad (2.9.)$$

T_i : Hesap yapılan doğrultudaki elastik doğal periyot

T_e : Yapının etkin doğal periyodu

K_i : Yapının elastik yanal rijitliği

K_e : Yapının elastik efektif rijitliği

Yapı sisteminin etkin periyot değeri (T_e) belirlendikten sonra, yapının performans seviyesinin kontrolünün yapılacağı hedef deplasman (δ_T) aşağıdaki denklemle hesaplanmaktadır, (FEMA 440) .

$$\delta_T = C_0 C_1 C_2 S_a \frac{T_e^2}{4\pi^2} g \quad (2.10.)$$

Denklem (2.10.) 'daki katsayılar aşağıda açıklanmaktadır.

C_0 : Çok serbestlik dereceli sistemin tepe noktasının yatay yerdeğiştirmesi ile eşdeğer tek serbestlik dereceli sistemin spektral yerdeğiştirmesi arasındaki ilişkiyi oluşturan modal katılım katsayısıdır. C_0 katsayısı farklı şekilde hesaplanabilmektedir.

a) Deplasman kontrolünün yapıldığı noktaya ait birinci modal katılım çarpanı olarak alınabilir.

b) Deplasman kontrolünün yapıldığı noktada, hedef deplasmanına ulaşmış yapının deforme olmuş şekline ait şekil vektörü kullanılarak hesaplanan modal katılım çarpanı olarak alınabilir.

c) Yapının taşıyıcı sistem özelliğine, kullanılan yatay yük dağılımına ve yapının kat adedine bağlı olarak Çizelge 2.9.'dan belirlenebilir.

Çizelge 2.10. C_o modal katılım katsayısı değerleri [27]

Kat Adedi	Kesme Tipi Yapılar		Diğer Yapılar
	Üçgen Yük Dağılımı	Üniform Yük Dağılımı	Herhangi bir Yük Dağılımı
1	1.0	1.0	1.0
2	1.2	1.15	1.2
3	1.2	1.2	1.3
5	1.3	1.2	1.4
+10	1.3	1.2	1.5

Çizelge 2.9.'da kesme tipi olarak adlandırılan yapılar, tüm katlarında, yüksekliğin artmasıyla birlikte katlar arası ötelenme miktarlarının azaldığı yapılar olarak tanımlanmaktadır. Tabloda bulunmayan kat adedine ait C_o katsayısının belirlenmesinde enterpolasyon yapılması önerilmektedir.

C_1 : Doğrusal elastik yerdeğiştirmeyi, beklenen maksimum doğrusal olmayan yerdeğiştirmeye dönüştüren katsayıdır ve aşağıdaki gibi belirlenebilmektedir.

$$C_1 = 1 + \frac{R - 1}{aT_e^2} \quad (2.11.)$$

Yukarıda denklemde T_e , yapının etkin periyodunu göstermektedir. a katsayısı, FEMA 356'da tanımlanan B,C ve D zemin sınıfları için sırasıyla 130, 90 ve 60 olarak alınmaktadır. R değeri ise, elastik olmayan dayanım talebinin akma dayanımına oranı olarak tanımlanmaktadır ve aşağıdaki denklemle elde edilmektedir, (FEMA 440) .

$$R = \frac{S_a}{V_y / W} C_m \quad (2.12.)$$

Denklem (2.12.)'de, S_a yapının birinci doğal titreşim periyoduna karşılık gelen spektral ivme, V_y iki doğru parçası ile idealleştirilmiş kapasite eğrisinin akma dayanımı, C_m ise efektif kütle çarpanı olarak tanımlanmaktadır.

C_m çarpanı, yapının taşıyıcı sistemi ve kat adedine bağlı olarak belirlenebilir. Birinci doğal titreşim periyodu 1,00 saniyeden büyük yapılarda $C_m = 1.00$ olarak alınabilir .

Çizelge 2.11. C_m efektif kütle çarpanı değerleri [27]

Kat Sayısı	B.arme Çerçeve	B.arme Perde	B.arme Destek-Payanda	Çelik Çerçeve	Eş Merkezli Çaprazlı Çelik Çerçeve	Dış Merkezli Çaprazlı Çelik Çerçeve	Diğer
1-2	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
>2	0.9	0.8	0.8	0.9	0.9	0.9	1.0

Birinci doğal titreşim periyodu bir saniyeden büyük yapılarda $C_1=1.00$ olarak alınabilir.

C_2 : Histerisiz enerji şeklinin etkisini hesaba katan düzeltme katsayısıdır ve denklem (2.13) ile belirlenmektedir.

$$C_2 = 1 + \frac{1}{800} \left(\frac{R-1}{T} \right)^2 \quad (2.13.)$$

Birinci doğal titreşim periyodu 0.7 saniyeden büyük yapılarda $C_2=1.00$ olarak alınabilir.

Öngörülen deprem etkisi altındaki hedef yerdeğiştirme bulunduktan sonra, performans hedefinin gerçekleşip gerçekleşmediği kontrol edilir. Bunun için, sisteme ait büyüklükler kendilerine ait sınır değerler ile karşılaştırılmaktadır.

2.6.3. Artımsal Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi

Artımsal Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi'nin kullanılabilmesi için, binanın kat sayısının bodrum hariç sekiz kattan fazla olmaması ve göz önüne alınan deprem doğrultusunda, doğrusal elastik davranış esas alınarak hesaplanan birinci titreşim moduna ait etkin kütlelerin bodrum kütlesi hariç toplam bina kütesine oranının en az 0.60 olması önerilmektedir.[12]

Artımsal Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi'nin amacı, birinci (deprem doğrultusunda hakim) titreşim mod şekli ile orantılı olacak şekilde, deprem istem limitine kadar monotonik olarak adım adım arttırılan eşdeğer deprem yüklerinin etkisi altında doğrusal olmayan itme analizinin yapılmasıdır. Artımsal itme analizi sırasında, eşdeğer deprem yükü dağılımının, taşıyıcı sistemdeki plastik mafsallardan oluşumundan bağımsız olarak sabit kaldığı varsayımı yapılabilir. Bu durumda yük dağılımı, analizin başlangıç adımıyla doğrusal elastik davranış için hesaplanan birinci titreşim mod şekli ile orantılı olacak şekilde tanımlanabilir. Kat döşemeleri rijit diyafram olarak idealleştirilen binalarda, birinci doğal titreşim mod şeklinin bileşenleri olarak, her katın kütle merkezindeki birbirine dik iki yatay öteleme ve kütle merkezinden geçen düşey eksen

etrafındaki dönme göz önüne alınır. Modal yerdeğiştirme isteminin belirlenmesi için gerekli olan modal kapasite diyagramı, itme analizi sırasında eşdeğer deprem yükü dağılımının sabit kaldığı varsayımına göre çizilen itme eğrisine (pushover curve) koordinat dönüşümü uygulanarak yaklaşık biçimde elde edilebilir.

Artımsal itme analizi sırasında eşdeğer deprem yükü dağılımı, her bir itme adımında öncekilere göre değişken olarak da göz önüne alınabilir. Daha hassas sonuçların elde edilebileceği bu durumda yatay yük dağılımı, her bir itme adımı öncesinde taşıyıcı sistemde oluşmuş bulunan tüm plastik mafsallar göz önüne alınarak hesaplanan birinci (deprem doğrultusundaki hakim) titreşim mod şekli ile orantılı olarak tanımlanır.

İvme spektrumu, 50 yılda aşılma olasılığı %10 olan deprem etkisini esas almaktadır. 50 yılda aşılma olasılığı %50 olan depremin ivme spektrumu yukarıda tanımlanan spektral ivmelerin yarısı, 50 yılda aşılma olasılığı %2 olan depremin ivme spektrumu ise 1.5 katı olarak alınabilir.

2.7. Performans Noktasının Kabul Kriterleri

Performans noktasının bulunmasının ardından, a_{pi} spektral ivme ve d_{pi} spektral yerdeğiştirme değerlerine karşılık gelen V taban kesme kuvveti ve δ_{maks} en üst kat yatay yerdeğiştirme değerleri elde edilir. Bu değerlerin bina için öngörülen performans seviyesini sağlayıp sağlamadığı, ilgili seviye için öngörülen sınırların kontrol edilmesi ile saptanır. Bu sınırların sağlanmaması durumunda, performans seviyesinin değiştirilmesi veya taşıyıcı elemanların dayanımlarının ve rijitliklerinin artırılarak güçlendirilmeleri gerekir. Bu sınırlar iki ana grupta toplanmaktadır :

1. Bina için öngörülen kabul kriterleri
2. Elemanlar veya bileşenler için öngörülen kabul kriterleri

2.7.1. Bina İçin Öngörülen Kabul Kriterleri

Bina için öngörülen kabul kriterleri veya tepki sınırları, binanın düşey yük kapasitesi gereksinimi, yatay yüklere karşı dayanımı ve yatay yerdeğiştirme ile ilgili sınırları içerir.

2.7.1.1. Düşey Yük Taşıma Kapasitesi

Bina taşıyıcı sisteminin düşey yük taşıma kapasitesi, kabul edilen herhangi bir performans seviyesinde bozulmadan kalmalıdır. Binayı oluşturan bir eleman veya bileşenin düşey yük taşıma kapasitesini kaybettiği yerde, mevcut veya güçlendirilmiş yapıdaki diğer eleman veya bileşenlerin yeniden dağılan bu yükleri taşımaya elverişli olması gerekir.

2.7.1.2. Yatay Yüklere Karşı Dayanım

Binanın performans noktasındaki toplam yatay yük taşıma kapasitesinin, ilerleyen yükleme adımlarında oluşan mafsallarla beraber, %20 den daha fazla azalmaması gerekir. Böylece, deprem etkisindeki yükleme çevrimleri sonucunda oluşan dayanım azalması sınırlandırılmış olur. Eğer bu oran beklenenden daha büyük çıkarsa, yapının güçlendirilerek istenen sınırlar içerisinde kalması sağlanır.

2.7.1.3. Yatay Yerdeğiştirmeler

Hasarın, performans seviyelerine bağlı olarak sınırlandırılması için binada katlar arası görel (rölatif) ötelemelerin Çizelge 2.11.'de verilen sınırlar içerisinde kalması öngörülmektedir. Böylece, yapısal hasarın sınırlandırılmasının yanında, aşırı yerdeğiştirmelerden kaynaklanan ikinci mertebe etkileri de sınırlandırılmış olur. Tabloda, yapısal stabilite durumuna karşı gelen görel öteleme sınırlamasındaki V_i ifadesi (i) sayılı kata ait kesme kuvvetini temsil etmekte iken P_i ifadesi de (i) sayılı kattaki toplam düşey yükü göstermektedir.

Çizelge 2.12. Katlar arası yerdeğiştirmenin kat yüksekliğine oranı

	Performans Seviyesi			
	Hemen Kullanım	Hasar Kontrolü	Can Güvenliği	Yapısal Stabilite
Katlar Arası Yerdeğiştirme/ Kat Yüksekliği Sınırı				
En Büyük Toplam Oran	0.01	0.01-0.02	0.02	$0.33V_i / P_i$
En Büyük Elastik Ötesi Yerdeğiştirme Oranı	0.005	0.005-0.015	Sınır yok	Sınır yok

2.7.2. Yapı Elemanları ve Bileşenleri İçin Öngörülen Kabul Kriterleri

Binaların elemanları taşıyıcı olan ve olmayan elemanlar şeklinde ikiye ayrılırlar. Taşıyıcı elemanlar da kendi aralarında birincil ve ikincil elemanlar olarak sınıflandırılırlar. Kapasite eğrisi üzerinde elde edilen performans noktasında her eleman üzerindeki gerilmeler ve şekil değıştirmeler hesaplanarak, kabul edilen performans noktasının öngörülen koşulları sağlayıp sağlamadıkları ve gerekli sınırlar altında kalıp kalmadıkları kontrol edilir. Elemanlar ve bileşenleri için uygulanan kabul kriterleri, eleman veya bileşenin türüne ve bunlardaki güç tükenmesini meydana getiren etkinin şekline bağlı olarak saptanır. Kiriş ve kolonlarda oluşan

plastik mafsâl dönmelerinin, çaprazlarda oluşan plastik uzamaların ve kolon-kiriş birleşim bölgelerindeki kesme kuvvetinden dolayı oluşan kayma aıların kabul sınırları göz önüne alınarak kontrol edilmesi gerekir. ATC 40 projesi ilk olarak betonarme binaların güçlendirilmesi amacıyla oluşturulduğu için, içeriğinde yalnız betonarme kesitler ve bileşenleri ile ilgili kabul sınırları bulunmaktadır. Daha sonra, performans analizinin elik binalara uygulanmasına paralel olarak, FEMA 356, Bölüm 5 de elik yapıda kullanılan , eleman ve bileşenlere ilişkin gerekli kabul sınırları geliştirilmiştir.

3. YAPAY SİNİR AĞLARI

3.1. Genel

İnsanların yüzyıllardır doğru bilgiye ulaşma isteği ve elde edilen bilgilerin işlenmesi teknolojinin gelişmesine katkı sağlamıştır. Geline bu noktada günümüz teknolojisinde bilgisayar ve bilgisayar sistemleri insan hayatının vazgeçilmesi haline gelmiştir. Bilgisayar sistemlerinden matematiksel olarak formülasyonu kurulamayan karmaşık problemlerin çözümü ve çıkan sonucun yorumlanması düşüncesi yeni hesaplama modeli olan yapay sinir ağlarının geliştirilmesine imkan sağlamıştır.

Yapay Sinir Ağları ya da kısaca YSA; insan beyninin çalışma sisteminin yapay olarak benzetimi çabalarının bir sonucu olarak ortaya çıkmıştır. En genel anlamda bir YSA insan beynindeki birçok nöronun, ya da yapay olarak basit işlemcilerin birbirlerine değişik etki seviyeleri ile bağlanmasıyla oluşan karmaşık bir sistem olarak düşünülebilir. Önceleri temel tıp birimlerinde insan beynindeki nöronların matematiksel modelleme çabaları ile başlayan çalışmalar, geçtiğimiz on sene içerisinde disipline bir şekil almıştır. YSA bugün fizik, matematik, elektrik ve bilgisayar mühendisliği gibi çok farklı bilim dallarında araştırma konusu haline gelmiştir. YSA'nın pratik kullanımı genelde, çok farklı yapıda ve formlarda bulunabilen enformasyon verilerini hızlı bir şekilde tanımlama ve algılama üzerinedir. Aslında mühendislik uygulamalarında YSA'nın geniş çaplı kullanımının en önemli nedeni, klasik tekniklerle çözümü zor problemler için etkin bir alternatif oluşturmastır.

Yapay Sinir Ağları insanın sinir sisteminden esinlenerek geliştirilmiş, ağırlıklı bağlantılar aracılığıyla birbirine bağlanan ve her biri kendi belleğine sahip işlem elemanlarından oluşan paralel ve dağıtılmış bilgi işleme yapılarıdır (Elmas, Ç. , 2003). Yapay zeka, makine öğrenme ve paralel dağılımlı işlem olarak da isimlendirilen yapay sinir ağları karmaşık bir sistemdir. Yapay sinir hücreleri sahip oldukları ağırlıklarla birbirlerine bağlantılı durumdadırlar.

Temelinde insan beyninin taklit edilmesi gerçeği yatan yapay sinir ağları öncelikle tıp alanında kullanılmıştır (Dere, Y., 1997). Kullanım alanları giderek artan yapay sinir ağları günümüzde mühendislik uygulamalarında, finansal uygulamalarda, endüstriyel uygulamalarda, askeri uygulamalarda karmaşık problemlere çözüm üreten model olarak karşımıza çıkmaktadır.

Bilgisayar, problemin çözümü için gerekli veri girişinin yapılmasıyla karmaşık problemleri bile kısa zamanda çözebilmektedir. Eldeki sahip bilgiler yardımıyla farklı problemlere çözüm

üretilmesi ve yetersiz bilginin işlenmesi noktasında bilgisayarlar yetersiz kalırken yapay sinir ağları güvenli bir şekilde kullanılmaktadır. Yapay sinir ağının önemli özelliği, olayları öğrenebilmesi ve olaylar arasında ilişki kurabilme yeteneğine sahip olmasıdır. Bu özellik yapay sinir ağlarının kısa zamanda kullanım alanını artırmış ve bilgisayar sistemlerine üstün kılan alternatif bir model haline getirmiştir.

Son zamanlarda mühendislik uygulamalarında yapay sinir ağları sıkça kullanılmaktadır. Mühendislik çalışmalarında doğru ve güvenilir yöntemin kullanılarak uygun çözümün elde edilmesi gerekmektedir. Yapay sinir ağları kullanılarak yapılan çalışmalarda başarılı sonuçlar elde edilmiştir. Özellikle örüntü tanımı, işaret işleme, sistem tanılama ve doğrusal olmayan denetim alanlarında yapay sinir ağlarının değişik modelleri ve değişik öğrenme stratejileri başarı ile kullanılmıştır (Efe, Ö., Kaynak, o., 2000). Mühendislik uygulamalarında doğrusal olmayan problemlerin çözümünde yapay sinir ağları tercih edilen alternatif bir model olmuştur.

3.2. Yapay Sinir Ağlarının Tarihçesi

İnsan beyninin ve düşünme yeteneğinin taklit edilmesi isteği sanıldığı gibi aksine çok eski zamanlarda var olmuş bir istektir. İnsan beyni ve düşünebilme yeteneğine ilişkin ilk açıklayıcı teori geliştirme denemeleri Antik Yunan düşünürleri olan Plato (M.Ö. 427-327) ve Aristoteles'e (M.Ö. 384-322) kadar uzanmaktadır. Daha sonra ise Decartes (1596-1650) insanın düşünme yeteneğiyle ilgilenen 18. yüzyıl düşünürü olmuştur.

Yapay sinir ağlarının tarihçesi nörobiyoloji konusuna insanların ilgi duyması ve elde ettikleri bilgileri bilgisayar bilimine uygulamaları ile başlamaktadır. Yapay sinir ağları ile ilgili çalışmaları 1970 önce ve 1970 sonrası diye ikiye ayırmak gerekmektedir. Çünkü 1970 yılında bu bilimin tarihinde önemli bir dönüm noktası başlamış ve o zamana kadar olmaz diye düşünülen birçok sorun çözülmüş ve yeni gelişmeler başlamıştır. Her şey bitti derken yapay sinir ağları yeniden doğmuştur.

İlk yapay sinir ağı modeli 1943 yılında, Warren McCulloch ve Walter Pitts tarafından gerçekleştirilmiştir. McCulloch ve Pitts, insan beyninin hesaplama yeteneğinden esinlenerek, elektrik devreleriyle basit bir sinir ağını modellemişlerdir (Elmas, Ç. 2003). 1949 yılında Donald Hebb, yapay hücrelerden oluşan bir yapay sinir ağının değerlerini değiştiren bir öğrenme kuralı geliştirmiştir. "Hebbian öğrenme" kuralı denilen bu kural günümüzde birçok öğrenme kuralının temelini oluşturmaktadır (Öztemel, E., 2003). 1950'li yıllardan sonra bu konu üzerinde çalışanlar özellikle Hebbian öğrenme kuralından etkilenecek şekilde yapay sinir ağlarını geliştirmeye çalışmışlardır. Frank Rosantblatt tarafından geliştirilen perceptron modeli yapay sinir ağlarında

bir dönüm noktası niteliğindedir. Perceptron tek katmanlı algılayıcı olup eğitilebilen bir modeldir. Perceptron aynı zamanda çok katmanlı algılayıcıların da temel kaynağı durumundadır.

1960'lı yıllarda yapay sinir ağındaki çalışmalarda gerileme gözlenmiştir. Yapay sinir ağlarının gerilemesine Minsky ve Pappert tarafından yazılan algılayıcılar (Perceptrons) başlıklı kitap neden olmuştur. Minsky ve Pappert, yapay sinir ağlarıyla doğrusal olmayan problemlerin çözümünün mümkün olmadığını iddia ettiler. İddialarını kanıtlamak için klasik XOR probleminin çözümsüzlüğünü öne sürmüşlerdir (Öztemel, E., 2003) . bu iddia birçok bilim adamı tarafından kabul görüp desteklenmiştir. Bu yüzden yapay sinir ağları ile ilgili çalışmalar büyük ölçüde yavaşlamıştır.

Tüm bunlara rağmen, Anderson, Wilshaw, Kanerva ve Kohonen gibi az sayıdaki yapay sinir ağı savunucuları sessiz araştırmalarına devam ettiler. Son yıllarda yapılan çalışmalarla, yapay sinir ağları her alanda yaygın olarak kullanılmaya ve başarılı sonuçlar alınmaya başlanmıştır (Elmas, Ç. 2003) . 1982 yılına Hopfield tarafından yayınlanan çalışmalar ile yapay sinir ağlarının genelleştirilebileceği ve özellikle geleneksel bilgisayar programları ile çözülmesi zor olan karmaşık problemlere çözüm üretilebileceğini göstermiştir (Öztemel, Ç., 2003).

D. Rumelhart, G. Hinton ve R. Williams geriye yayılım öğrenme kuralıyla çok tabakalı ağ sistemlerinin bir çok problemi çözmek için eğitilebileceğini göstermiştir. Son yıllarda bilgisayar teknolojisindeki büyük gelişmelerden dolayı, yapay sinir ağlarının yazılım ve donanım uygulamaları hızla devam etmektedir.

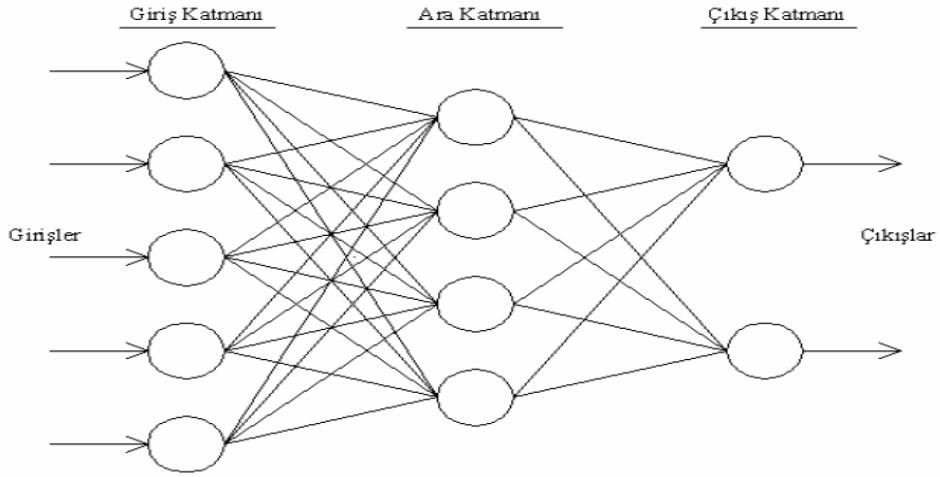
Son yıllarda düzenlenen panel, sempozyum ve konferanslar ile yapay sinir ağları konusunda ilerleme kaydedilmektedir. Günümüzde yapay sinir ağları birçok meslek grubunda uygulama alanına sahip bir model olarak karşımıza çıkmaktadır.

3.3. Yapay Sinir Ağlarının Tanımı

Yapay sinir ağları dışarıdan gelen girdilere dinamik olarak yanıt oluşturma yoluyla bilgi işleyen, birbiriyle bağlantılı basit elemanlardan oluşan bir bilgi işleme sistemidir. Bu sistem tek yönlü işaret kanalları (bağlantılar) ile birbirine bağlanan işlem elemanlarından oluşur. Çıkış işareti bir tane olup isteğe göre çoğaltılabilir. Yapay sinir ağları yaklaşımının temel düşüncesiyle, insan beyninin fonksiyonları arasında benzerlik vardır. Bu yüzden yapay sinir ağları sistemine insan beyninin modeli denilebilir. Yapay sinir ağları çevre şartlarına göre davranışlarını şekillendirebilir. Girişler ve istenen çıkışların sisteme verilmesi ile kendisini farklı cevaplar verebilecek şekilde ayarlayabilir. Ancak son derece karmaşık bir iç yapısı vardır. Onun için

bugüne kadar gerçekleştirilen yapay sinir ağıları; biyolojik fonksiyonların temel nöronlarını örnek alarak yerine getiren kompoze elemanlardır.

Yapay sinir ağıları günümüzde pek çok meslek grubunda değişik problemlerin çözümünde kullanılmaktadır. Yapay sinir ağıları yapay sinir hücrelerinden meydana gelmiştir. Bu hücrelere proses elemanı da denilir. Proses elemanları birbirine bağlandıkları gibi her bağlantının da kendine ait bir değeri mevcuttur. Şekil 3.1’de yapay sinir ağının yapısı görülmektedir.



Şekil 3.1. Bir yapay sinir ağı modeli

Bir yapay sinir ağının başlıca görevi, kendisine tanıtılan bir girdi setine karşılık bir çıktı seti oluşturulmasıdır. Bunu yapabilmesi için ağ ilgili problemin değerleri ile eğitilerek öğrenme yapabilecek yeteneğe sahip hale getirilir.

3.4. Yapay Sinir Ağlarının Uygulama Alanları

Son yıllarda Yapay sinir ağıları, özellikle günümüze kadar çözümü güç ve karmaşık olan yada ekonomik olmayan çok farklı alanlardaki problemlerin çözümüne uygulanmış ve genellikle başarılı sonuçlar alınabilmektedir. Yapay sinir ağıları aşağıdaki özellikleri gösteren alanlarda kullanıma uygun bir araçtır;

- Çok değişkenli problem uzayı
- Probleme ilişkin değişkenler arasında karmaşık etkileşim
- Çözüm uzayının bulunmaması, tek bir çözümün olması veya çok sayıda çözüm olması

Arıza Analizi ve Tespiti

Bir sistemin, cihazın yada elemanın düzenli (doğru) çalışma şeklini öğrenen bir yapay sinir ağı yardımıyla bu sistemlerde meydana gelebilecek arızaların tanımlanma olanağı vardır. Bu amaçla yapay sinir ağları; elektrik makinelerinin, uçakların yada bileşenlerinin, entegre devrelerin v.s. arıza analizinde kullanılmıştır.

Tıp Alanında

EEG ve ECG gibi tıbbi sinyallerin analizi, kanserli hücrelerin analizi, protez tasarımı, transplantasyon zamanlarının optimizasyonu ve hastanelerde giderlerin optimizasyonu vs. gibi uygulama yeri bulmuştur.

Savunma Sanayi

Silahların otomasyonu ve hedef izleme, nesneleri/görüntüleri ayırma ve tanıma, yeni algılayıcı tasarımı ve gürültü önleme v.s gibi alanlara uygulanmıştır.

Haberleşme

Görüntü ve veri sıkıştırma, otomatik bilgi sunma servisleri, konuşmaların gerçek zamanda çevirisi v.s gibi alanlarda uygulama örnekleri vardır.

Üretim

Üretim sistemlerinin optimizasyonu, ürün analizi ve tasarımı, ürünlerin (entegre, kağıt, kaynak v.s.) kalite analizi ve kontrolü, planlama ve yönetim analizi v.s. alanlarına uygulanmıştır.

Otomasyon ve Kontrol

Uçaklarda otomatik pilot sistemi otomasyonu, ulaşım araçlarında otomatik yol bulma/gösterme, robot sistemlerin kontrolü, doğrusal olmayan sistem modelleme ve kontrolü, elektrikli sürücü sistemlerin kontrolü v.s. gibi yaygın bir uygulama yeri bulmuştur.

3.5. Yapay Sinir Ağlarının Avantajları

Yapay sinir ağları modelleri, biyolojik sinir ağlarının çalışma biçimlerinden esinlenerek ortaya çıkarılmıştır. Yapay sinir ağları, biyolojik olmayan yapı taşlarının düzgün bir tasarımla birbirlerine yoğun olarak bağlanmalarından oluşmaktadırlar. Sinir sisteminin modellenmesi için yapılan çalışmalar sonucu oluşturulan yapay sinir ağları, biyolojik sinir sisteminin üstünlüklerine de sahiptir. Bu üstünlükleri aşağıdaki şekilde özetlemek mümkündür.

Doğrusal Olmama

YSA'nın temel işlem elemanı olan hücre doğrusal değildir. Dolayısıyla hücrelerin birleşmesinden meydana gelen YSA da doğrusal değildir ve bu özellik bütün ağa yayılmış durumdadır. Bu özelliği ile YSA, doğrusal olmayan karmaşık problemlerin çözümünde en önemli araç olmuştur.

Paralellik

Alışılmış bilgi işlem yöntemlerinin çoğu seri işlemlerden oluşmaktadır. Bu da hız ve güvenilirlik sorunlarını beraberinde getirmektedir. Seri bir işlem gerçekleşirken herhangi bir birimin yavaş oluşu tüm sistemi doğruca yavaşlatırken, paralel bir sistemde yavaş bir birimin etkisi çok azdır. Nitekim seri bir bilgisayarın bir işlem elemanı beyine göre binlerce defa daha hızlı işlemesine rağmen, beynin toplam işlem hızı seri çalışan bir bilgisayara göre kıyaslanamayacak kadar yüksektir.

Gerçeklenme Kolaylığı

Yapay sinir ağlarında basit işlemler gerçekleyen türden hücrelerden oluşması ve bağlantıların düzgün olması, ağların gerçeklenmesi açısından büyük kolaylık olmasını sağlamaktadır.

Yerel Bilgi İşleme

Yapay sinir ağlarında her bir işlem birimi, çözülecek problemin tümü ile ilgilenmek yerine, sadece problemin gerekli parçası ile ilgilenmektedir ve problemin bir parçasını işlemektedir. Hücrelerin çok basit işlem yapmalarına rağmen, sağlanan görev paylaşımı sayesinde çok karmaşık problemler çözülebilmektedir.

Hata Toleransı

Sayısal bir bilgisayarda, herhangi bir işlem elemanını yerinden almak, onu etkisiz bir makineye dönüştürmektedir. Ancak yapay sinir ağlarında bir elemanda meydana gelebilecek hasar çok büyük önem teşkil etmez. Yapay sinir ağlarının paralel çalışması hız avantajı ile birlikte yüksek hata sağlamaktadır. Seri bilgi işlem yapan bir sistemde ise, sistemin ayrı ayrı işlem elemanlarında meydana gelecek olan hatalı çalışma veya hasar sistemin performansında keskin bir düşüşe yol açmadan, performansın sadece hata birimlerinin bir oranınca düşmesine sebep olur. Yapay sinir ağları, çok sayıda hücrenin çeşitli şekillerde bağlanmasından oluştuğundan paralel dağılmış bir sisteme sahiptir ve ağına sahip olduğu bilgi, ağıdaki bütün bağlantılar üzerine dağılmış durumdadır. Bu nedenle, eğitilmiş bir yapay sinir ağlarının bazı bağlantılarının hatta bazı hücrelerinin etkisiz hale gelmesi, ağına doğru bilgi üretmesini önemli ölçüde etkilemez. Bu nedenle, geleneksel yöntemlere göre hatayı tolere etme yetenekleri son derece yüksektir.

Öğrenebilirlik

Alışlagelmiş veri işleme yöntemlerinin çoğu programlama yolu ile hesaplamaya dayanmaktadır. Bu yöntemler ile tam tanımlı olmayan bir problemin çözümü yapılamaz. Bunun yanında, herhangi bir problemin çözümü için probleme yönelik bir algoritmanın geliştirilmesi gerekmektedir. Yapay sinir ağları problemleri verilen örneklerle çözer. Çözülecek problemler için yapı aynıdır. Yapay sinir ağlarının arzu edilen davranışı gösterebilmesi için amaca uygun olarak ayarlanması gerekir. Bu, hücreler arasında doğru bağlantıların yapılması ve bağlantıların uygun ağırlıklara sahip olması gerektiğini ifade eder. Yapay sinir ağlarının karmaşık yapısı nedeniyle bağlantılar ve ağırlıklar önceden ayarlı olarak verilemez yada tasarlanamaz. Bu nedenle yapay sinir ağları, istenen davranışı gösterecek şekilde ilgilendiği problemde aldığı eğitim örneklerini kullanarak problemi öğrenmelidir.

Uyarlanabilirlik

Yapay sinir ağları, ilgilendiği problemdeki değişikliklere göre ağırlıklarını ayarlar. Yani, belirli bir problemi çözmek amacıyla eğitilen yapay sinir ağları, problemdeki değişimlere göre tekrar eğitilebilir, değişimler devamlı ise gerçek zamanda da eğitime devam edilebilir. Bu özelliği ile yapay sinir ağları, uyarlamalı örnek tanıma, sinyal işleme, sistem tanılama ve denetim gibi alanlarda etkin olarak kullanılır.

Genelleme

Yapay sinir ağıları, ilgilendiği problemi öğrendikten sonra eğitim sırasında karşılaşmadığı test örnekleri için de arzu edilen tepkiyi üretebilir. Örneğin, karakter tanıma amacıyla eğitilmiş bir Yapay sinir ağı, bozuk karakter girişlerinde de doğru karakterleri verebilir yada bir sistemin eğitilmiş Yapay sinir ağı modeli, eğitim sürecinde verilmeyen giriş sinyalleri için de sistemle aynı davranışı gösterebilir.

Donanım ve Hız

Yapay sinir ağıları, paralel yapısı nedeniyle büyük ölçekli entegre devre (VLSI) teknolojisi ile gerçekleştirilebilir. Bu özellik, yapay sinir ağının hızlı bilgi işleme yeteneğini artırır ve gerçek zamanlı uygulamalarda arzu edilir.

Analiz ve Tasarım Kolaylığı

Yapay sinir ağlarının temel işlem elemanı olan hücrenin yapısı ve modeli, bütün yapay sinir ağı yapılarında yaklaşık aynıdır. Dolayısıyla, yapay sinir ağlarının farklı uygulama alanlarındaki yapıları da standart yapıdaki bu hücrelerden oluşacaktır. Bu nedenle, farklı uygulama alanlarında kullanılan yapay sinir ağıları benzer öğrenme algoritmalarını ve teorilerini paylaşabilirler. Bu özellik, problemlerin yapay sinir ağı ile çözümünde önemli bir kolaylık getirecektir.

3.6. Yapay Sinir Ağlarının Dezavantajları

Yapay sinir ağlarının yukarıda belirtilen birçok avantajlı özelliklerinin yanı sıra bazı dezavantajları da vardır. Bunları kısaca aşağıdaki gibi özetlemek mümkündür;

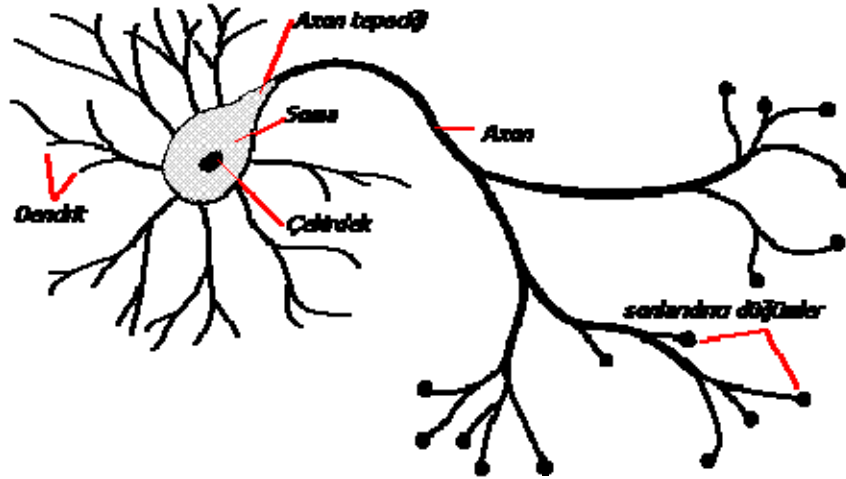
Yapay sinir ağlarının donanım bağımlı çalışmaları önemli bir sorun olarak görülebilir. Ağların temel varoluş nedenlerinden biriside paralel işlemciler üzerinde çalışabilmeleridir. Ağların özellikle, gerçek zamanlı bilgi işleyebilmeleri paralel çalışabilen işlemcilerin varlığına bağlıdır. Günümüzdeki makinelerin çoğu seri şekilde çalışabilmekte ve aynı zamanda sadece tek bir bilgiyi işleyebilmektedir. Paralel işlemleri seri makinelerde yapmak ise zaman kaybına yol açmaktadır. Bunun yanı sıra bir ağın nasıl oluşturulması gerektiğini belirleyecek kuralların olmaması da başka bir dezavantajdır. Her problem farklı sayıda işlemci gerektirebilir. Bazı problemleri çözebilmek için gerekli olan paralel işlemcilerin tamamını bir arada (paralel olarak) çalıştırmak mümkün olmayabilir.

Probleme uygun ağ yapısının belirlenmesi genellikle deneme yanılma yolu ile yapılmaktadır bu ise önemli bir problemdir. Çünkü eğer problem için uygun bir ağ oluşturulmaz ise çözümü olan bir problemin çözülmemesi veya performansı düşük çözümlerin elde edilmesi söz konusu olabilir. Bu aynı zamanda bulunan çözümün en iyi çözüm olduğunu da garanti etmez. Yani yapay sinir ağları kabul edilebilir çözümler üretebilir. Optimum (en iyi) çözümü garanti etmez.

Bazı ağlarda ağın parametre değerlerinin (mesela öğrenme katsayısı, her katmanda olması gereken proses elemanı (yapay hücrelerin) sayısı, katman sayısı vb.) belirlenmesinde de bir kural olmaması diğer bir problemdir. Bu, iyi çözümler bulmayı zor durumda bırakan bir etken olarak görülebilir. Bu parametrelerin belirlenmesi de kullanıcının tecrübesine bağlıdır. Her problem için ayrı faktörleri dikkate almayı gerektirmektedir. Bu parametre değerleri için belirli standartların oluşturulması çok zor olduğundan her problem için ayrı ayrı değerlendirmeler yapılması gerekmektedir. Bu da önemli bir dezavantaj olarak görülebilir.

3.7.Biyolojik Sinir Hücresi

Canlıları dış ortamdaki değişikliklere karşı kendi iç ortamını belirli sınırlar içerisinde koruyan sinir sistemi, sinir hücrelerinden meydana gelmiş bir yapıdır. Sinirler vücuttaki diğer hücrelerle birçok ortak özelliklere sahiptir, fakat ilave olarak elektrokimyasal işaretleri algılama, işleme ve iletme özellikleri de vardır. Canlı bir sinir sisteminin temelini oluşturan bir sinir hücresi Şekil 3.2'de görülmektedir.



Şekil 3.2. Biyolojik sinir hücresi

Sinir Hücreleri, sinir sisteminin temel işlem elemanıdır. Birbiriyle bağlantılı iki nöronun akson, dentrit, synaps ve soma olma üzere dört önemli bölümü bulunmaktadır.

- Dendritler
- Hücre Gövdesi (Soma)
- Aksonlar
- Synaps

Dendritler

Nöronun ağaç köküne benzeyen, görevi hücreye girdilerin sağlanması olan uzantılardır.

Hücre Gövdesi (Soma)

Bir nöronun gövdesine soma adı verilir. Soma nucleus adı verilen hücre çekirdeğini içermektedir. Hücrenin yaşamasını sağlayan işlevleri görür. Synapslar aracılığıyla dentritlere geçirilen iletiler birleşerek akson üzerinde elektriksel bir çıktı oluştururlar. Bu çıktının olup olmayacağı veya çıktının elektriksel olarak yoğunluğu, synapsların etkileri sonucu hücreye gelen tüm girdilerin, toplam değeri tarafından belirlenmektedir. Somaya gelen girdilerin ağırlıklı toplamı akson üzerinde çıktı oluşturacak değere ulaştığında, bu değere "eşik değeri" adı verilmektedir ve nöron ateşlendi (fired) olarak ifade edilmektedir. Bu şekilde girdiler nöron tarafından değerlendirilerek çıktıya dönüştürülmüş olur.

Akson

Hücre çıktısını göndermeye yarayan uzantısıdır. Bir hücrenin tek bir akson uzantısı bulunur. Ancak bu akson uzantıdan çıkan çok sayıda uzantı ve bunların ucunda synapstik bağlantılar bulunur.

Synaps

Synapslar, sinir hücrelerindeki aksonlarının, diğer sinir hücreleri ve/veya onların dentritleri üzerinde sonlanan özelleşmiş bağlantı noktalarıdır. Bu bağlantı noktalarının görevi aksondaki elektriksel iletinin diğer hücrelere aktarılmasıdır. Bu bağlantı noktalarında iletiler elektro-kimyasal süreçlerle diğer hücrelere geçirilir. Synapslar bağlandıkları dentrit veya nöronda bölgesel olarak elektrik kuvvetini pozitif veya negatif yönde etkileyebilme yeteneğine sahiptirler. Böylelikle bir nöronun diğerini etkileyebilmesi söz konusu olmaktadır.

İnsan beyinde yaklaşık 10 milyar sinir hücresi ve 60 trilyon synaps bulunmaktadır.

Bir sinir hücresinin çalışma şekli şöyledir;

Sinir hücresi, diğer sinir hücrelerinden gelen uyarıları (elektriksel sinyaller) synapsları üzerinden dentritlerine alır. Bu sırada gelen sinyaller synapslar tarafından güçlendirilir ya da zayıflatılır. Dentritler sinyalleri hücre gövdesine iletirler. Hücre gövdesi gelen sinyalleri birbirlerini kuvvetlendirme ve zayıflatma etkilerine göre işler. Eğer sonuçta sinyaller birbirlerini yeteri kadar kuvvetlendirerek bir eşik değerini aşabilirlerse, aksona sinyal gönderilir ve sinir aktif hale getirilir. Aksi halde, aksona sinyal gönderilmez ve sinir pasif durumda kalır.

3.8. Yapay Sinir Hücresi

Biyolojik sinir ağlarında olduğu gibi yapay sinir ağlarında da temel unsur, yapay sinir hücresidir. Yapay sinir hücresi, YSA'nın çalışmasına esas teşkil eden en küçük ve temel bilgi işleme birimidir. Ağ içinde yer alan tüm nöronlar bir veya birden fazla girdi alırlar ve tek bir çıktı verirler. Bu çıktı yapay sinir ağının dışına verilen çıktılar olabileceği gibi başka nöronlara girdi olarak da kullanılabilirler. Geliştirilen hücre modellerinde bazı farklılıklar olmakla birlikte genel özellikleri ile bir yapay hücre modeli 5 bileşenden oluşmaktadır. Bunlar;

- Girdiler
- Ağırlıklar
- Birleştirme Fonksiyonu
- Aktivasyon Fonksiyonu
- Çıktı

3.8.1. Girdiler

Girdiler, diğer hücrelerden veya dış ortamdan hücreye giren bilgilerdir.

3.8.2. Ağırlıklar

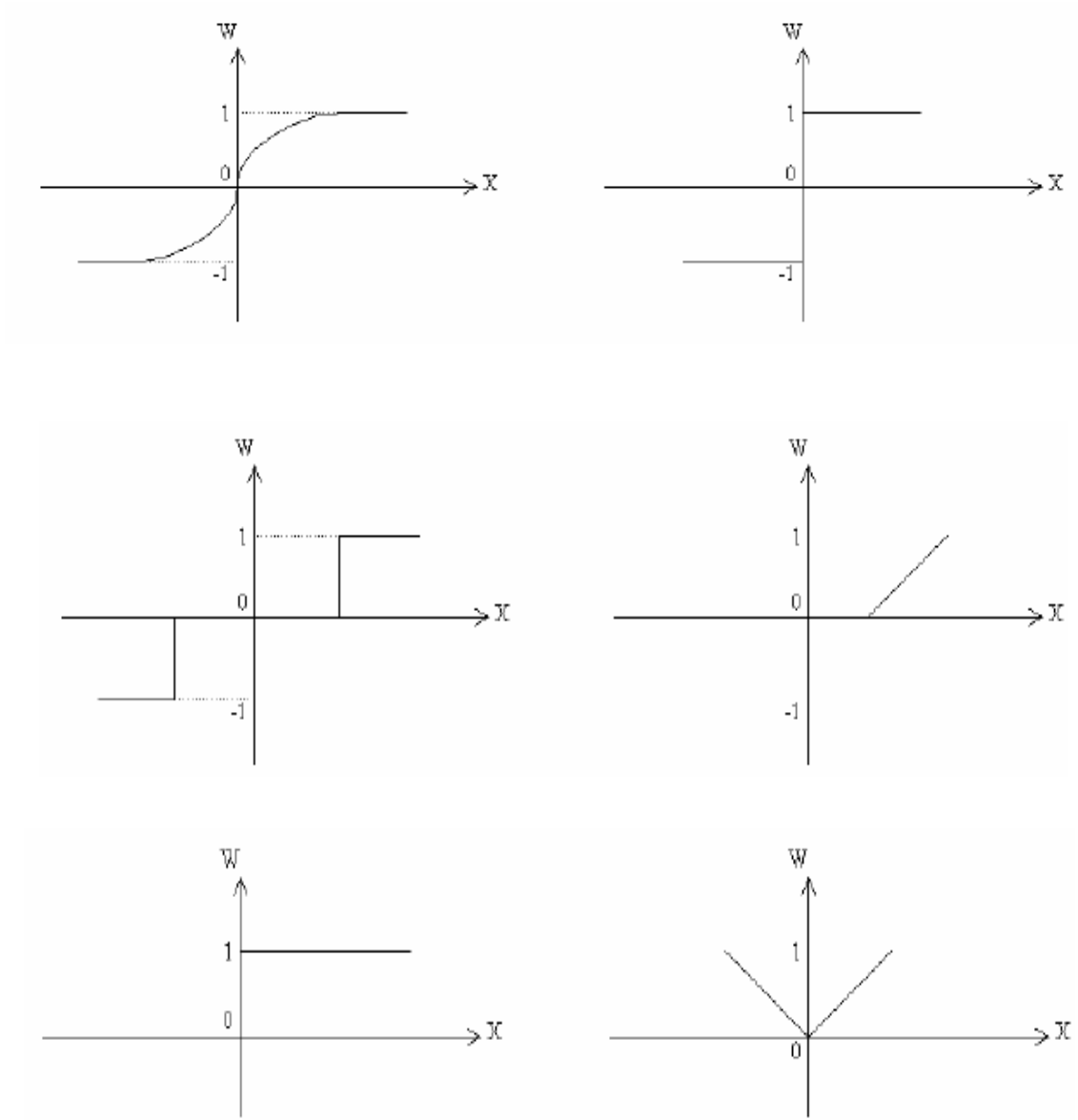
Bilgiler, bağlantılar üzerindeki ağırlıklar üzerinden hücreye girer ve ağırlıklar, ilgili girişin hücre üzerindeki etkisini belirler. Ağırlıklar bir nöronda girdi olarak kullanılacak değerlerin göreceli kuvvetini (matematiksel katsayısını) gösterir. Yapay sinir ağı içinde girdilerin nöronlar arasında iletimini sağlayan tüm bağlantıların farklı ağırlık değerleri bulunmaktadır. Böylelikle ağırlıklar her işlem elemanının her girdisi üzerinde etki yapmaktadır.

3.8.3. Birleştirme Fonksiyonu

Birleştirme fonksiyonu bir hücreye gelen net girdiyi hesaplayan bir fonksiyondur. Değişik fonksiyon türleri olmakla birlikte genellikle net girdi, girişlerin ilgili ağırlıkla çarpımlarının toplamıdır. Birleştirme fonksiyonu olarak değişik formüllerin kullanıldığı görülmektedir. Bazı durumlarda gelen girdilerin değeri dikkate alınırken bazı durumlarda ise gelen girdilerin sayısı önemli olabilmektedir. Bir problem için en uygun birleştirme fonksiyonunu belirlenmek için bulunmuş bir formül yoktur. Genellikle deneme yanılma yolu ile toplama fonksiyonu belirlenmektedir.

3.8.4. Aktivasyon Fonksiyonu

Aktivasyon fonksiyonu, birleştirme fonksiyonundan elde edilen net girdiyi bir işlemde geçirerek çıktıyı belirler. Hücre modellerinde, hücrenin gerçekleştireceği işleve göre çeşitli tipte aktivasyon fonksiyonları kullanılabilir. Aktivasyon fonksiyonları sabit parametrelili yada uyarlanabilir parametrelili seçilebilir. En uygun aktivasyon fonksiyonu tasarımcının denemeleri sonucunda belli olur. Aktivasyon fonksiyonunun seçimi büyük ölçüde yapay sinir ağının verilerine ve ağın neyi öğrenmesinin istendiğine bağlıdır. Çıktı hesabı için değişik aktivasyon fonksiyonları kullanılmaktadır. En sık kullanılan aktivasyon fonksiyonu sigmoid fonksiyonudur. Aktivasyon fonksiyonları bir yapay sinir ağında nöronun çıkış genliğini, istenilen değerler arasında sınırlar. Bu değerler genellikle $[0,1]$ veya $[-1,1]$ arasındadır. Yapay sinir ağlarında kullanılacak aktivasyon fonksiyonlarının türevi alınabilir olması ve süreklilik arz etmesi gereklidir. Lineer veya doğrusal olmayan transfer fonksiyonlarının kullanılması yapay sinir ağların karmaşık ve çok farklı problemlere uygulanmasını sağlamıştır. Aktivasyon fonksiyonu Şekil 3.3 'de gösterilen grafiklerin birisi şeklinde olabilmektedir.



Şekil 3.3. En çok kullanılan aktivasyon fonksiyonları (Elmas, Ç., 2003)

3.8.5. Hücre Çıktısı

Aktivasyon fonksiyonunun, dış ortama veya diğer hücelere aktarım yapılan yerdir. Hücre birden fazla girdi değeri için de tek çıktı üretmektedir.

3.9. Yapay Sinir Ağlarının Yapısı

Sinir hücreleri bir grup halinde işlev gördüklerinde ağ (network) olarak adlandırılırlar ve böyle bir grupta binlerce nöron bulunur. Yapay nöronların birbirleriyle bağlantılar aracılığıyla bir araya gelmeleri yapay sinir ağını oluşturmaktadır.

Yapay sinir ağıyla aslında biyolojik sinir ağının bir modeli oluşturulmak istenmektedir. Nöronların aynı doğrultu üzerinde bir araya gelmeleriyle katmanlar oluşmaktadır.

Katmanların değişik şekilde bir birleriyle bağlanmaları değişik ağ mimarilerini doğurur. Yapay sinir ağıları üç katmandan oluşur (Şekil 3.1.) . Bu katmanlar sırasıyla;

- Girdi katmanı
- Ara Katman
- Çıktı Katmanı

Girdi Katmanı

Bu katmandaki proses elemanları dış dünyadan bilgileri alarak ara katmanlara transfer ederler. Bazı ağlarda girdi katmanında herhangi bir bilgi işleme olmaz.

Ara Katman (Gizli Katman)

Girdi katmanından gelen bilgiler işlenerek çıktı katmanına gönderilirler. Bu bilgilerin işlenmesi ara katmanlarda gerçekleştirilir. Bir ağ içinde birden fazla ara katman olabilir.

Çıktı Katmanı

Bu katmandaki proses elemanları ara katmandan gelen bilgileri işleyerek ağın girdi katmanından sunulan girdi seti için üretmesi gereken çıktıyı üretirler. Üretilen çıktı dış dünyaya gönderilir.

3.10. Yapay Sinir Ağlarının Sınıflandırılması

Yapay sinir ağları, genel olarak birbirleri ile bağlantılı işlemci birimlerden (sinir hücresi) oluşurlar. Her bir sinir hücresi arasındaki bağlantıların yapısı ağın yapısını belirler. İstenilen hedefe ulaşmak için bağlantıların nasıl değiştirileceği öğrenme algoritması tarafından belirlenir.

Kullanılan öğrenme algoritmasına göre, hatayı sıfıra indirecek şekilde, ağırlıklar değiştirilir. Yapay sinir ağları yapılarına ve öğrenme algoritmalarına göre sınıflandırılırlar.

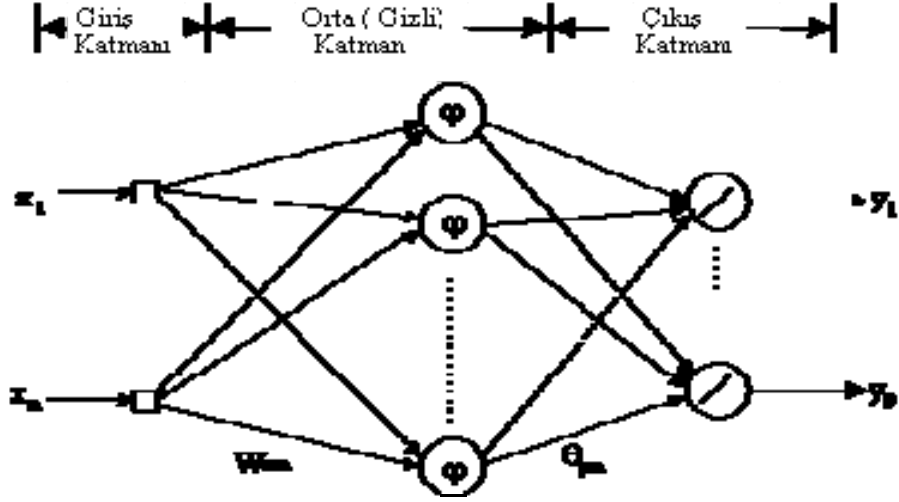
3.10.1. Yapay Sinir Ağlarının Yapılarına Göre Sınıflandırılması

Yapay sinir ağları, yapılarına göre, ileri beslemeli (feedforward) ve geri beslemeli (feedback) ağlar olmak üzere iki şekilde sınıflandırılırlar.

3.10.1.1. İleri Beslemeli Ağlar

İleri beslemeli bir ağda işlemci elemanlar (İE) genellikle katmanlara ayrılmışlardır. İşaretler, giriş katmanından çıkış katmanına doğru tek yönlü bağlantılarla iletilir. İE'ler bir katmandan diğer bir katmana bağlantı kurarlarken, aynı katman içerisinde bağlantıları bulunmaz. İleri beslemeli ağlara örnek olarak çok katmanlı perseptron (Multi Layer Perseptron-MLP) ve LVQ (Learning Vector Quantization) ağları verilebilir.

İleri beslemeli yapay sinir ağlarında, hücreler katmanlar şeklinde düzenlenir ve bir katmandaki hücrelerin çıkışları bir sonraki katmana ağırlıklar üzerinden giriş olarak verilir. Giriş katmanı, dış ortamlardan aldığı bilgileri hiçbir değişikliğe uğratmadan orta (gizli) katmandaki hücrelere iletir. Bilgi, orta ve çıkış katmanında işlenerek ağ çıkışı belirlenir. Bu yapısı ile ileri beslemeli ağlar doğrusal olmayan statik bir işlevi gerçekleştirir. İleri beslemeli 3 katmanlı yapay sinir ağının, orta katmanında yeterli sayıda hücre olmak kaydıyla, herhangi bir sürekli fonksiyonu istenilen doğrulukta yaklaştıracak şekilde gösterilmiştir. En çok bilinen geriye yayılım öğrenme algoritması, bu tip yapay sinir ağların eğitiminde etkin olarak kullanılmakta ve bazen bu ağlara geriye yayılım ağları da denmektedir. Şekil 3.4.'de giriş, orta ve çıkış katmanı olmak üzere 3 katmanlı ileri beslemeli yapay sinir ağı yapısı verilmiştir.



Şekil 3.4. İleri beslemeli 3 katmanlı yapay sinir ağı

$$NET_{a,j} = \sum A_{kj} C_i^k \quad (3.1.)$$

A_{kj} = k. girdi katmanı elemanını j.ara katman elemanına başlayan bağlantının ağırlık değeri.

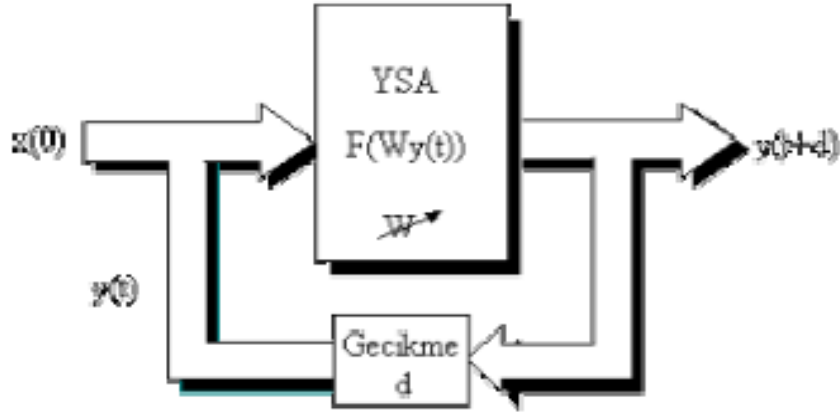
J.ara katman elemanının çıktı değeri ise, bu net girdinin aktivasyon fonksiyonundan geçirilmesi ile elde edilir.

Herhangi bir problemi çözmek amacıyla kullanılan YSA da, katman sayısı ve orta katmandaki hücre sayısı gibi kesin belirlenememiş bilgilere rağmen nesne tanıma ve sinyal işleme gibi alanların yanı sıra, ileri beslemeli YSA, sistemlerin tanınması ve denetiminde de yaygın olarak kullanılmaktadır.

3.10.1.2. Geri Beslemeli Ağlar

Bir geri beslemeli sinir ağı, çıkış ve ara katlardaki çıkışların, giriş birimlerine veya önceki ara katmanlara geri beslendiği bir ağ yapısıdır. Böylece, girişler hem ileri yönde hem de geri yönde aktarılmış olur. Şekil 3.5.'de bir geri beslemeli ağ görülmektedir. Bu çeşit sinir ağlarının dinamik hafızaları vardır ve bir andaki çıkış hem o andaki hem de önceki girişleri yansıtır. Bundan dolayı, özellikle önceden tahmin uygulamaları için uygundur. Geri beslemeli ağlar çeşitli tipteki zaman serilerinin tahmininde oldukça başarı sağlamışlardır. Bu ağlara örnek olarak Hopfield, SOM (Self Organizing Map), Elman ve Jordan ağları verilebilir.

Geri beslemeli yapay sinir ağında, en az bir hücrenin çıkışı kendisine ya da diğer hücrelere giriş olarak verilir ve genellikle geri besleme bir geciktirme elemanı üzerinden yapılır. Geri besleme, bir katmandaki hücreler arasında olduğu gibi katmanlar arasındaki hücreler arasında da olabilir. Bu yapısı ile geri beslemeli yapay sinir ağı, doğrusal olmayan dinamik bir davranış gösterir. Dolayısıyla, geri beslemenin yapılış şekline göre farklı yapıda ve davranışta geri beslemeli yapay sinir ağı yapıları elde edilebilir.



Şekil 3.5. Geri beslemeli ağ için blok diyagram

Geriye doğru hesaplamada, ağın ürettiği çıktı değeri, ağın beklenen çıktıları ile kıyaslanır. Bunların arasındaki fark, hata olarak kabul edilir. Amaç bu hatanın düşürülmesidir. Çıktı katmanında m. proses için oluşan hata, $E_m = B_m - Ç_m$ olacaktır. Çıktı katmanında oluşan toplam hatayı bulmak için, bütün hataların toplanması gereklidir. Bazı hata değerleri negatif olacağından, toplamın sıfır olmasını önlemek amacıyla ağırlıkların kareleri hesaplanarak sonucun karekökü alınır. Toplam hata aşağıdaki formül ile bulunur.

$$\text{Toplam Hata} = \frac{1}{2} \sum_m E_m^2 \quad (3.2.)$$

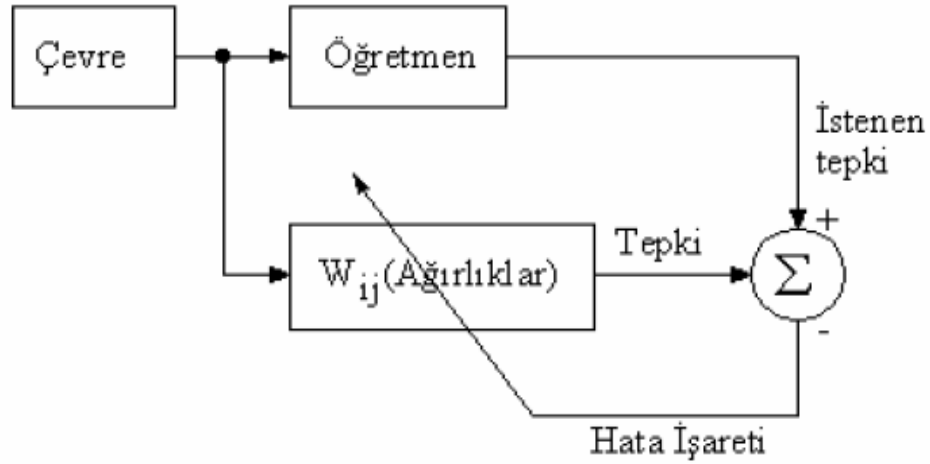
Toplam hatayı en azda tutmak için, bu hatanın kendisine neden olan proses elemanlarına dağıtılması gerekmektedir. Bu da, proses elemanlarının ağırlıklarını değiştirmek demektir.

3.10.2.Yapay Sinir Ağlarının Öğrenme Algoritmalarına Göre Sınıflandırılması

Yapay sinir ağlarında öğrenme, ağdan çıktılarına karşılık gelen ağırlık değerlerinin belirlenmesi işlemidir. 1950'li yıllardan bugüne kadar birçok araştırmacı yapay sinir ağlarında öğrenmeyi geliştirecek çalışma içine girmiştir. Geliştirilen öğrenme metotları iki grupta toplanmıştır.

3.10.2.1. Danışmanlı Öğrenme

Danışmanlı öğrenme yönteminde giriş ve çıkış değerleri birlikte ağıya sunulur.Yapay sinir ağının işlevi giriş değerlerini danışmanın belirlediği çıkış değerlerine uyarlamaktır. Yapay sinir ağlarında ağın ürettiği çıkış değerleri bulunan çıkış değerleriyle mukayese edilir. Başlangıçta rasgele atanan ağırlıklar döngünün ilerleyen aşamalarında değiştirilerek hata oranı azaltılır. Hata kabul edilebilir seviyeye gelinceye kadar ağ eğitime devam etmekte ve ağırlıklar değiştirilmektedir. Ağ öğrenmeyi tamamladığında ağırlıklar değiştirilmez. Ağın öğrenme işini gerçekleştirmesi ilgili olayın giriş ve çıkış değerleri arasındaki ilişkiyi kavraması demektir. Böylece ağıya sunulan farklı örnek setleri için doğru sonuçlar elde edilmektedir. Danışmanlı öğrenmeye çok katmanlı algılayıcılar örnek verilebilir. Şekil 3.6.'da danışmanlı öğrenme görülmektedir.

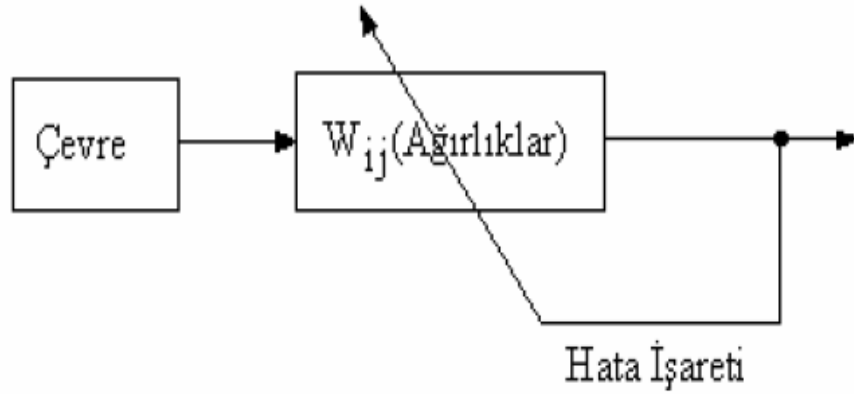


Şekil 3.6. Danışmanlı öğrenme yapısı

3.10.2.2. Danışmansız Öğrenme

Danışmansız öğrenme metodunda yapay sinir ağına yardımcı olan danışman yoktur. Bu yöntemde sisteme sadece giriş değerleri sunulur. Ağ giriş değerlerine karşılık gelecek çıktı setini oluşturacak parametreleri belirleyerek öğrenmeyi gerçekleştirmektedir.

Danışmansız olarak eğitilebilen yapay sinir ağları giriş setindeki değerlerin özelliklerine göre ağırlık değerlerini belirler. Sınıflandırma problemlerinin çözümünde yaygın olarak kullanılmaktadır. Danışmansız öğrenmeye ART ağları örnek olarak gösterilebilir. Grossberg tarafından geliştirilen danışmansız öğrenme yönteminin kullanıldığı ART (Adaptive Resonance Theory) ağları biyolojik sinir ağlarının çalışmasından esinlenmiştir. Danışmansız öğrenme Şekil 3.7.'de yer almaktadır.



Şekil 3.7. Danışmansız öğrenme yapısı

Danışmansız öğrenmede ara katman dışarıdan destek almadan kendilerini geliştirmek durumundadır. Ağa çıktı seti sunulmadığı için önceden bilinmeyen değerlerin belirlenmesi ağın kendisini denetleyerek yaptığı denemelerle gerçekleşmektedir. Danışmansız öğrenme, yapay sinir ağlarının gelecekte daha da gelişmesine öncülük edebilecek bir yöntemdir.

3.7.2.3. Bilinen Öğrenme Kuralları

Yapay sinir ağlarında değişik öğrenme kuralları bulunmaktadır. Öğrenme kurallarının bir çoğu Hebb öğrenme kuralı olarak bilinen basit bir modele dayanmaktadır. Bilinen öğrenme kurallarından bazıları aşağıda verilmiştir.

Hebb Kuralı : Geliştirilen ilk öğrenme kuralıdır. Diğer öğrenme kurallarının gelişmesine öncülük etmiştir. Donald Hebb tarafından geliştirilen öğrenme kuralının temeli, iki proses elemanı arasında bilgi alışverişi varsa ve iki proses elemanı da aktifse arasındaki bağ kuvvetlenmeli esasına dayanmaktadır. Yani aktif olan proses elemanı bağlantılı olduğu proses elemanını da aktif hale getirmeye çalışacaktır.

Hopfield Kuralı : Hebb kuralıyla benzerlik göstermektedir. Bu kurala göre beklenen giriş ve çıkış değerlerinin ikisinin birden aktif olması durumunda ağırlıklar öğrenme katsayısı kadar artırılır, pasif olması durumunda öğrenme katsayısı kadar azaltılır. Hopfield öğrenme kuralında ağırlıklar öğrenme katsayısı oranında değişmektedir.

Delta Kuralı : En sık kullanılan öğrenme kuralıdır. Bu kural en küçük ortalamalar karesi kuralı olarak da isimlendirilir. Bu kurala göre ağırlık ürettiği çıkış değerleri ile gerçek çıkış değerleri arasındaki farkı azaltmak için bağlantıların ağırlık değerlerinin değiştirilmesi gerekmektedir. Başlangıçta ağırlık değerleri rasgele atanır. Ağırlıkların değişimi hatanın kabul edilebilir seviyeye inmesiyle son bulur. Delta öğrenme kuralının amacı, ağırlık ürettiği çıktı ile gerçek çıktı arasındaki farkın karelerinin ortalamasını en düşük seviyeye çekmektedir.

Kohonen Kuralı : Kohonen tarafından geliştirilen bir öğrenme kuralıdır. Bu kurala göre ağırlık bütün proses elemanları ağırlık değerlerini değiştirmek için yarış içerisindeyler. En büyük çıkışa sahip sinir yarışmayı kazanmakta ve ağırlıkları düzenleyebilmektedir. Ayrıca komşu hücrelerin ağırlık değerlerinin değişimine izin verilmektedir.

3.11. Yapay Sinir Ağları Nasıl Çalışır?

Sinir ağı ile hesaplamalarda istenilen dönüşüm için, adım adım yürütülen bir yöntem gerekmez. Sinir ağı ilişkilendirmeyi yapan iç kuralları kendi üretir ve bu kuralları, bunların sonuçlarını örneklerle karşılaştırarak düzenler. Deneme ve yanılma ile, ağı kendi kendine işi nasıl yapması gerektiğini öğretir. Yapay sinir ağlarında bilgi saklama, verilen eğitim özelliğini kullanarak eğitim örnekleri ile yapılır. Sinirsel hesaplama, algoritmik programlamaya bir seçenek oluşturan, temel olarak yeni ve farklı bir bilgi işleme olayıdır. Uygulama imkanının olduğu her yerde, tamamen yeni bilgi işleme yetenekleri geliştirebilir. Bu sayede de geliştirme harcamaları ile geliştirme süresi büyük ölçüde azalır (Saraç, T., 2004).

Bir yapay sinir ağı girdi setindeki değişiklikleri değerlendirerek öğrenir ve buna bir çıktı üretir. Öğrenme işlemi benzer girdi setleri için aynı çıktıyı üretecek bir öğrenme algoritması ile gerçekleşir. Öğrenme setindeki girdilerin istatistiksel özelliklerinin çıkarılarak benzer girdilerin gruplandırılmasını sağlayan bir işlemdir.

Sinir yapılarına benzetilerek bulunan ağların eğitimi de, normal bir canlının eğitimine benzemektedir. Sınıfların birbirinden ayrılması işlemi (dolayısıyla kendini geliştirmesi), öğrenme algoritması tarafından örnek kümeden alınan bilginin adım adım işlenmesi ile gerçekleşir. YSA

kullanılarak makinelerle öğrenme genelleme yapma, sınıflandırma, tahmin yapma ve algılama gibi yetenekler kazandırılmıştır.

3.12. Yapay Sinir Ağlarının Eğitimi ve Testi

Geleneksel bilgisayar uygulamalarının geliştirilmesinde karşılaşılan durum, bilgisayarın belli bilgisayar dilleri aracılığıyla ve kesin yazım algoritmalarına uygun ifadelerle programlanmasıdır. Bu oldukça zaman alan, uyumluluk konusunda zayıf, teknik personel gerektiren, çoğu zaman pahalı olan bir süreçtir. Oysa biyolojik temele dayalı yapay zeka teknolojilerinden biri olan yapay sinir ağlarının geliştirilmesinde programlama, yerini büyük ölçüde "eğitime" bırakmaktadır. Proses elemanlarının bağlantı ağırlık değerlerinin belirlenmesi işlemine "ağın eğitilmesi" denir (Saraç, T., 2004). Yapay sinir ağının eğitilmesinde kullanılan girdi ve çıktı dizileri çiftinden oluşan verilerin tümüne "eğitim seti" adı verilir.

Yapay sinir ağı öğrenme sürecinde, gerçek hayattaki problem alanına ilişkin veri ve sonuçlardan, bir başka deyişle örneklerden yararlanır. Gerçek hayattaki problem alanına ilişkin değişkenler yapay sinir ağının girdi dizisini, bu değişkenlerle elde edilmiş gerçek hayata ilişkin sonuçlar ise yapay sinir ağının ulaşması gereken hedef çıktıların dizisini oluşturur.

Öğrenme süresinde, seçilen öğrenme yaklaşıma göre ağırlıklar değiştirilir. Ağırlık değişimi, öğrenmeyi ifade eder. Yapay sinir ağlarında ağırlık değişimi yoksa, öğrenme işlemi de durmuştur. Başlangıçta bu ağırlık değerleri rastgele atanır. Yapay sinir ağları kendilerine örnekler gösterildikçe, bu ağırlık değerlerini değiştirirler. Amaç, ağa gösterilen örnekler için doğru çıktıları üretecek ağırlık değerlerini bulmaktır. Ağın doğru ağırlık değerlerine ulaşması örneklerin temsil ettiği olay hakkında, genellemeler yapabilme yeteneğine kavuşması demektir. Bu genelleştirme özelliğine kavuşması işlemine, "ağın öğrenmesi" denir.

Yapay sinir ağının öğrenme sürecinde temel olarak üç adım bulunmaktadır.

- Çıktıları hesaplamak
- Çıktıları hedef çıktılarla karşılaştırmak ve hatayı hesaplanmak
- Ağırlıkları değiştirerek süreci tekrarlamak.

Eğitim süreci sonucunda yapay sinir ağında hesaplanan hatanın kabul edilebilir bir hata oranına inmesi beklenir. Ancak hata kareleri ortalamasının düşmesi her zaman için yapay sinir ağının genellemeye ulaştığını göstermez. Yapay sinir ağının gerçek amacı girdi-çıkı örnekleri için genellemeye ulaşmaktır.

Yapay sinir ağında sistemlerinin problemi öğrenme başarısı, gerçekleştirilen testlerle sınanmalıdır. Yapay sinir ağı geliştirme sürecinde veriler ikiye ayrılır; bir bölümü ağın eğitilmesi için kullanılır ve eğitim seti adını alır, diğer bölümü ise ağın eğitim verileri dışındaki performansını ölçmede kullanılır ve “test seti” olarak adlandırılır.

Eğitim ve test setleriyle ilgili temel sorun, yeterli eğitim ve test verisinin miktarının ne olduğudur. Sınırsız sayıda verinin bulunabildiği durumlarda, yapay sinir ağı mümkün olan en çok veriyle eğitilmelidir. Eğitim verisinin yeterli olup olmadığı konusunda emin olmanın yolu; eğitim verisinin miktarının artırılmasının, ağın performansında bir değişiklik yaratmadığını takip etmektir. Ancak bunun mümkün olmadığı durumlarda yapay sinir ağının eğitim ve test verileri üzerindeki performansının yakın olması da verilerin sayıca yeterli olduğuna ilişkin bir gösterge olarak kabul edilebilir. Bununla birlikte eğitim setinin içermesi gereken veri miktarı değişik yapay sinir ağı modellerine göre ve özellikle problemin gösterdiği karmaşıklığa göre farklılık gösterebilmektedir. Test işlemi için, eğitim setinde kullanılmayan verilerden oluşan test seti kullanılır. Test setindeki girdiler yapay sinir ağı modeline verilir ve yapay sinir ağının çıktı değeri ile istenilen çıktı değeri karşılaştırılır. Amaç, yapay sinir ağı modelinin yeterli bir genelleme yapıp yapamadığını görmektir. Eğitim ve test aşamalarında istenilen başarı elde edilirse yapay sinir ağı modeli kullanılabilir. (train and test) ile çapraz geçerlilik (cross validation) setinin %25 ile %90 arasında değişen miktarı eğitim seti olarak seçilir. Geri kalan kısım ise test seti olarak ayrılır. Çapraz geçerlilik tekniğinde ise, yapay sinir ağının eğitilmesinde ve test edilmesinde tüm veri seti kullanılır. Bu yaklaşımda, tüm veri seti k adet örtüşmeyen kümeye ayrılır ve k farklı yapay sinir ağı elde edilir. Her yapay sinir ağının testinde farklı bir küme kullanılmak üzere, eğitim işlemi geri kalan k-1 adet küme ile gerçekleştirilir. Uygulama kullanılacak yapay sinir ağı ise, tüm veri seti kullanılarak eğitilir. Bu yapay sinir ağının performansı, k farklı yapay sinir ağının test sonuçlarının ortalaması ile ölçülür.

3.13. Bir Yapay Sinir Ağının Tasarımı

Yapay sinir ağı uygulamasının başarısı, uygulanacak olan yaklaşımlar ve deneyimlerle yakından ilgilidir. Uygulamanın başarısında uygun metodolojiyi belirlemek büyük önem taşır. Yapay sinir ağının geliştirilmesi sürecinde ağın yapısına ve işleyişine ilişkin şu kararların verilmesi gerekir (Saraç, T., 2004).

- Ağ mimarisinin seçilmesi ve yapı özelliklerinin belirlenmesi (katman sayısı, katmandaki nöron sayısı gibi)
- Nörondaki fonksiyonların karakteristik özelliklerinin belirlenmesi
- Öğrenme algoritmasının seçilmesi ve parametrelerinin belirlenmesi
- Eğitim ve test verisinin oluşturulması

Bu kararların doğru verilememesi durumunda, yapay sinir ağındaki sistem karmaşıklığı artacaktır. Sistem karmaşıklığı yapısal ve toplam hesaplama karmaşıklığının bir fonksiyonudur. Toplam hesaplama karmaşıklığı ise, genellikle yapısal karmaşıklığın bir fonksiyonu olarak ortaya çıkar ve bu hesaplamanın en aza indirilmesi amaçlanır. Bu hesaplama karmaşıklığının ölçülmesinde de genellikle yapay sinir ağı sisteminin toplam tepki süresi veya sisteme ait bir işlemci elemanın tepki süresi değeri temel alınır. Bunun yanında kapladığı hafıza ve zaman karmaşıklığı bazı uygulamalarda hesaplansaktadır.

Bir yapay sinir ağına uygun parametrelerle tasarlanması durumunda yapay sinir ağı sürekli olarak kararlı ve istikrarlı sonuçlar üretecektir. Ayrıca sistemin tepki süresinin yeterince kısa olabilmesi için de ağı büyüklüğünün yeterince küçük olması gerekir. İhtiyaç duyulan toplam hesaplama da bu sayede sağlanmış olacaktır.

3.13.1. Ağ Yapısının Seçimi

Yapay sinir ağına tasarımı sürecinde ağ yapısının seçilmesi, uygulama problemine bağlı olarak seçilmelidir. Hangi problem için hangi ağı daha uygun olduğunun bilinmesi önemlidir.

Uygun yapay sinir ağı yapısının seçimi, büyük ölçüde ağda kullanılması düşünülen öğrenme algoritmasına da bağlıdır. Ağda kullanılacak öğrenme algoritması seçildiğinde, bu algoritmanın gerektirdiği mimari zorunlu olarak seçilmiş olacaktır (Saraç, T., 2004).

Bir yapay sinir ağına karmaşıklığının azaltılmasında en etkin araç, ağ yapısını değiştirmektir. Gereğinden fazla sayıda işlemci eleman içeren ağ yapılarında, daha düşük genelleme kabiliyeti ile karşılaşılır.

3.13.2. Öğrenme Algoritmasının Seçimi

Yapay sinir ağı yapısının seçiminden sonra uygulama başarısını belirleyen en önemli faktör öğrenme algoritmasıdır. Genellikle ağ yapısı öğrenme algoritmasının seçiminde belirleyicidir. Bu nedenle seçilen ağ yapısı üzerinde kullanılabilecek öğrenme algoritmasının seçimi ağ yapısına bağlıdır. Yapay sinir ağına geliştirilmesinde kullanılacak çok sayıda öğrenme algoritması bulunmaktadır (Saraç, T., 2004).

3.13.3. Ara Katman Sayısının Belirlenmesi

Yapay sinir ağına tasarımı sürecinde tasarımcının yapması gereken diğer işlemde, ağıdaki katman sayısına karar vermektir. Çoğu problem için 2 veya 3 katmanlı bir ağ tatmin edici

sonuçlar üretebilmektedir. Nöronların aynı doğrultu üzerinde bir araya gelmeleriyle katmanlar oluşmaktadır. Katmanların değişik şekilde bir birleriyle bağlanmaları değişik ağ yapılarını oluşturur. Girdi ve çıktı katmanlarının sayısı, problemin yapısına göre değişir. Katman sayısını belirlemenin en iyi yolu, birkaç deneme yaparak en uygun yapının ve yapının ne olduğuna karar vermektir.

3.13.4. Nöron Sayısının Belirlenmesi

Ağın yapısal özelliklerinden birisi her bir katmandaki nöron sayısıdır. Katmandaki nöron sayısının tespitinde de genellikle deneme-yanılma yöntemi kullanılır. Bunun için izlenecek yol, başlangıçtaki nöron sayısını istenilen performansa ulaşıncaya kadar arttırmak veya tersi şekilde istenen performansın altına inmeden azaltmaktır. Bir katmanda kullanılacak nöron sayısı olabildiğince az olmalıdır. Nöron sayısının az olması yapay sinir ağının "genelleme" yeteneğini arttırırken, gereğinden fazla olması ağın verileri ezberlemesine neden olur. Ancak gereğinden az nöron kullanılmasının verilerdeki örüntünün ağ tarafından öğrenilememesi gibi bir sorun yaratabilir.

Nörondaki fonksiyonların da karakteristik özellikleri de ağın tasarımında önemli kararlardan biridir. Nöronun geçiş fonksiyonunun seçimi büyük ölçüde yapay sinir ağının verilerine ve ağın neyi öğrenmesinin istendiğine bağlıdır. Geçiş fonksiyonları içinde en çok kullanılanı sigmoid ve hiperbolik tanjant fonksiyonlarıdır. Sigmoid fonksiyonun çıktı aralığı 0 ve 1 arasında olurken, hiperbolik tanjant fonksiyonunun çıktısı -1 ve 1 aralığında oluşmaktadır. Eğer ağın bir modelin ortalama davranışını öğrenmesi isteniyorsa sigmoid fonksiyon, eğer ortalamadan sapmanın öğrenilmesi isteniyorsa hiperbolik tanjant fonksiyon kullanılması önerilmektedir.

3.10.5. Normalizasyon

Yapay sinir ağlarının en belirgin özelliklerinden olan doğrusal olmama özelliğini anlamlı kılan yaklaşım, verilerin bir normalizasyona tabii tutulmasıdır. Verilen normalizasyonu için seçilen yöntem ağın performansını doğrudan etkileyecektir. Çünkü normalizasyon, giriş verilerinin transfer edilirken fonksiyonun aktif olan bölgesinden aktarılmasını sağlar. Veri normalizasyonu, işlemci elemanlarını verileri kümülatif toplamların oluşturacağı olumsuzlukların engellenmesini sağlar. Veri normalizasyonu, işlemci elemanlarını verileri kümülatif toplamlarla koruma eğilimleri nedeniyle zorunludur ve aşırı değerlenmiş kümülatif toplamların oluşturacağı olumsuzlukların engellenmesini sağlar. Genellikle verilerin $[0,1]$ veya $[-1,+1]$ aralıklarından birine ölçeklendirilmesi önerilmektedir. lekleme verilerin geçerli eksen sisteminde sıkıştırılması

anlamı taşıdığından veri kalitesi aşırı salınımlar içeren problemlerin ağ modellerini olumsuz yönde etkileyebilir. Bu olumsuzluk, kullanılacak öğrenme fonksiyonunu da başarısız kılabilir.

Veri kümesinin $[0 \ 1]$ arasında bir ölçeklendirmeye tabi tutulabilmesi için o kümenin $X_{\min}$ - $X_{\max}$ aralığı bulunur ve aşağıdaki formüle göre ölçeklendirme yapılabilir (Saraç, T., 2004).

$$X_{\text{yeni}} = \frac{X - X_{\min}}{X_{\max} - X_{\min}} \quad (3.12.)$$

4. DÜZLEMSEL ÇERÇEVE SİSTEMLERİN DEPREM PERFORMANSLARININ BELİRLENMESİ ÜZERİNDE BİR İNCELEME

4.1. Giriş

Bu bölümde, düzlemsel çerçeveli çelik yapı sistemlerinin deprem etkileri altındaki performanslarının değerlendirilmesi üzerinde inceleme yapılacaktır. Bu amaçla açıklık uzunlukları ve kat yükseklikleri sabit olmak üzere; açıklık sayıları 1'den 5 açıklığa kadar , kat sayıları da 1'den 8 kata kadar değişen düzlemsel çerçeve çelik yapı sistemleri incelenerek bu sistemlerin deprem etkileri altında performans değerleri bulunacaktır. Bulunan performans değerleri; yapay sinir ağlarında eğitilerek düzlemsel çerçeveli sistemlerde yapının yatay doğrultudaki boyunun (B) ve toplam yapı yüksekliğinin (H) ; sistemlerin deprem etkileri altındaki performans değerlerini nasıl değiştireceği konusunda bir inceleme yapılacaktır. Yapay sinir ağında eğitilen bu değerler sayesinde; sadece yatay doğrultuda toplam bina uzunluğu ve toplam bina yüksekliği değişen düzlemsel çerçeveli sistemlerin; deprem performansı değerlerinin bulunmasına yönelik çalışmalar yapılacaktır.

Düşey yükleri daha önceden hesaplanmış üç boyutlu bir yapının, ortada bir aksı incelenerek yapı sisteminin düzlemsel çerçeve olduğu kabul edilmiştir. Yapının, deprem etkilerini sadece kolon – kiriş çerçeve sistemi ile aktardığı, sistemde çapraz elemanların bulunmadığı kabul edilerek tasarım yapılmıştır. Zemin kat kolonları ile temel bağlantıları ankastre olarak tasarlanmıştır.

Bu çalışmada; düzlemsel çerçeveli yapıların, toplam yatay uzunluğu ve toplam bina yüksekliğinin yapıların deprem performans değerlerine olan etkileri inceleneceği için, yapı elemanlarının boyutlandırılmasında en kritik olan sisteme göre tasarım yapılmıştır. Bu nedenle, bütün sistemlerde kolonlar aynı boyutlara sahip, kirişler de kendi aralarında aynı boyutlara sahip olarak seçilmiştir.

Yapının ağırlığı bulunarak, ele alınmış olan aksında (düzlemsel çerçeve) deprem kuvvetleri eşdeğer deprem yükü yöntemine göre hesaplanmıştır. Yukarıda açıklandığı şekilde boyutlandırılan sistemlerin her biri için, sabit düşey yükler ve orantılı artan yatay yükler etkisinde, SAP 2000 analiz programından yararlanarak taban kesme kuvveti – tepe noktası yerdeğiştirmesi grafiği (kapasite eğrisi) elde edilmiştir. Elastik istem spektrum eğrisinde dönüşüm ve ardışık yaklaşım işlemleri yapılarak, kapasite spektrum yöntemine göre performans noktası değerleri bulunmuştur.

Performans noktasındaki yerdeğiştirmeler ve elemanların performans seviyeleri, bu noktaya karşılık gelen, SAP 2000 analizindeki hesap adımına ait değlerlerdir. Belirlenen görelı kat ötelemelerine göre, ATC 40'da verilen kriterler esas alınarak performans değlendirmesi yapılmıştır.

Bu çalışmada toplam kırk adet yapı sistemi incelenmiş olup, bu sistemlerin performans noktası değlerleri SAP 2000 programı ile belirlenmiştir. Belirlenen performans noktası değlerlerinden otuziki tanesi yapay sinir ağılarına eğitim dataları olarak tanıtılmış olup, geriye kalan sekiz tane değler ise yapay sinir ağıının kontrolü açısından test dataları olarak belirlenmiştir. Eğitim bu yapay sinir ağı sayesinde, sadece bina yüksekliğı ve binanın yatay doğırultudaki toplam boyu değışken olarak kabul edilmiş olan, düzlemsel çerçeveli elik yapı sistemlerinin deprem performans değlerleri kolaylıkla tahmin edilebilmiştir.

4.2. Seçilen Yapı Sistemlerinin Özellikleri

Seçilen yapı sistemlerinin başlıca özellikleri aşağıda sıralanmıştır.

- a -) Sistemlerin açıklık uzunlukları sabit olup, 5 m olarak tasarlanmıştır.
- b -) Sistemlerin kat yükseklikleri sabit olup, 3 m olarak tasarlanmıştır.
- c -) Sistemlerde açıklık sayıları 1 ile 5 arasında değışirken, kat sayıları ise 1 ile 8 arasında değışim göstermektedir.
- d -) Sistemlerde temele bağılanan bütün kolonlar ankastrelik olarak tasarlanmıştır.
- e -) Yapı sistemlerinde kolonlar IPE 500 , kirişler ise IPE 360 olarak kabul edilmiştir.
- f -) Yapı yükleri ;

Normal katlarda	:	$G = 0.445 \text{ ton / m}^2$	$Q = 0.200 \text{ ton / m}^2$
atı katında	:	$G = 0.430 \text{ ton / m}^2$	$Q = 0.075 \text{ ton / m}^2$
- g -) Kullanılan yapı çeliğinin cinsi : St 37
- h -) Çerçeve elemanların boyutlandırılmasında kompozit davranış hesaba katılmamıştır.

1 -) Yapının depremselliğine ilişkin özellikler

- Deprem bölgesi : 1. derece deprem bölgesi
- Zemin sınıfı : Z2 zemin sınıfı
- Bina önem katsayısı : $I = 1$
- Etkin yer ivmesi katsayısı : $A_0 = 0.40$
- Taşıyıcı sistem davranış katsayısı : $R = 8$
- Hareketli yük katılım katsayısı : $n = 0.30$

4.3. Döşemeye Gelen Düşey Yüklerin Bulunması

Normal katlar için ölü yükler :

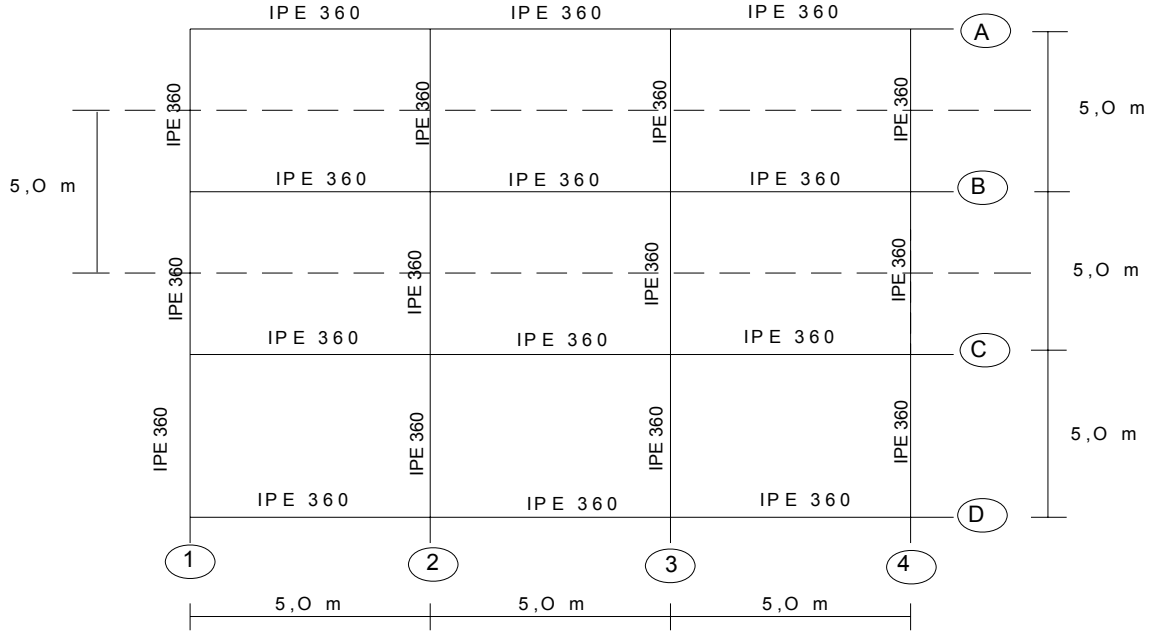
Kaplama (2.5 cm)	: $0.025 \times 1.0 \times 2.2 = 0.055 \text{ t/m}^2$
Tesviye betonu (3 cm)	: $0.030 \times 1.0 \times 2.0 = 0.060 \text{ t/m}^2$
Döşeme (12 cm)	: $0.12 \times 1.0 \times 2.4 = 0.288 \text{ t/m}^2$
Tavan sıvası (2 cm)	: $0.020 \times 1.0 \times 2.0 = 0.040 \text{ t/m}^2$
$\Sigma G = 0.445 \text{ t/m}^2$	

Çatı katı için ölü yükler :

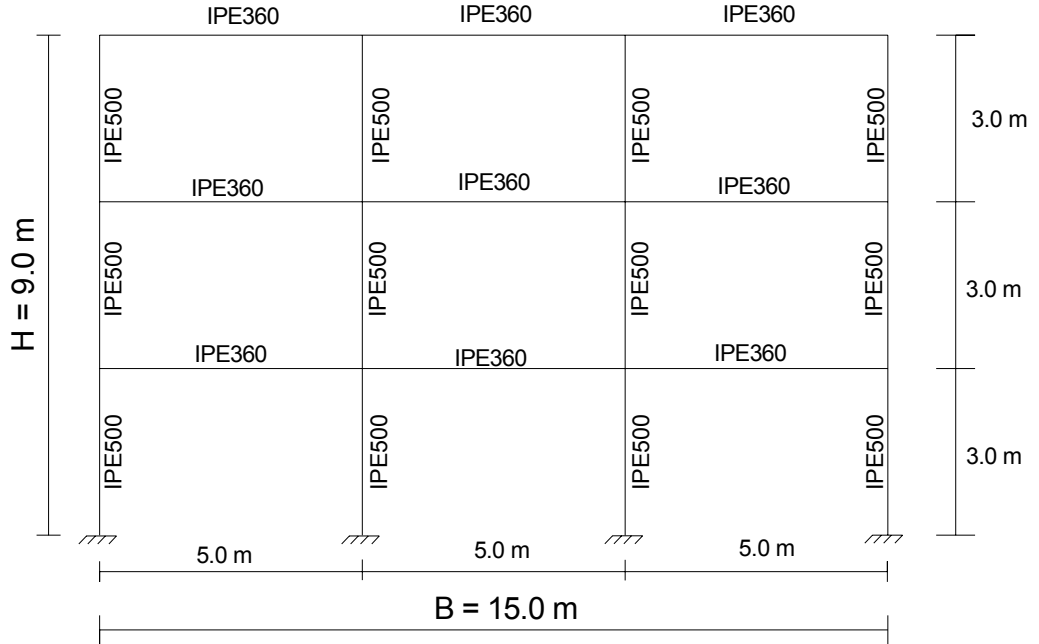
Ahşap çatı + kiremit	: $0.025 \times 1.0 \times 2.2 = 0.055 \text{ t/m}^2$
Yalıtım malzemesi (5 cm)	: $0.030 \times 1.0 \times 2.0 = 0.060 \text{ t/m}^2$
Döşeme (12 cm)	: $0.12 \times 1.0 \times 2.4 = 0.288 \text{ t/m}^2$
Tavan sıvası (2 cm)	: $0.020 \times 1.0 \times 2.0 = 0.040 \text{ t/m}^2$
$\Sigma G = 0.430 \text{ t/m}^2$	

İncelenen yapı sistemlerinden üç katlı ve üç açıklıklı olan çerçeve sistem Şekil 4.1. ve Şekil 4.2'de gösterilmiştir. Yukarıda açıklanan özelliklere göre tasarlanmış olan yapılardan; üç

katlı ve üç açıklıklı bir düzlem çerçeve sistem ele alınarak; yüklerin ve deprem kuvvetlerinin bulunması örnek olarak incelenecektir.



Şekil 4.1. 3 açıklıklı bir yapıda kat planı



Şekil 4.2. Üç Katlı - Üç Açıklıklı Bir Yapıda Düzlem Çerçeve (B Aksı)

4.4. Yapıya Etkiyen yükler

Normal Katlar için :

Ölü yükler :

Döşemelerden : $5 \times 5 \times 3 \times 0.445 = 33.37 \text{ ton}$

Kirişlerden (IPE360) : $5 \times 0.0571 \times 7 = 2.00 \text{ ton}$

Kolonlardan (IPE500) : $3 \times 0.0907 \times 4 = 1.08 \text{ ton}$

Duvardan : $7 \times 5 \times 2.5 \times 0.250 = 21.87 \text{ ton}$

$$\sum G = 58.32 \text{ ton}$$

Hareketli yük :

Döşemelerden : $5 \times 5 \times 3 \times 0.200 = 15.0 \text{ ton}$

Kat ağırlığı : $w = \sum G + 0.3 \times \sum Q = 58.32 + 0.3 \times 15 = 62.82 \text{ ton}$

Çatı katı için :

Ölü yükler :

Döşemelerden : $5 \times 5 \times 3 \times 0.430 = 32.25 \text{ ton}$

Kirişlerden (IPE360) : $5 \times 0.0571 \times 7 = 2.00 \text{ ton}$

Kolonlardan (IPE500) : $3 \times 0.0907 \times 4 = 1.08 \text{ ton}$

$$\sum G = 35.33 \text{ ton}$$

Hareketli yük :

Döşemelerden : $5 \times 5 \times 3 \times 0.075 = 5.625 \text{ ton}$

Kat ağırlığı : $w = \sum G + 0.3 \times \sum Q = 35.33 + 0.3 \times 5.625 = 37.02 \text{ ton}$

Binanın toplam ağırlığının bulunması :

$$W = 62.82 + 62.82 + 37.02 = 162.66 \text{ ton}$$

4.5. Deprem Karakteristikleri

İncelenecek olan düzlemsel çerçeve çelik yapı sistemleri ; birinci derece deprem bölgesinde , Z2 yerel zemin sınıfı üzerinde bulunduğu kabul edilmiş olup; konut veya işyeri tipi yapılar olduğu düşünülmektedir.Yapıların taşıyıcı sistemi süneklik düzeyi yüksek çerçevelerden oluşturulması öngörülmektedir. Bu parametreler esas alınarak belirlenen deprem karakteristikleri aşağıda belirtilmiştir.

- Etkin yer ivmesi katsayısı (birinci derece deprem bölgesi) : $A_0 = 0.40$
- Bina önem katsayısı (konutlar ve işyerleri) : $I = 1.00$
- Spektrum karakteristik periyotları (Z2 yerel zemin sınıfı) : $T_A = 0.15$ sn $T_B = 0.40$ sn
- Taşıyıcı sistem davranış katsayısı (süneklik düzeyi yüksek çerçeve) : $R = 8$
- Hareketli yük katılım katsayısı : $n = 0.30$

Yapıların kat planlarında çıkıntıların bulunmaması, döşeme süreksizliklerinin ve döşemelerde büyük boşlukların bulunmaması, yatay yük taşıyıcı sistemlerin planda düzenli olarak yerleşmesi nedeniyle planda düzensizlik durumları mevcut değildir.

Aynı şekilde, taşıyıcı sistemin düşey elemanlarında süreksizliklerin ve ani rijitlik değişimlerinin olmaması ve kat kütlelerinin yapı yüksekliği boyunca değişiklik göstermemesi nedeniyle, *düşey doğrultuda düzensizlik durumları* da mevcut değildir.

Binaların deprem hesabında *Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi* kullanılmıştır. Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi'nin uygulanmasında binanın deprem doğrultusundaki birinci doğal titreşim periyotları bulunmalıdır. Yapının deprem doğrultusundaki birinci doğal titreşim periyodu denklem (4.1.) ile hesaplanan değerlerden daha büyük olmamalıdır.

$$T_1 = 2\pi \left(\frac{\sum_{i=1}^N m_i d_{fi}^2}{\sum_{i=1}^N F_{fi} d_{fi}} \right)^{1/2} \quad (4.1.)$$

$$m_i = \frac{w_i}{g} = \frac{1}{g} [g_i + n q_i] \quad (n = 0.30) \quad (4.2.)$$

$$F_{fi} = \frac{w_i H_i}{\sum_{j=1}^N w_j H_j} F_0 \quad (4.3.)$$

Bu denklemlerde,

m_i : Toplam kat kütleleri

w_i : Toplam kat ağırlıkları

g_i : Katların toplam sabit yükleri

q_i : Katların toplam hareketli yükleri

F_{fi} : Yapıda kat ağırlıkları ve kat yükseklikleri ile orantılı kuvvetler

F_0 : Yük katsayısını

göstermektedir.

Bu çalışmada incelenmiş olan yapılar, SAP 2000 programı ile çözülmüş olup, yapıların birinci doğal titreşim periyotları aşağıda Çizelge 4.1. gösterilmiştir.

Çizelge 4.1. Yapıların birinci doğal titreşim periyotları

Açıklık Sayısı	Kat Adedi	Birincil Doğal Titreşim Periyodu (sn)
TEK AÇIKLIKLI SİSTEM	8 Katlı Yapı	0.32247
	7 Katlı Yapı	0.27457
	6 Katlı Yapı	0.22799
	5 Katlı Yapı	0.18277
	4 Katlı Yapı	0.13910
	3 Katlı Yapı	0.09751
	2 Katlı Yapı	0.05913
	1 Katlı Yapı	0.02655
İKİ AÇIKLIKLI SİSTEM	8 Katlı Yapı	0.30216
	7 Katlı Yapı	0.25950
	6 Katlı Yapı	0.21746
	5 Katlı Yapı	0.17610
	4 Katlı Yapı	0.13560
	3 Katlı Yapı	0.09645
	2 Katlı Yapı	0.05970
	1 Katlı Yapı	0.02776
ÜÇ AÇIKLIKLI SİSTEM	8 Katlı Yapı	0.29503
	7 Katlı Yapı	0.25417
	6 Katlı Yapı	0.21370
	5 Katlı Yapı	0.17370
	4 Katlı Yapı	0.13434
	3 Katlı Yapı	0.09608
	2 Katlı Yapı	0.05995
	1 Katlı Yapı	0.02825
DÖRT AÇIKLIKLI SİSTEM	8 Katlı Yapı	0.29140
	7 Katlı Yapı	0.25143
	6 Katlı Yapı	0.21177
	5 Katlı Yapı	0.17246
	4 Katlı Yapı	0.13370
	3 Katlı Yapı	0.09591
	2 Katlı Yapı	0.06009
	1 Katlı Yapı	0.02855
BEŞ AÇIKLIKLI SİSTEM	8 Katlı Yapı	0.28919
	7 Katlı Yapı	0.24977
	6 Katlı Yapı	0.21059
	5 Katlı Yapı	0.17171
	4 Katlı Yapı	0.13331
	3 Katlı Yapı	0.09581
	2 Katlı Yapı	0.06019
	1 Katlı Yapı	0.02873

4.6. Toplam Eşdeğer Deprem Yükünün Hesabı

İncelenen yapı sistemlerinin tümünün toplam bina yükseklikleri 40 m'den daha az , taşıyıcı sistemde burulma ve yumuşak kat düzensizliklerinin bulunmaması nedeniyle Eşdeğer Deprem Yükü Yöntemi uygulanabilecektir.

Buna göre; binanın tümüne etkiyen toplam eşdeğer deprem yükü (taban kesme kuvveti),

$$V_t = \frac{W A(T_1)}{R_a(T_1)} \geq 0.10 A_0 I W \quad (4.4.)$$

bağıntısı ile hesaplanmaktadır. Bu bağıntıda,

W : Binanın deprem sırasındaki toplam ağırlığını

$A(T_1)$: T_1 periyot değerindeki spektral ivme katsayısını

$R_a(T_1)$: T_1 periyot değerindeki deprem yükü azaltma katsayısını

T_1 : Binanın birinci doğal titreşim periyodunu

göstermektedir.

Binanın deprem esnasındaki toplam ağırlığı ise ;

$$W = \sum_{i=1}^N w_i = \sum_{i=1}^N (g_i + n q_i) \quad (4.5.)$$

şeklinde hesaplanır. Burada ,

w_i : Binanın i'inci katının toplam ağırlığını

g_i : Binanın i'inci katındaki sabit yüklerini

q_i : Binanın i'inci katındaki hareketli yüklerini

n : Hareketli yük katılım katsayısını ($n = 0.30$)

N : Binadaki kat adedini

göstermektedir.

Spektral ivme katsayısı ,

$$A(T_1) = A_0 I S(T_1) \quad (4.6.)$$

şeklinde hesaplanır. Burada,

A_0 : Etkin yer ivmesi katsayısını

I : Bina önem katsayısını

$S(T_1)$: T_1 periyot değerindeki elastik tasarım ivme spektrum değerini

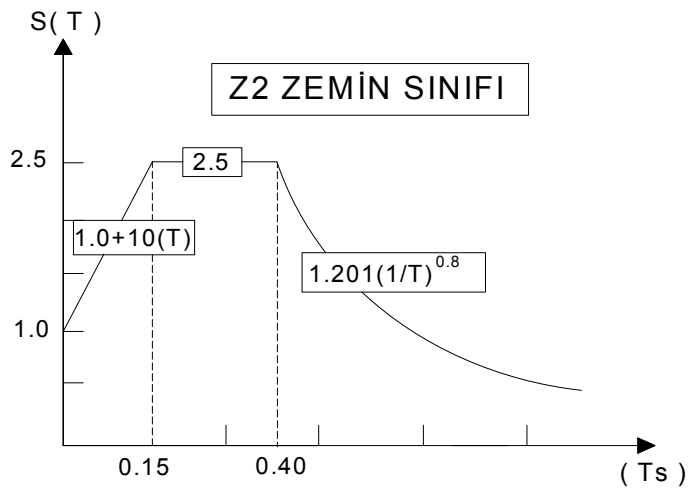
göstermektedir. DBYBHY'e göre, birinci derece deprem bölgesi için $A_0 = 0.40$ ve bina önem katsayısı $I = 1$ olarak seçilmiştir. $S(T_1)$ değeri ise zemin sınıfı ve T_1 periyot değerine bağlı olarak aşağıdaki gibi hesaplanacaktır.

$$S(T) = 1 + 1.5 \frac{T}{T_A} \quad (0 \leq T \leq T_A) \quad (4.7.a.)$$

$$S(T) = 2.5 \quad (T_A \leq T \leq T_B) \quad (4.7.b.)$$

$$S(T) = 2.5 \left(\frac{T_B}{T} \right)^{0.8} \quad (T > T_B) \quad (4.7.c.)$$

T_A ve T_B zeminin karakteristik periyotları olup yerel zemin sınıfına bağlı olarak değişmektedir. Karakteristik periyotların Z2 yerel zemin sınıfı için aldığı değerler Şekil 4.2.'de gösterilmiştir.



Şekil 4.3. Karakteristik periyotların Z2 yerel zemin sınıfı için aldığı değerler

Deprem yükü azaltma katsayısı ;

$$R_a(T) = 1.5 + (R - 1.5) \frac{T}{T_A} \quad (0 \leq T \leq T_A) \quad (4.8.a.)$$

$$R_a(T) = R \quad (T > T_A) \quad (4.8.b.)$$

bağıntılarına göre hesaplanmaktadır. Burada,

R : Taşıyıcı sistem davranış katsayısını ($R = 8$)

göstermektedir.

Taban kesme kuvveti belirlendikten sonra, katlara etkiyen eşdeğer deprem yükleri ;

$$F_i = (V_t - \Delta F_N) \frac{w_i H_i}{\sum_{j=1}^N (w_j H_j)} \quad (4.9.)$$

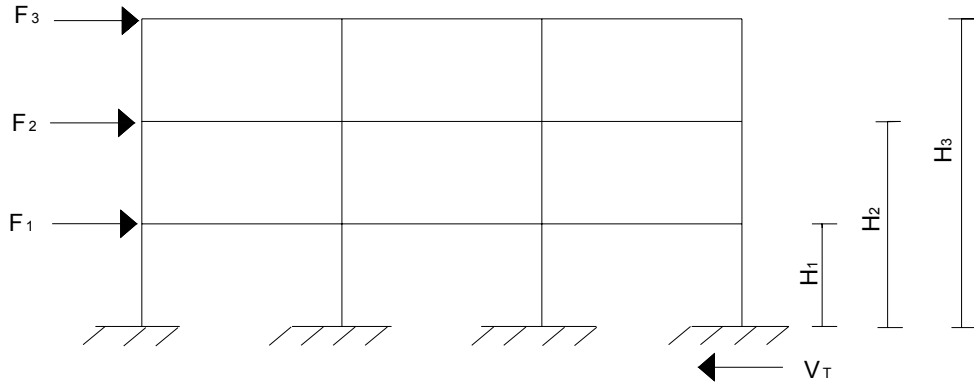
bağıntısı ile hesaplanacaktır. Burada,

H_i : Binanın i'inci katının yüksekliğini

ΔF_N : Ek eşdeğer deprem yükünü

göstermektedir. İncelenen binalarda bina yüksekliği 25 m den küçük olduğundan DBYBHY 'ne göre $\Delta F_N = 0$ olmaktadır.

Yukarıda gösterilmiş olan bağıntılardan yararlanarak; üç katlı ve üç açıklıklı yapının her bir katına gelen deprem kuvvetleri Şekil 4.3.'de gösterilmiştir. Üç katlı ve üç açıklıklı düzlemsel çerçeve sistemin katlarına etkiyen deprem kuvvetleri hesaplanarak Çizelge 4.2.' de gösterilmiştir.



Şekil 4.4. Katlara etkiyen eşdeğer deprem yükleri

Çizelge 4.2. Üç katlı yapıda katlara etkiyen deprem yükleri (F)

Kat Numarası	Kata Etkiyen Deprem Yüğü(ton)
3	8.353
2	9.454
1	4.727

4.7. Çerçeve Sistemlerin Performans Noktası Değerlerinin Bulunması

Bu çalışmada, Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi ile katlara etkiyen deprem kuvvetlerini bulunarak, SAP 2000 programı ile modellenmiş olan düzlemsel çerçeve sistemlerde kat seviyelerine bulunmuş olan deprem kuvvetleri etki edilmiştir. Sistemlerde daha önce belirtilmiş olan düşey yükler ile birlikte deprem kuvvetlerinin de etki ettiği düşünülerek SAP 2000 programı yardımıyla düzlemsel çerçeve sistemlerin deprem performans noktası değerleri elde edilmiştir. Bulunmuş olan performans noktası değerleri aşağıdaki Çizelge 4.3'de gösterilmiştir.

Çizelge 4.3. Yapıların performans noktası değerleri

Açıklık Sayısı	Kat Adedi	Maksimum Tepe Noktası Deplasmanı (m)	Taban Kesme Kuvveti (ton)
TEK AÇIKLIKLI SİSTEM	8 Katlı Yapı	0.042	6.232
	7 Katlı Yapı	0.033	5.821
	6 Katlı Yapı	0.023	4.990
	5 Katlı Yapı	0.015	4.158
	4 Katlı Yapı	0.00847	3.326
	3 Katlı Yapı	0.00417	2.495
	2 Katlı Yapı	0.00147	1.626
	1 Katlı Yapı	0.00018	0.537
İKİ AÇIKLIKLI SİSTEM	8 Katlı Yapı	0.039	11.121
	7 Katlı Yapı	0.029	9.730
	6 Katlı Yapı	0.02	8.340
	5 Katlı Yapı	0.013	6.950
	4 Katlı Yapı	0.0079	5.560
	3 Katlı Yapı	0.00441	4.170
	2 Katlı Yapı	0.0015	2.723
	1 Katlı Yapı	0.000224	0.917
ÜÇ AÇIKLIKLI SİSTEM	8 Katlı Yapı	0.037	15.588
	7 Katlı Yapı	0.027	13.640
	6 Katlı Yapı	0.019	11.691
	5 Katlı Yapı	0.013	9.743
	4 Katlı Yapı	0.00773	7.794
	3 Katlı Yapı	0.004	5.846
	2 Katlı Yapı	0.00156	3.838
	1 Katlı Yapı	0.00026	1.313
DÖRT AÇIKLIKLI SİSTEM	8 Katlı Yapı	0.036	20.056
	7 Katlı Yapı	0.027	17.549
	6 Katlı Yapı	0.019	15.042
	5 Katlı Yapı	0.013	12.535
	4 Katlı Yapı	0.0077	10.028
	3 Katlı Yapı	0.00404	7.521
	2 Katlı Yapı	0.00165	4.983
	1 Katlı Yapı	0.00031	1.730
BEŞ AÇIKLIKLI SİSTEM	8 Katlı Yapı	0.035	24.524
	7 Katlı Yapı	0.026	21.458
	6 Katlı Yapı	0.019	18.393
	5 Katlı Yapı	0.013	15.327
	4 Katlı Yapı	0.00773	12.262
	3 Katlı Yapı	0.00411	9.196
	2 Katlı Yapı	0.00174	6.131
	1 Katlı Yapı	0.00035	2.171

4.8. Performans Değerlerinin YSA ile Bulunması

Yukarıda Çizelge 4.3.'deki değerlerden otuziki tanesi eğitim datası olarak , geriye kalan sekiz tanesi kontrol açısından test datası olarak YSA'na girilecektir. YSA'nda değişken olarak yapıların yatay doğrultudaki uzunlukları (B) ve toplam bina yükseklikleri (H) ele alınacaktır.

Eğitim Dataları :

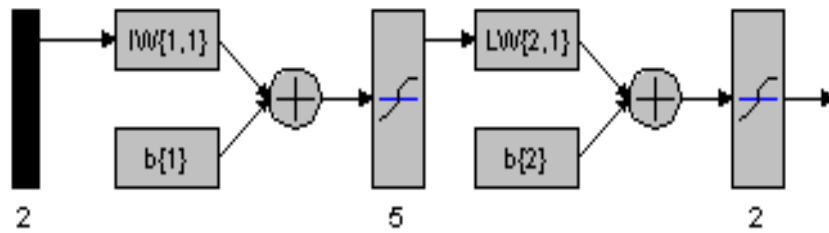
YSA'da input değeri olarak B ve H 'a bağlı değişkenler normalize edilerek girilmiştir.

Normalizasyon ;

$$X_{\text{yeni}} = \frac{X - X_{\min}}{X_{\max} - X_{\min}} \quad (4.10.)$$

bağıntısı yardımı ile hesaplanır. İncelenen sistemlerin B ve H uzunlukları yapay sinir ağına girilmek üzere normalize edilmiştir (Çizelge4.4).

Bulunan değerlerin YSA'da eğitime işlemleri MATLAB programı kullanılarak yapılmıştır. Ağ ileri beslemeli bir model olarak tasarlanmış ve iki katmanlı olarak düşünülmüştür. Gizli katman olarak adlandırılan birinci katmanda nöron sayısı beş olarak ele alınmıştır. İkinci katman ise çıktı katmanıdır ve bu katmandaki nöron sayısı iki olarak modellenmiştir. Aktivasyon fonksiyonu olarak ise tanjant hiperbolik fonksiyon kullanılmıştır (Şekil 4.5.).



Şekil 4.5. Kullanılan YSA modeli

Çizelge 4.4. B ve H değerlerinin normalizasyonu

B	H	Norm. B	Norm. H
5	3	0.000	0.000
10	3	0.250	0.000
15	3	0.500	0.000
25	3	1.000	0.000
5	6	0.000	0.143
10	6	0.250	0.143
20	6	0.750	0.143
25	6	1.000	0.143
10	9	0.250	0.286
15	9	0.500	0.286
20	9	0.750	0.286
25	9	1.000	0.286
5	12	0.000	0.429
15	12	0.500	0.429
20	12	0.750	0.429
25	12	1.000	0.429
10	15	0.250	0.571
15	15	0.500	0.571
20	15	0.750	0.571
25	15	1.000	0.571
5	18	0.000	0.714
15	18	0.500	0.714
20	18	0.750	0.714
25	18	1.000	0.714
5	21	0.000	0.857
10	21	0.250	0.857
15	21	0.500	0.857
25	21	1.000	0.857
5	24	0.000	1.000
10	24	0.250	1.000
20	24	0.750	1.000
25	24	1.000	1.000

YSA'da hedef olarak; taban kesme kuvveti ile maksimum tepe noktası deplasmanının, normalize edilmiş halleri girilmiştir (Çizelge 4.5.).

Çizelge 4.5. Taban kesme kuvveti ve tepe noktası deplasmanının normalizasyonu

Vt	δmaks	Norm. Vt	Norm. δmaks
0.537	0.00018	0.000	0.000
0.917	0.000224	0.016	0.001
1.313	0.00026	0.032	0.002
2.171	0.00035	0.068	0.004
1.626	0.00147	0.045	0.031
2.723	0.0015	0.091	0.032
4.983	0.00165	0.185	0.035
6.131	0.00174	0.233	0.037
4.17	0.00441	0.151	0.101
5.846	0.004	0.221	0.091
7.521	0.00404	0.291	0.092
9.196	0.00411	0.361	0.094
3.326	0.00847	0.116	0.198
7.794	0.00773	0.303	0.181
10.028	0.0077	0.396	0.180
12.262	0.00773	0.489	0.181
6.95	0.013	0.267	0.307
9.743	0.013	0.384	0.307
12.535	0.013	0.500	0.307
15.327	0.013	0.617	0.307
4.99	0.023	0.186	0.546
11.691	0.019	0.465	0.450
15.042	0.019	0.605	0.450
18.393	0.019	0.744	0.450
5.821	0.033	0.220	0.785
9.73	0.029	0.383	0.689
13.64	0.027	0.546	0.641
21.458	0.026	0.872	0.617
6.232	0.042	0.237	1.000
11.121	0.039	0.441	0.928
20.056	0.036	0.814	0.857
24.524	0.035	1.000	0.833

Eğitim sonucunda YSA'da elde edilmiş olan; taban kesme kuvveti ve maksimum tepe noktası deplasmanı değerleri Çizelge 4.6.'da gösterilmiştir. Bulunan değerler taban kesme kuvveti ve maksimum deplasman değerlerinin normalize edilmiş durumlarıdır. Bu değerleri gerçek değerler cinsinden değerlendirmek için

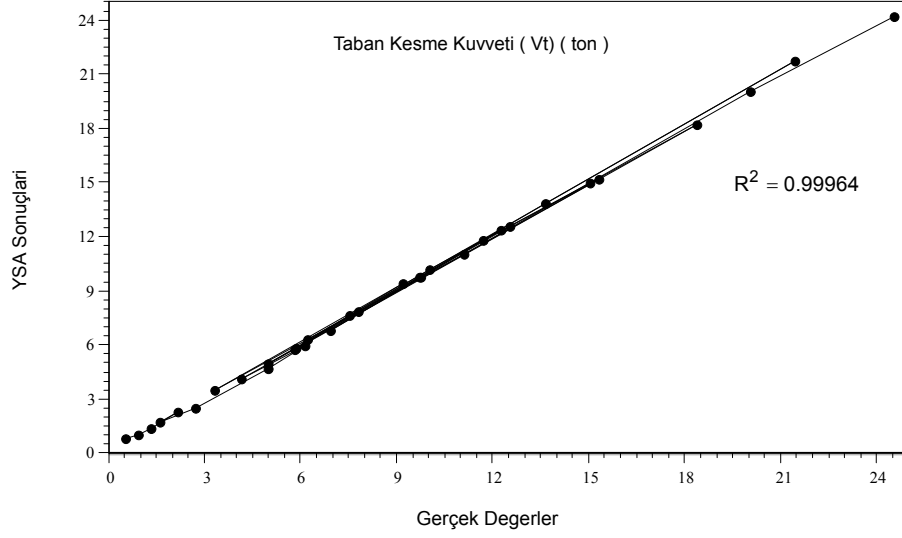
$$X = X_{\text{yeni}} \times (X_{\text{maks}} - X_{\text{min}}) + X_{\text{min}} \quad (4.11.)$$

bağıntısı ile dönüşüm yapılmıştır.

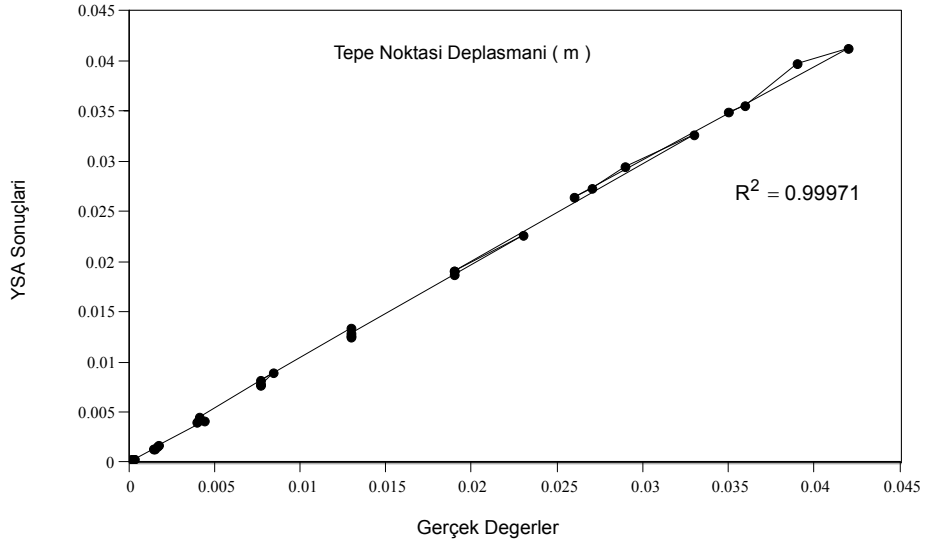
Çizelge 4.6. YSA'da eğitim sonucu bulunmuş olan V_t ve δ_{maks} değerleri

Norm. V_t	Norm. δ_{maks}	V_t	δ_{maks}
0.011934	0.001771	0.823261	0.000254
0.021311	0.002075	1.048187	0.000267
0.034564	0.002557	1.366087	0.000287
0.073537	0.004292	2.300932	0.000359
0.049023	0.028394	1.712915	0.001367
0.082684	0.028111	2.520341	0.001356
0.17389	0.032711	4.708099	0.001548
0.22638	0.037468	5.967177	0.001747
0.14931	0.093945	4.118499	0.004109
0.22044	0.092176	5.824694	0.004035
0.29565	0.095499	7.628757	0.004174
0.36991	0.10318	9.410031	0.004495
0.12226	0.21015	3.469651	0.008968
0.30366	0.17936	7.820892	0.007681
0.40089	0.18071	10.15315	0.007737
0.49206	0.19026	12.34004	0.008137
0.26158	0.3144	6.811519	0.013328
0.38436	0.29605	9.756643	0.012561
0.50067	0.29351	12.54657	0.012455
0.60887	0.30396	15.14196	0.012892
0.18408	0.53825	4.952527	0.02269
0.46831	0.45138	11.77035	0.019057
0.60097	0.44155	14.95247	0.018646
0.73614	0.45088	18.19479	0.019036
0.21749	0.77646	5.753933	0.032652
0.38306	0.70151	9.72546	0.029517
0.55324	0.64933	13.80757	0.027335
0.88288	0.62673	21.71464	0.02639
0.24073	0.98204	6.311391	0.041249
0.43699	0.94673	11.01908	0.039772
0.81422	0.84618	20.0677	0.035567
0.98549	0.82978	24.17595	0.034881

Aşağıdaki Şekil 4.6 ve Şekil 4.7.'de taban kesme kuvveti ve tepe noktası deplasmanının gerçek değerleri ile YSA'da eğitime işlemi sonucunda bulunan değerler ile olan durumları görülmektedir. Her iki şekilde de YSA da bulunan değerler ile gerçek değerler birbirlerine çok yakın sonuçlar ortaya koymuştur. Bu durum ağın iyi eğitildiğini göstermektedir.



Şekil 4.6. Ağda eğitim dataları olarak tanımlanmış olan taban kesme kuvvetlerinin gerçek değerleri ile YSA sonucu tahmin edilen değerler



Şekil 4.7. Ağda eğitim dataları olarak tanımlanmış olan tepe noktası deplasmanı gerçek değerleri ile YSA sonucu tahmin edilen değerler

Test Dataları :

YSA'da kontrol amacıyla ayrılmış olan sekiz adet yapı sistemine ait değerler normalize edilerek test olarak ağı tanıtmıştır. Bu değerler Çizelge 4.7.'de görülmektedir.

Çizelge 4.7. Kontrol için ayrılmış olan değerler (B ve H değerleri)

B	H	Norm.B	Norm. H
20	3	0.750	0.000
15	6	0.500	0.143
5	9	0.000	0.286
10	12	0.250	0.429
5	15	0.000	0.571
10	18	0.250	0.714
20	21	0.750	0.857
15	24	0.500	1.000

Çizelge 4.8. Kontrol için ayrılmış değerler (Vt – δmaks değerleri)

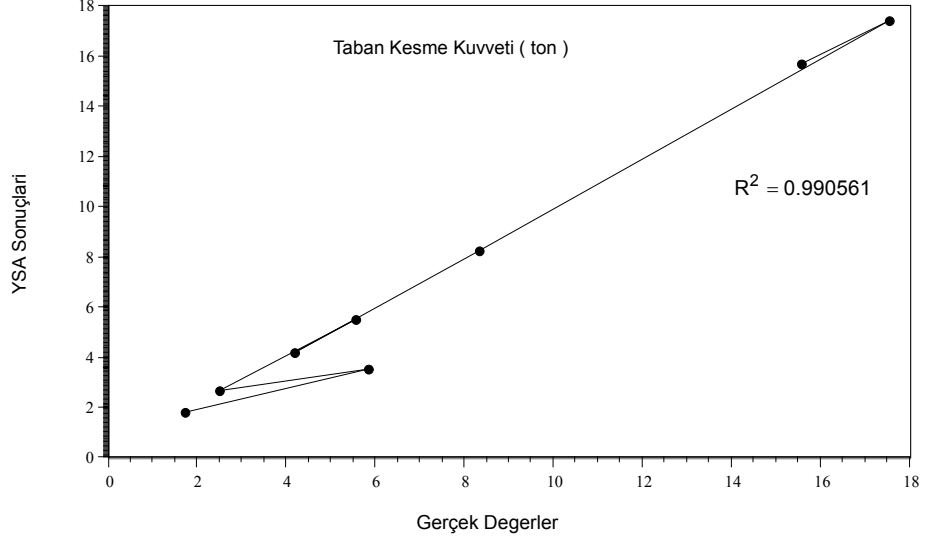
Vt	δmaks	Norm. Vt	Norm. δmaks
1.730	0.00031	0.050	0.003
5.846	0.004	0.221	0.091
2.495	0.00417	0.082	0.095
5.560	0.0079	0.209	0.185
4.185	0.015	0.152	0.354
8.340	0.02	0.325	0.474
17.549	0.027	0.709	0.641
15.588	0.037	0.627	0.880

Test sonucunda YSA'da elde edilmiş olan; taban kesme kuvveti ve maksimum tepe noktası deplasmanı değerleri Çizelge 4.9.'da gösterilmiştir.

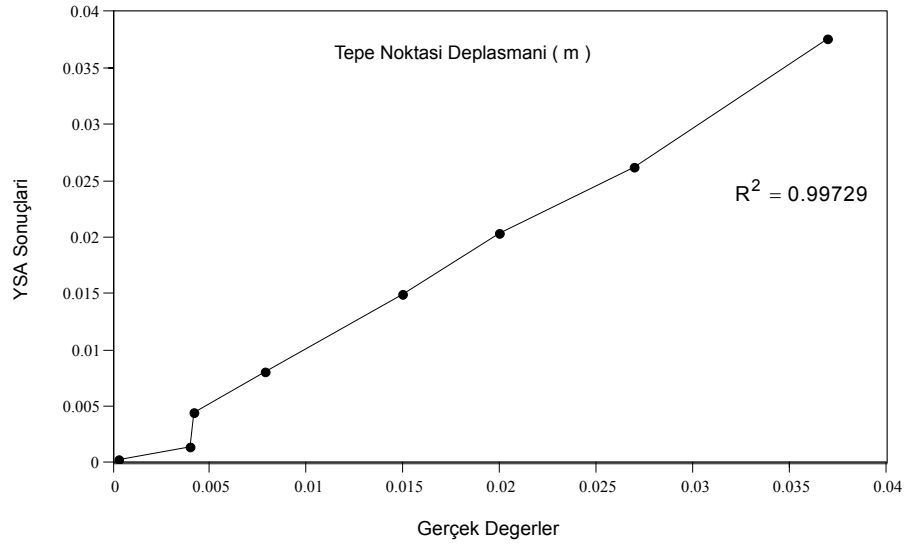
Çizelge 4.9. YSA'da test sonucu bulunmuş olan Vt ve δmaks değerleri

Norm. Vt	Norm. δmaks	Vt	δmaks
0.051926	0.003271	1.782549	0.000317
0.12518	0.0296	3.539693	0.001418
0.089575	0.10229	2.685636	0.004458
0.20643	0.1881	5.488636	0.008046
0.15222	0.35267	4.188301	0.014929
0.32078	0.4826	8.23155	0.020362
0.70303	0.62338	17.40058	0.02625
0.63217	0.89453	15.70086	0.037589

Aşağıdaki Şekil 4.8 ve Şekil 4.9.'da taban kesme kuvveti ve tepe noktası deplasmanının gerçek değerleri ile YSA'da test işlemi sonucunda bulunan değerler ile olan durumları görülmektedir. Her iki şekilde de YSA da bulunan değerler ile gerçek değerler birbirlerine çok yakın sonuçlar ortaya koymuştur. Bu durum ağın iyi eğitildiğini göstermektedir.



Şekil 4.8. Ağda test dataları olarak tanımlanmış olan taban kesme kuvvetlerinin gerçek değerleri ile YSA sonucu tahmin edilen değerler



Şekil 4.9. Ağda test dataları olarak tanımlanmış olan tepe noktası deplasmanı gerçek değerleri ile YSA sonucu tahmin edilen değerler

5. SONUÇLAR ve ÖNERİLER

Yüksek lisans tezi olarak sunulan bu çalışmada, düzlemsel çerçeveli çelik yapı sistemlerinin deprem etkileri altındaki performanslarının değerlendirilmesi üzerinde inceleme yapılmıştır. Bu amaçla açıklık uzunlukları ve kat yükseklikleri sabit olmak üzere; açıklık sayıları 1'den 5 açıklığa kadar , kat sayıları da 1'den 8 kata kadar değişen düzlemsel çerçeve çelik yapı sistemleri incelenerek bu sistemlerin deprem etkileri altında performans değerleri bulunmuştur. İncelenen yapılarda açıklık uzunlukları beş metre , kat yükseklikleri ise üç metre olarak ele alınmıştır. Yapılar birinci derece deprem bölgesinde , Z2 türü zemin üzerinde konut olarak kullanılacak şekilde tasarlanmıştır. Yapı etki edecek olan deprem kuvvetleri 'Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemine' göre hesaplanmıştır.

Düşey yükleri daha önceden hesaplanmış üç boyutlu bir yapının, ortada bir aksı incelenerek yapı sisteminin düzlemsel çerçeve olduğu kabul edilmiştir. Yapının, deprem etkilerini sadece kolon – kiriş çerçeve sistemi ile aktardığı, sistemde çapraz elemanların bulunmadığı kabul edilerek tasarım yapılmıştır. Zemin kat kolonları ile temel bağlantıları ankastre olarak tasarlanmıştır.

Bu çalışmada; düzlemsel çerçeveli yapıların, toplam yatay uzunluğu ve toplam bina yüksekliğinin yapıların deprem performans değerlerine olan etkileri inceleneceği için, yapı elemanlarının boyutlandırılmasında en kritik olan sisteme göre tasarım yapılmıştır. Bu nedenle, bütün sistemlerde kolonlar aynı boyutlara sahip, kirişler de kendi aralarında aynı boyutlara sahip olarak seçilmiştir.

Yapının ağırlığı bulunarak, ele alınmış olan aksında (düzlemsel çerçeve) deprem kuvvetleri eşdeğer deprem yüğü yöntemine göre hesaplanmıştır. Yukarıda açıklandığı şekilde boyutlandırılan sistemlerin her biri için, sabit düşey yükler ve orantılı artan yatay yükler etkisinde, SAP 2000 analiz programından yararlanarak taban kesme kuvveti – tepe noktası yerdeğiştirmesi grafiği (kapasite eğrisi) elde edilmiştir. Elastik istem spektrum eğrisinde dönüşüm ve ardışık yaklaşım işlemleri yapılarak, kapasite spektrum yöntemine göre performans noktası değerleri bulunmuştur.

Performans noktasındaki yerdeğiştirmeler ve elemanların performans seviyeleri, bu noktaya karşılık gelen, SAP 2000 analizindeki hesap adımına ait değerlerdir. Belirlenen göreceli kat ötelemelerine göre, ATC 40'da verilen kriterler esas alınarak performans değerlendirmesi yapılmıştır.

Bulunan performans değerleri; yapay sinir ağlarında eğitilerek düzlemsel çerçeveli sistemlerde yapının yatay doğrultudaki boyunun (B) ve toplam yapı yüksekliğinin (H) ; sistemlerin deprem etkileri altındaki performans değerlerini nasıl değiştireceği konusunda bir inceleme yapılmıştır. Yapay sinir ağında eğitilen bu değerler sayesinde; sadece yatay doğrultuda toplam bina uzunluğu ve toplam bina yüksekliği değişen düzlemsel çerçeveli sistemlerin; deprem performansı değerlerinin bulunmasına yönelik çalışmalar yapılmıştır. Belirlenen performans noktası değerlerinden otuziki tanesi yapay sinir ağlarına eğitim dataları olarak tanıtılmış olup, geriye kalan sekiz tane değer ise yapay sinir ağının kontrolü açısından test dataları olarak belirlenmiştir.

Sonuç olarak ;

Eğitilen bu yapay sinir ağı sayesinde, sadece bina yüksekliği ve binanın yatay doğrultudaki toplam boyu değişken olarak kabul edilmiş olan, düzlemsel çerçeveli elik yapı sistemlerinin deprem performans değerleri kolaylıkla tahmin edilebilmiştir.

Ağdan elde edilen sonuçların gerçek sonuçlarla çok yakın benzerlik gösterdiği görülmüştür. Bu da düzlemsel çerçeveli elik yapı sistemlerinde; yapıların performans noktalarının toplam yatay uzunluk ve toplam bina yüksekliği değişmesi durumunda yapay sinir ağları ile tatmin edici sonuçlar ortaya koyacağını göstermektedir.

Gerek bu çalışmadan elde edilen sonuçlar gerekse daha önce yapılmış olan çalışmalardan elde edilen sonuçlar ışığında yapay zekânın alt kollarından biri olan yapay sinir ağlarının mühendislik problemlerinde başarılı sonuçlar verdiği gözlenmiştir ve yapay sinir ağları mühendislik problemlerinin çözümlerine alternatif bir metot olma yolunda önemli adımlar atmıştır.

KAYNAKLAR

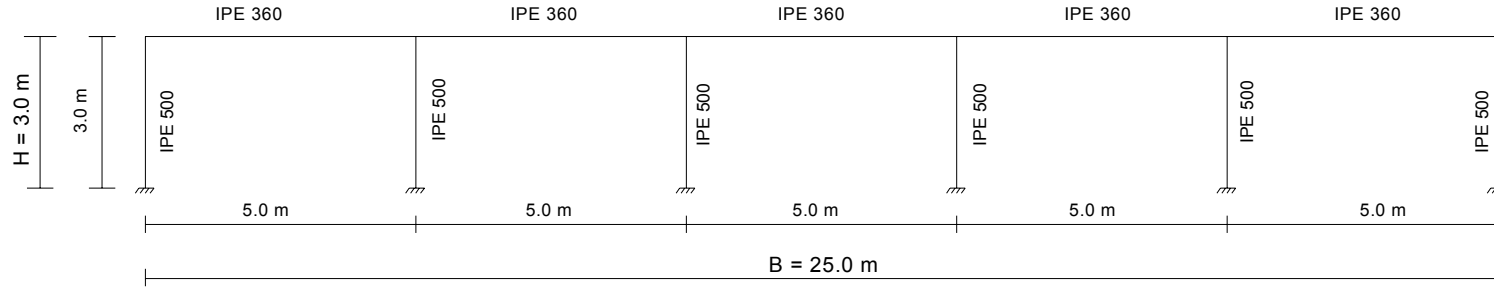
- [1] **Apaydın, Y.**, (2005). Çelik Endüstri Yapılarının Deprem Performanslarının İncelenmesi Üzerine Sayısal Bir İnceleme. Yüksek Lisans Tezi , İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü.
- [2] **ATC-40**, (1996). Seismic Evaluation and Retrofit of Concrete Buildings, *Applied Technology Council*, California.
- [3] **Celeb, Z., Kumbasar, N.**, (2004). Deprem Mühendisliğine Giriş ve Depreme Dayanıklı Yapı Tasarımı , Beta Dağıtım , İstanbul
- [4] **DBYBHY-07** , (2007). Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik, *Bayındırlık ve İskan Bakanlığı* , Ankara
- [5] **Dere, Y.**, (1997) , Yapı Analizi ve Tasarımında Yapay Sinir Ağları , Yüksek Lisans Tezi , Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü , Konya
- [6] **Efe, Ö., Kaynak, O.**, (2000) , Yapay Sinir Ağları ve Uygulamaları, Boğaziçi Üniversitesi Yayınları, İstanbul.
- [7] **Elmas, Ç.**, (2003), Yapay Sinir Ağları (Kuram, Mimari, Eğitim, Uygulama), Seçkin Yayıncılık, Ankara,
- [8] **Erkek, D.**, (2005). Performansa dayalı Yapı Tasarımı Konusunda Statik İtme Analizi ., Yüksek Lisans Tezi , YTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü
- [9] **Fajfar P.** (2000). A nonlinear analysis method for performance based seismic design. *Earthquake Spectra*, Vol.16., No.3, 573-592.
- [10] **FEMA-273**, (1997). NEHRP Guidelines for the Seismic Rehabilitation of Buildings, *Federal Emergency Management Agency*, Washington.
- [11] **FEMA356**, (2000). Prestandart and Commentary for the Seismic Rehabilitation of Buildings, *Federal Emergency Management Agency*, Washington.
- [12] **Güner, F.**, (2007). Çok Katlı Çelik Yapılarda Deprem Performansının Belirlenmesi ve Doğrusal Olmayan Davranışın İncelenmesi , Yüksek Lisans Tezi , YTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü , İstanbul
- [13] **Güneş, N.**, (1997), Geri Yayılmalı Yapay Sinir Ağlarıyla Depreme Maruz Kat Çerçevelerinde Emniyetli Yatay Taşıyıcı Tahmini, Yüksek Lisans Tezi, Fırat Üniversitesi , Fen Bilimleri Enstitüsü, Elazığ
- [14] **Hancıoğlu B.**, (2004). Betonarme Yapıların Güçlendirilmesinde Performans Yaklaşımı , Yüksek Lisans Tezi, YTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü
- [15] **İrtem, E., Türker, K., Hasgöl, U.** (2004). Türk Deprem Yönetmeliğinin Performans Hedeflerinin Lineer Olmayan Statik Olmayan Statik Analiz Yöntemleri ile Değerlendirilmesi. , XVII. Teknik Kongre ve Sergisi, İMO, YTÜ , İstanbul

- [16] **Karlık, B.**, Artificial Neural Networks and Applications , (Lecturer Notes) , Ege University , International Computing Institute
- [17] **Karlık, B., Özkaya E., Aydın, S., Pakdemirli, M.**, (1998) , Vibration of a Beam-mass System Using Artificial Neural Network , Computers and Structures 69 (339-347)
- [18] **Keleşoğlu, Ö., Fırat, A.**, (2006) , Çatı Döşemesinde Meydana Gelen Yoğuşma ve Buharlaşma Kütlelerinin Yapay Sinir Ağları ile Belirlenmesi, Selçuk Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi
- [19] **Lefort, T.**, (2000). Advanced Pushover Analysis of RC Multi-Storey Building”, MSc Dissertation, Imperial College of Science, Technology and Medicine
- [20] **Neural Network Toolbox User's Guide: For Use with MATLAB (1992-1997)**, <http://www.mathworks.com>.
- [21] **Özer, E.** , (2004). Yapı Sistemlerinin Lineer Olmayan Analizi Ders Notları , İstanbul
- [22] **Özer, E., İrtem, E., Orakdöğen, E., Girgin, K., Doğaner, S., Kurtuldu, S.**, (1994), Çok Katlı Çelik Yapıların Deprem Kuvvetleri Altında Göçme Güvenliklerinin Belirlenmesi ve Depreme Dayanıklı Yapı Tasarımı, (*TÜBİTAK İNTAG-505*) , İstanbul
- [23] **Öztemel, E.**, (2003) , Yapay Sinir Ağları, Papatya Yayıncılık, İstanbul,
- [24] **SAP 2000** , (2000). Structural Analysis User's Manual , Computers and Structures Inc., Berkeley , California
- [25] **Saraç, T.**, (2004) , Yapay Sinir Ağları , Seminer Projesi , Gazi Üniversitesi Endüstri Mühendisliği Bölümü Ana Bilim Dalı
- [26] **TS-648** , (1980). Çelik Yapıların Hesap ve Yapım Kuralları , *Türk Standartları Enstitüsü* , Ankara
- [27] **TS-498**, (1997). Yapı Elemanlarının Boyutlandırılmasında Alınacak Yüklerin Hesap Değerleri , *Türk Standartları Enstitüsü* , Ankara
- [28] **Uçar, T.** (2005). Yapı Sistemlerinin Doğrusal Olmayan Analizinde Çözüm Yöntemleri, Yüksek Lisans Tezi, D.E.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir
- [29] **Ülker, M., Civalet, Ö.**, (2002) , Yapay Sinir Ağları ile Eksenel Yüklü Kolonların Burkulma Analizi, Turkish J. Eng. Env. Sci., 117-125.
- [30] **Vision 2000**, (1995). Performans Based Seismic Engineering of Buildings , *Structural Engineers Association of California* , Sacramento, CA

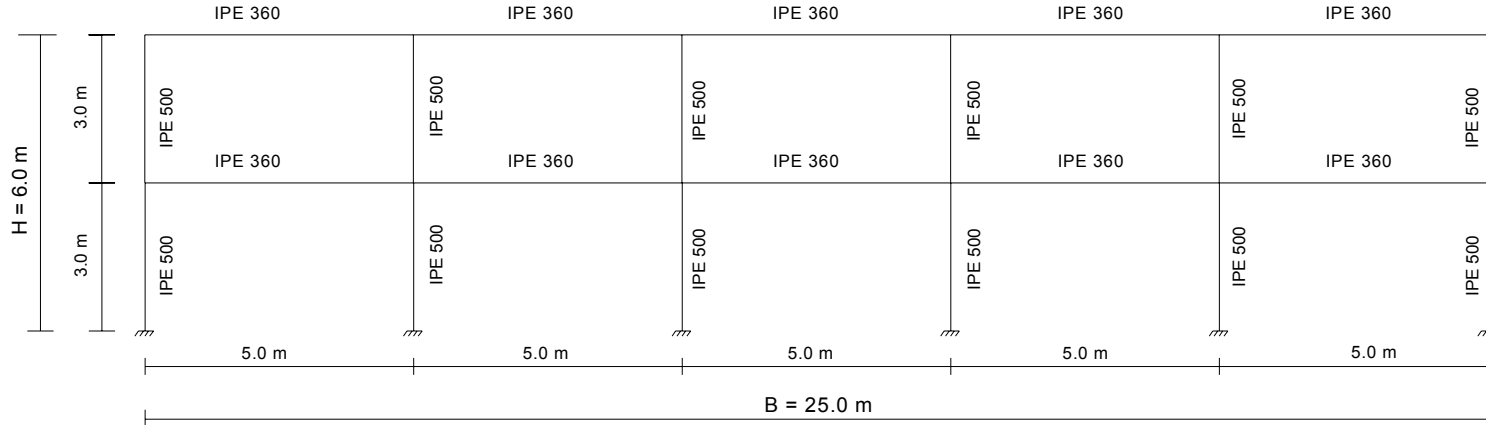
EKLER

Ek-1 İncelenen Yapı Sistemleri

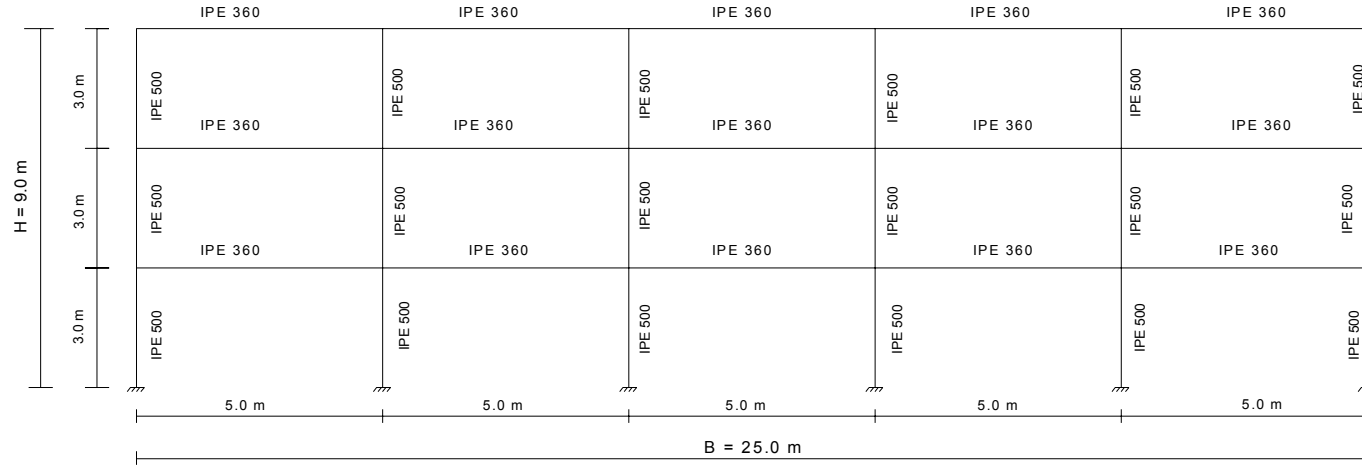
BEŞ AÇIKLIKLI YAPILAR (B = 25.0 m)



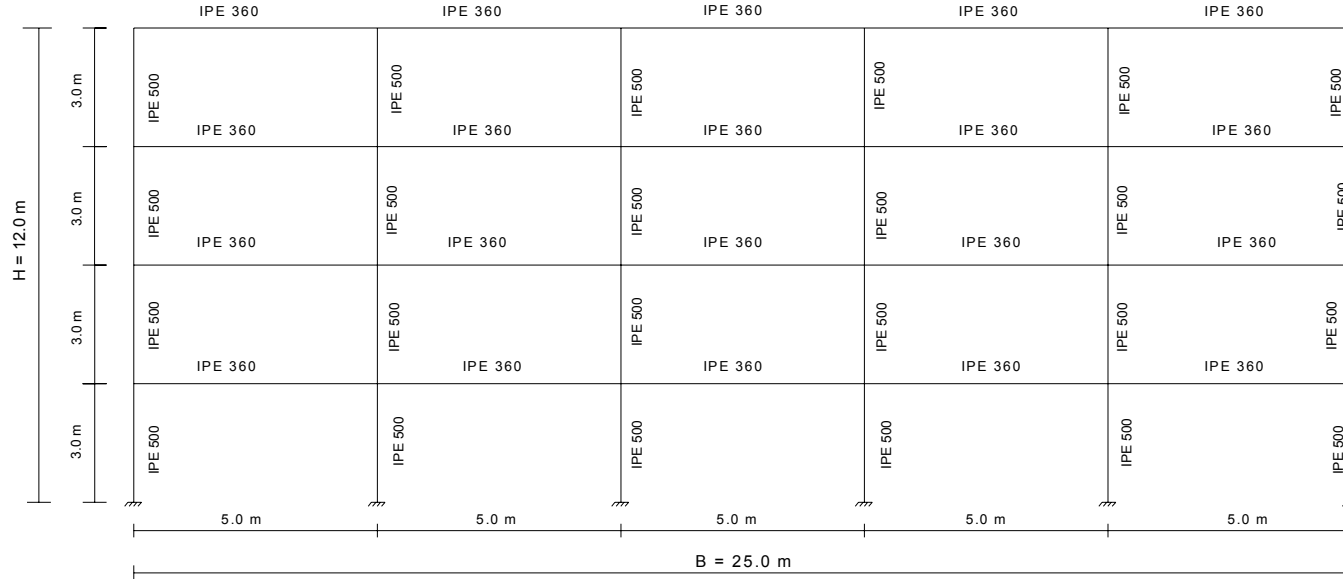
Tek katlı yapı



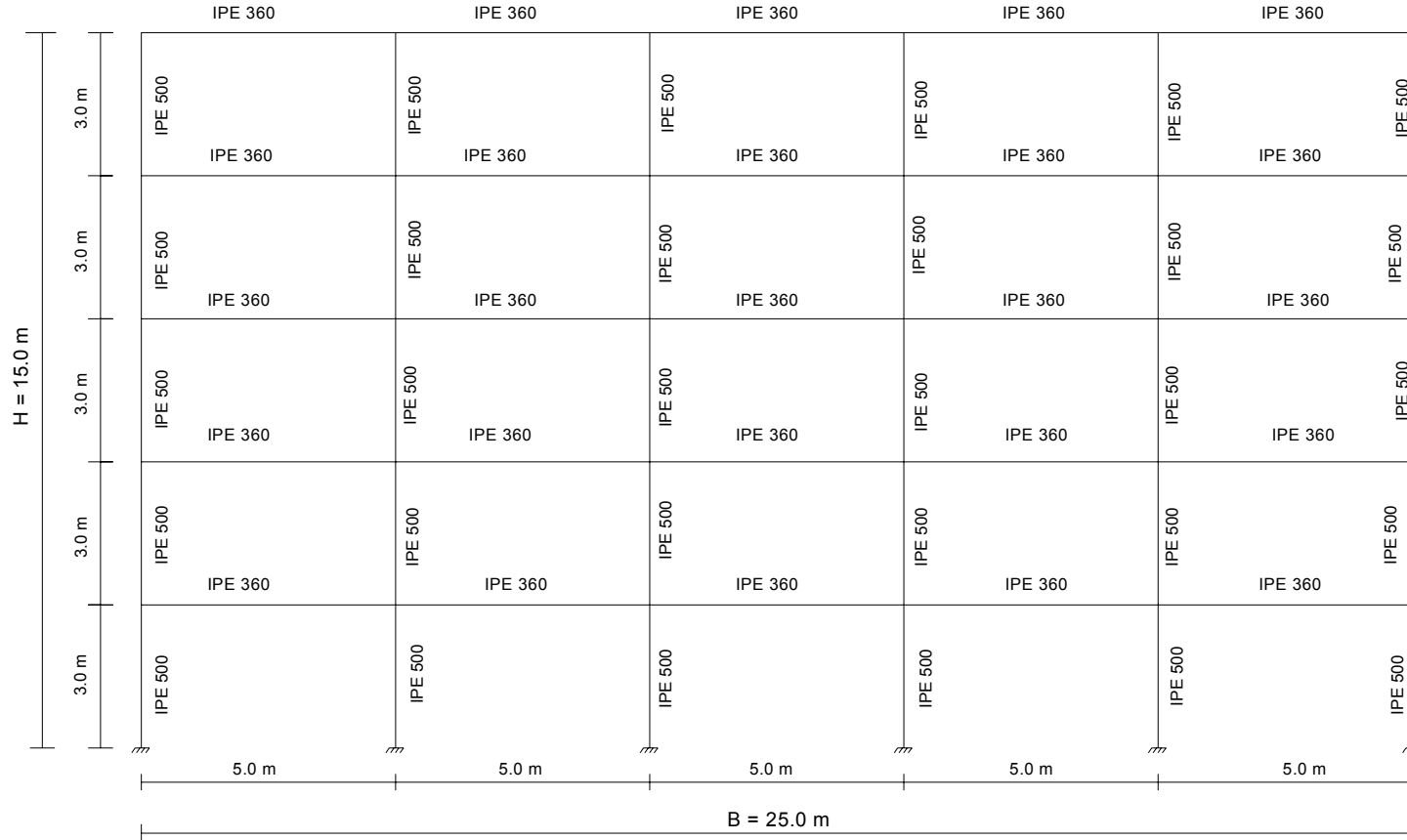
İki katlı yapı



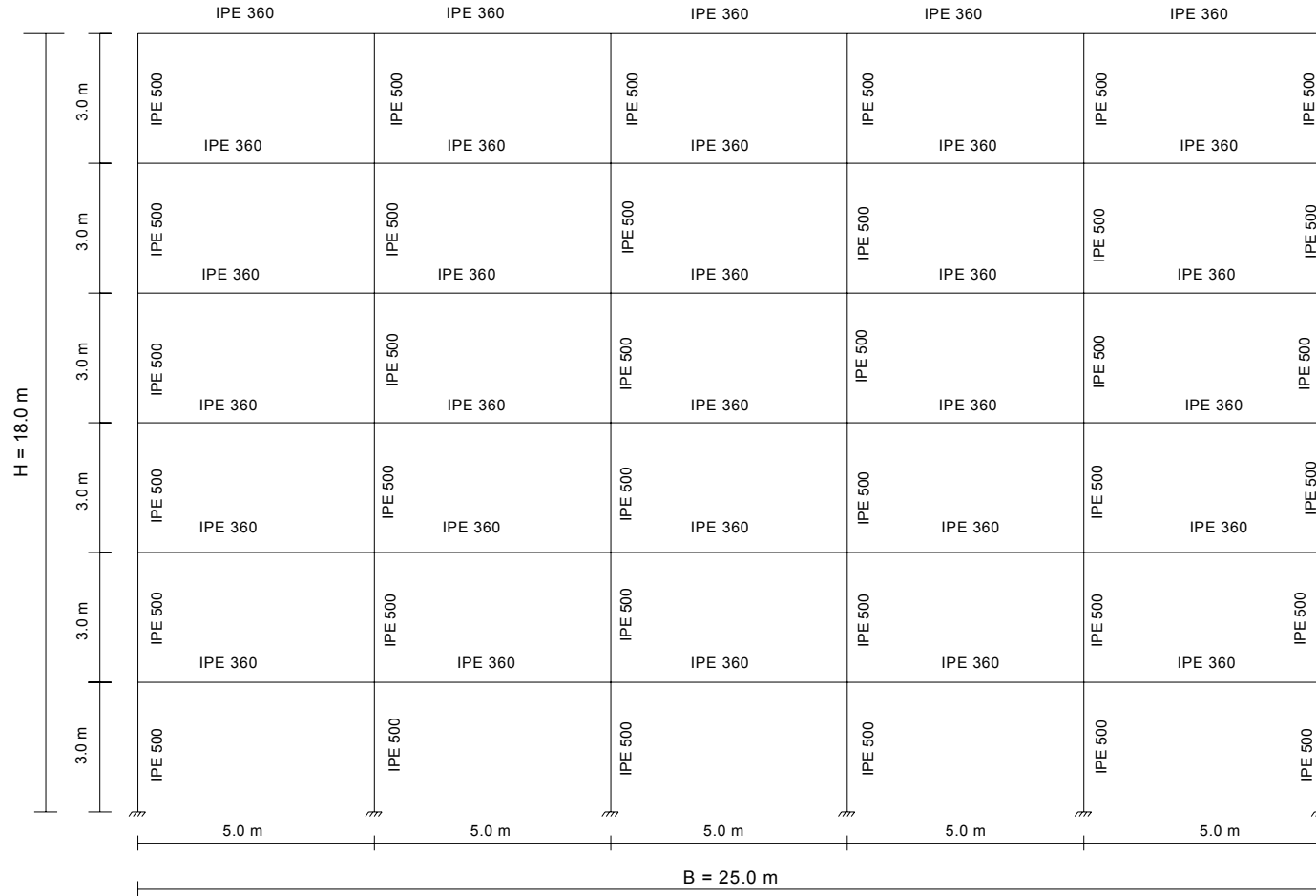
Üç katlı yapı



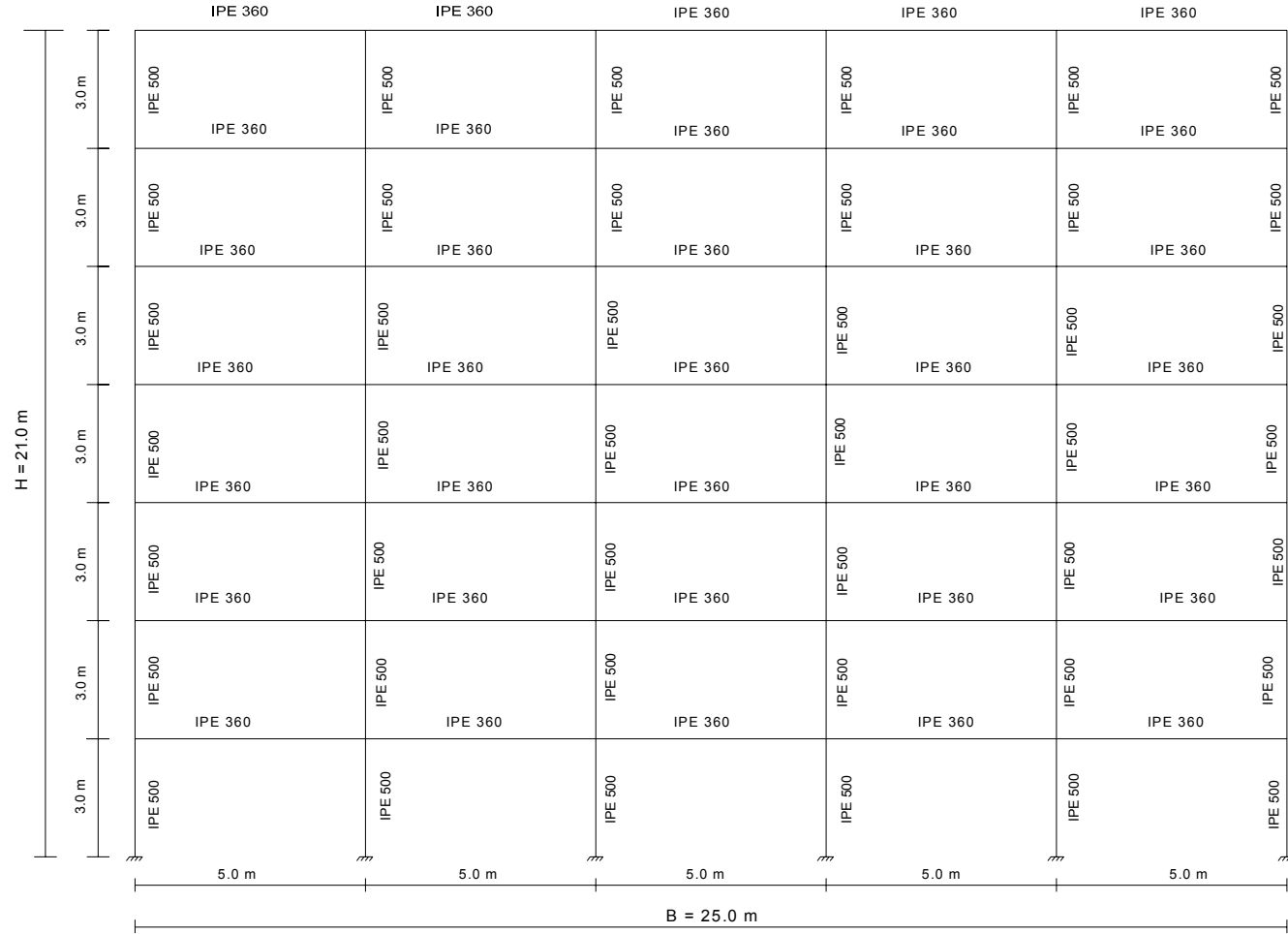
Dört katlı yapı



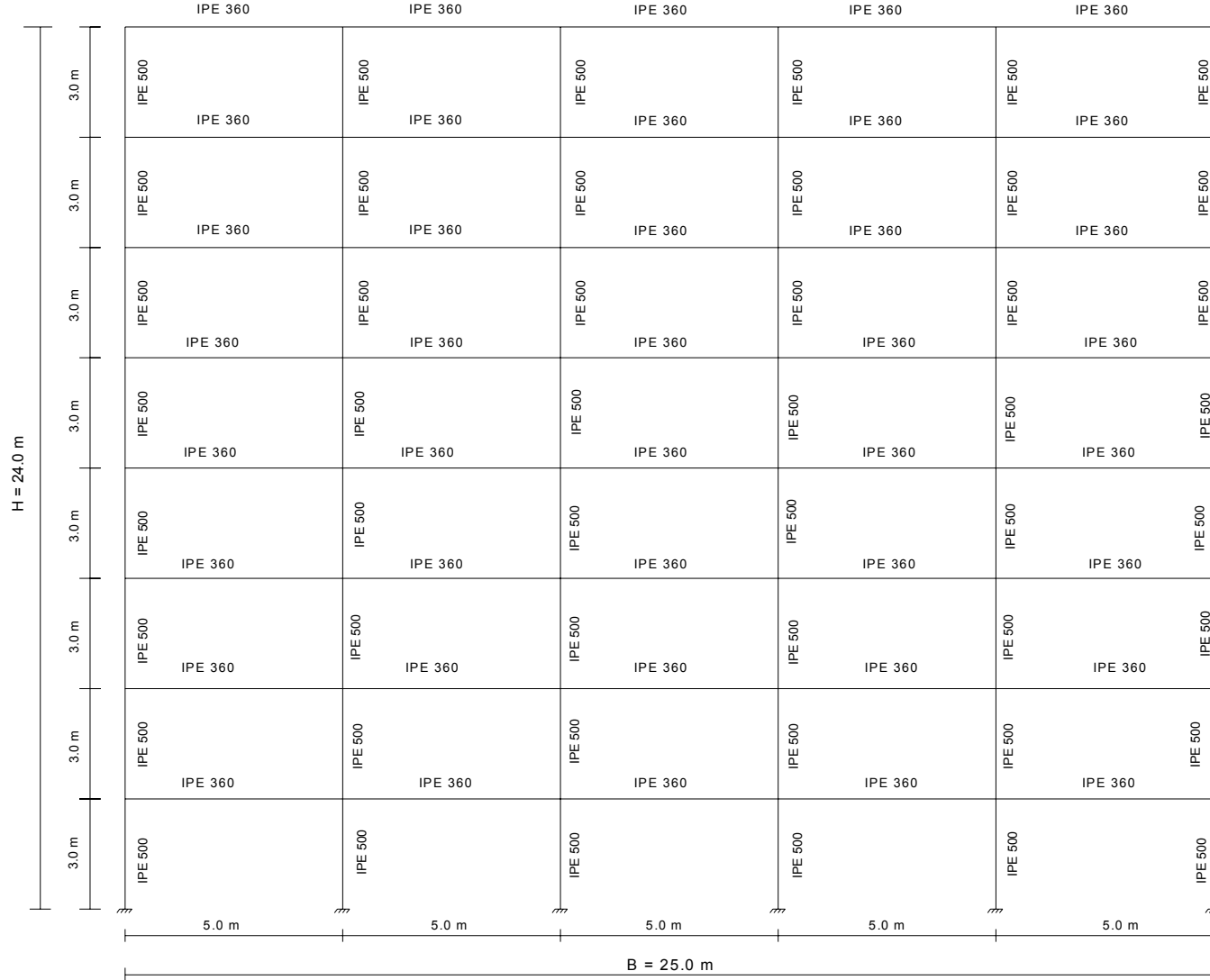
Beş katlı yapı



Altı katlı yapı

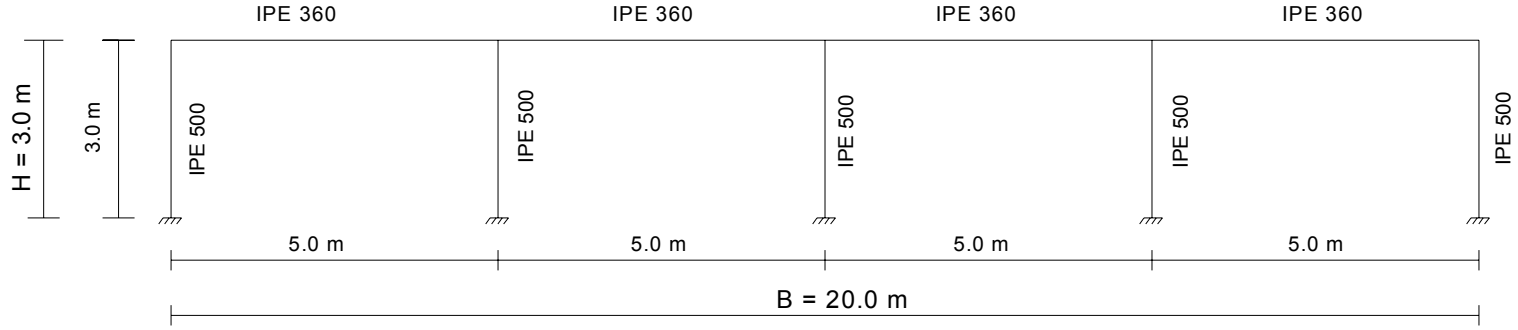


Yedi katlı yapı

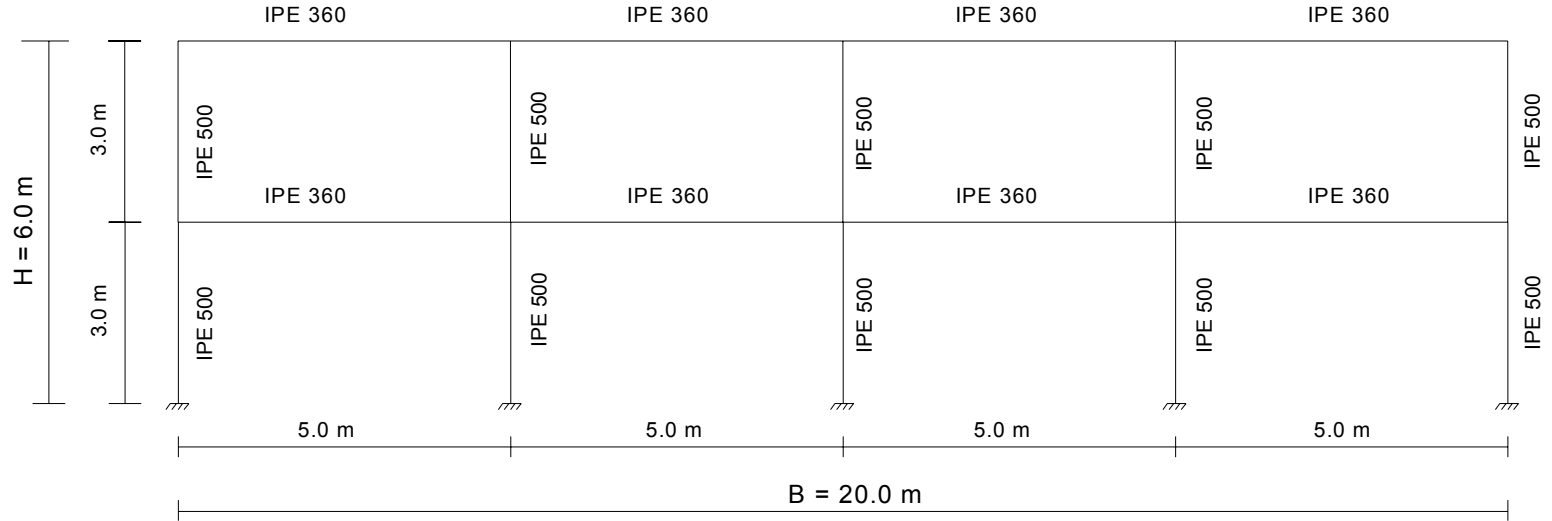


Sekiz katlı yapı

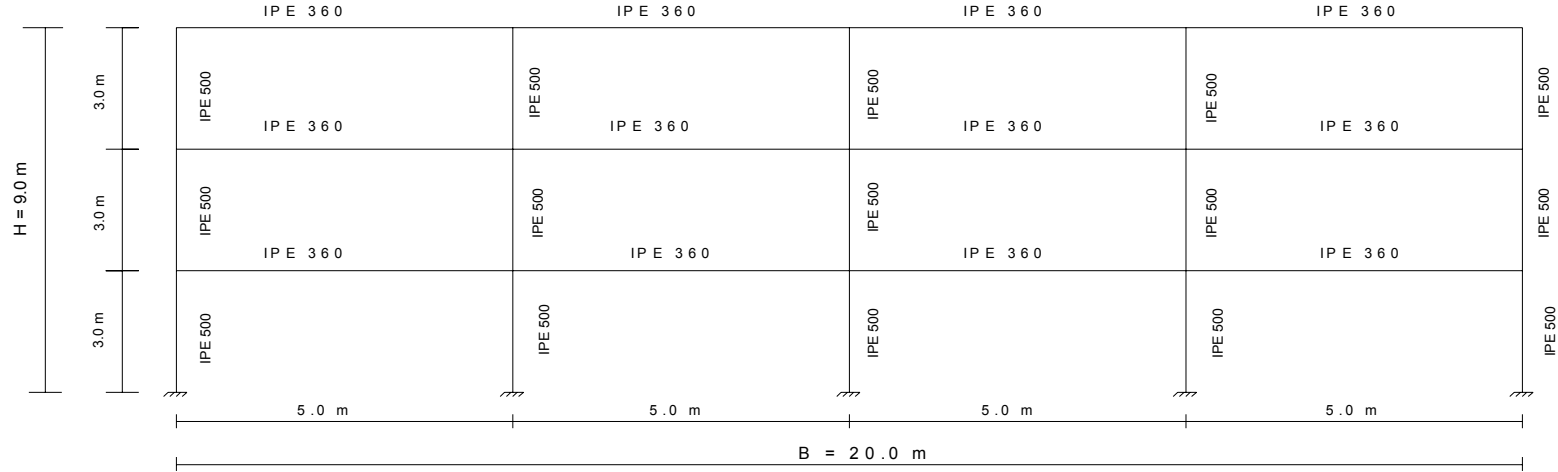
DÖRT AÇIKLIKLI YAPILAR (B = 20)



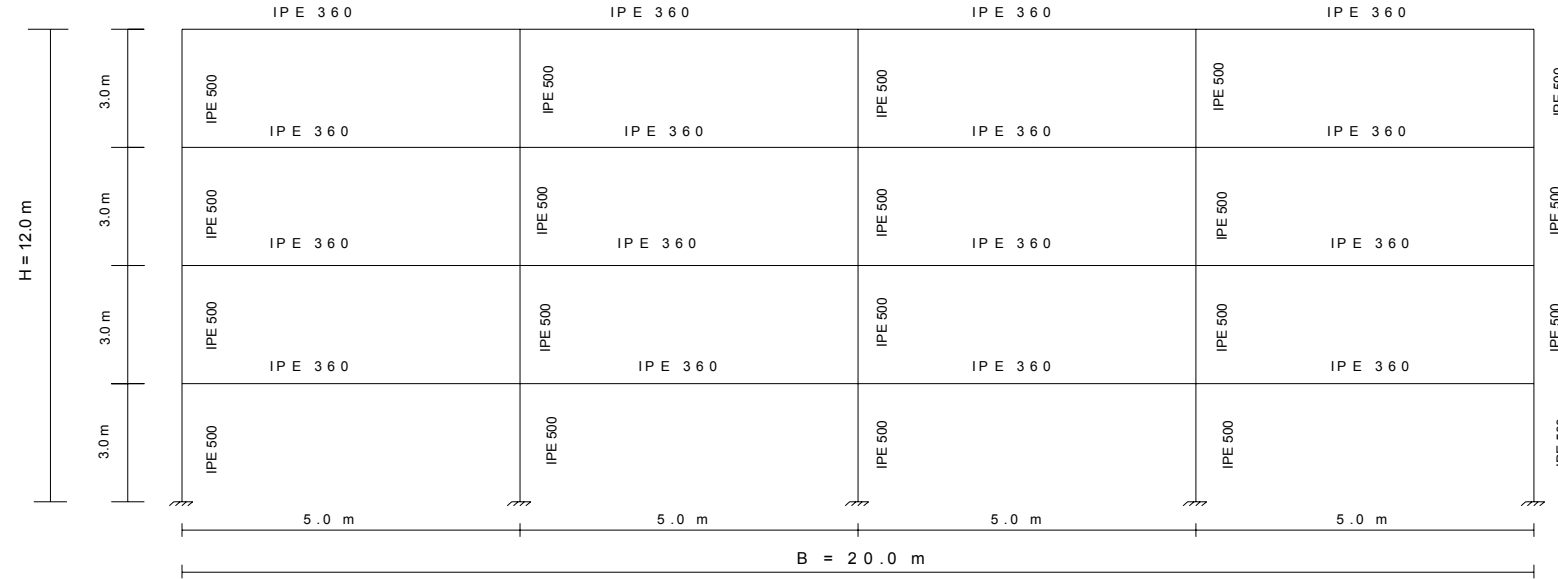
Tek katlı yapı



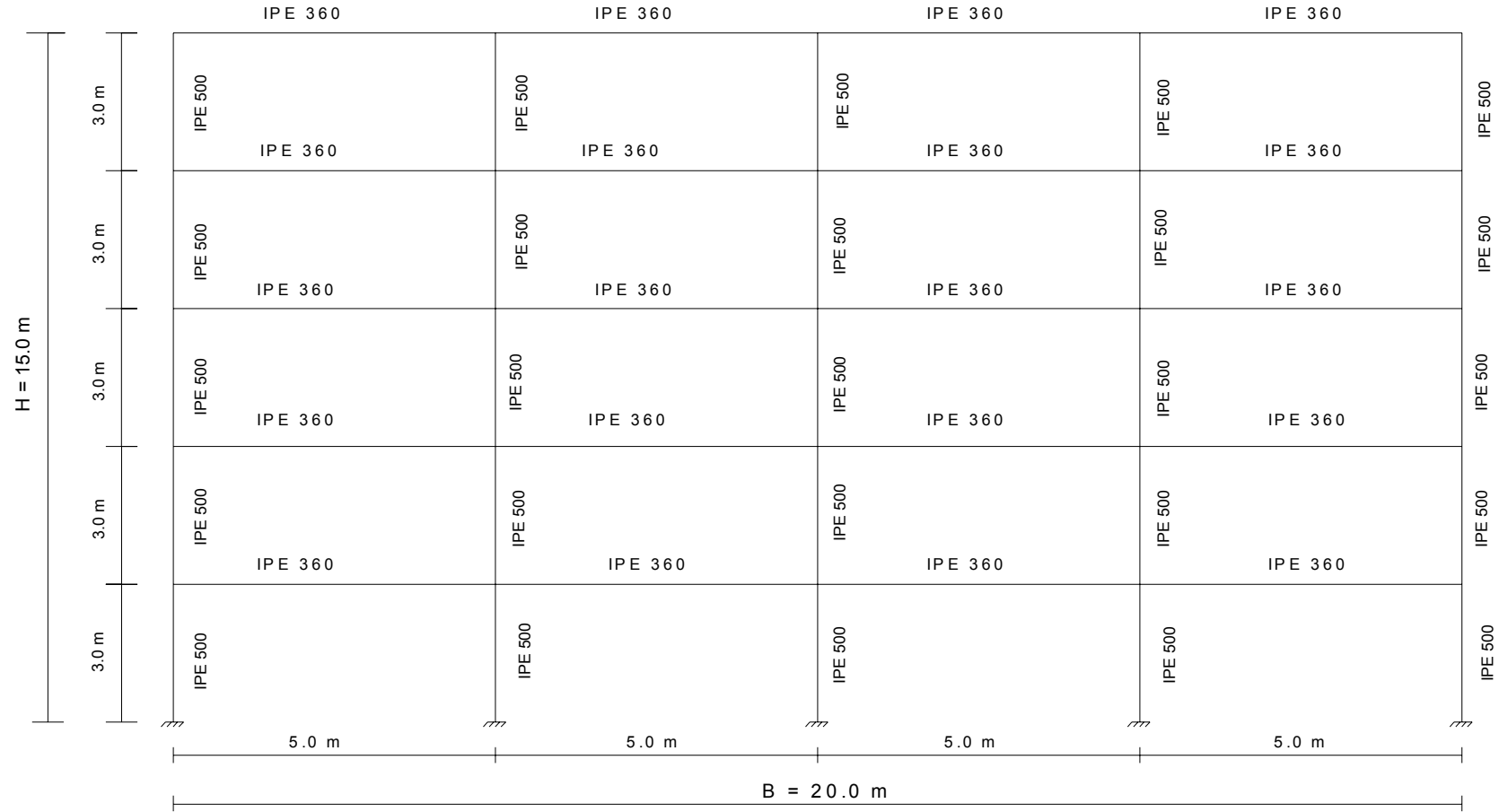
İki katlı yapı



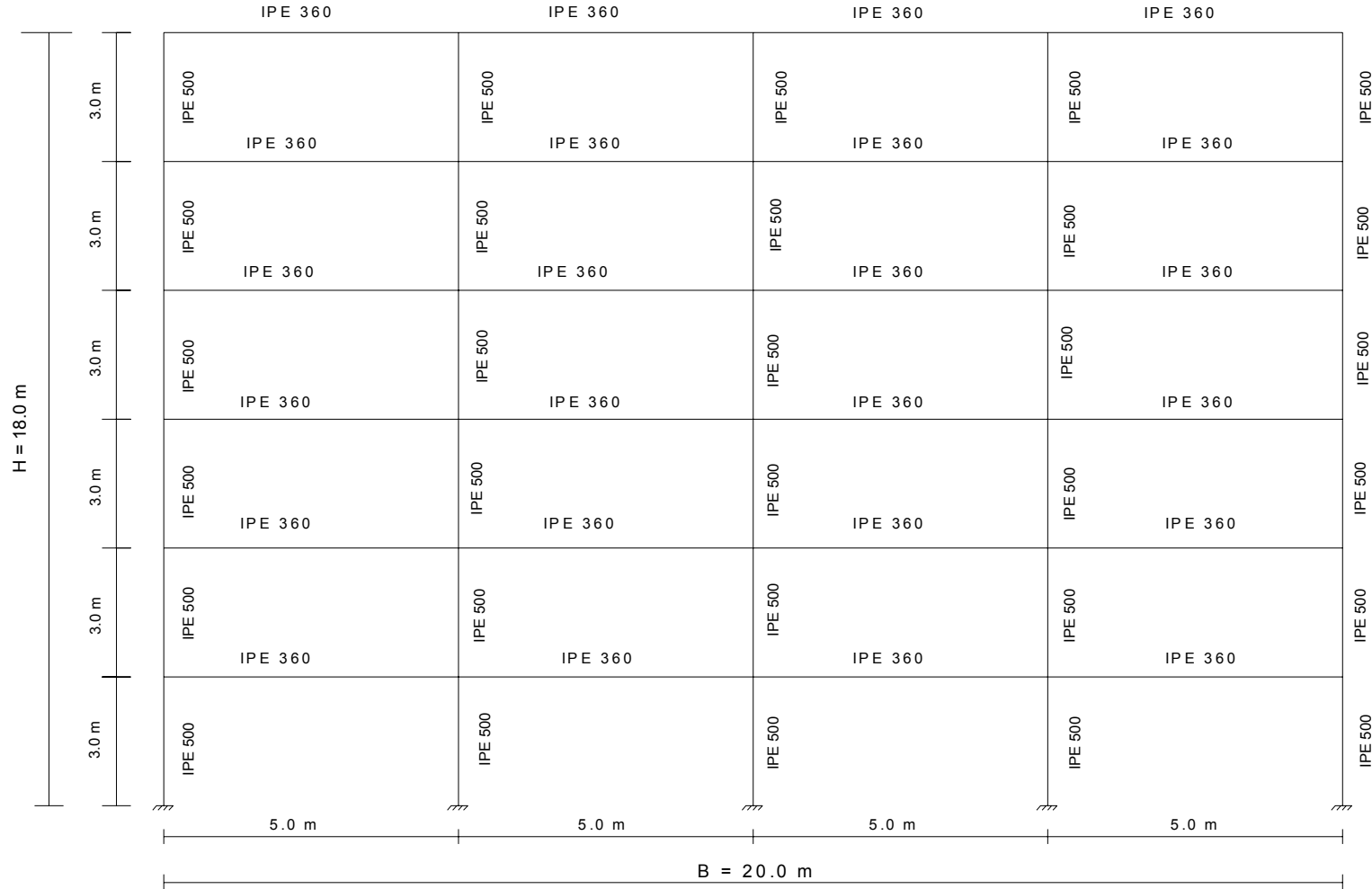
Üç katlı yapı



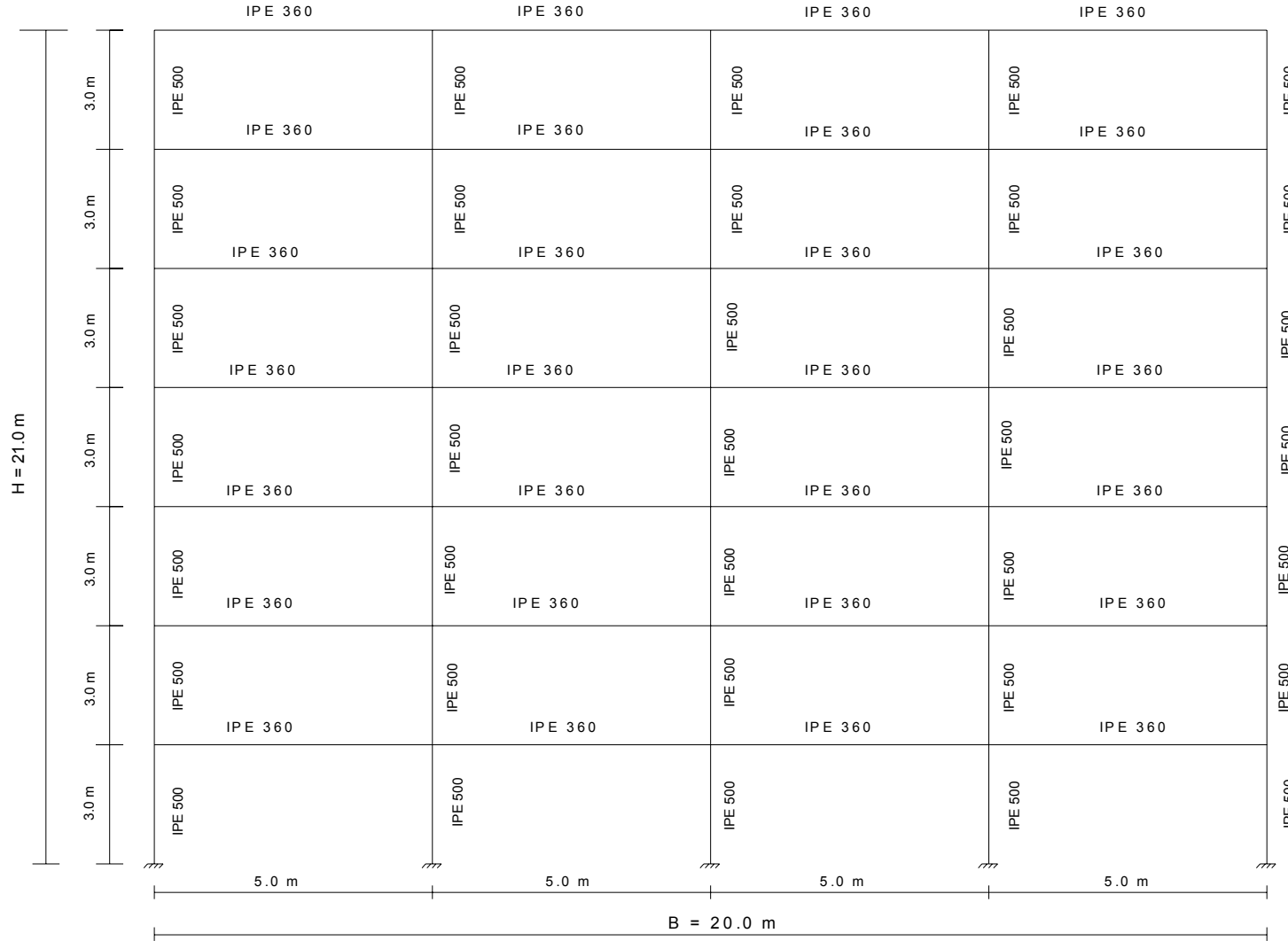
Dört katlı yapı



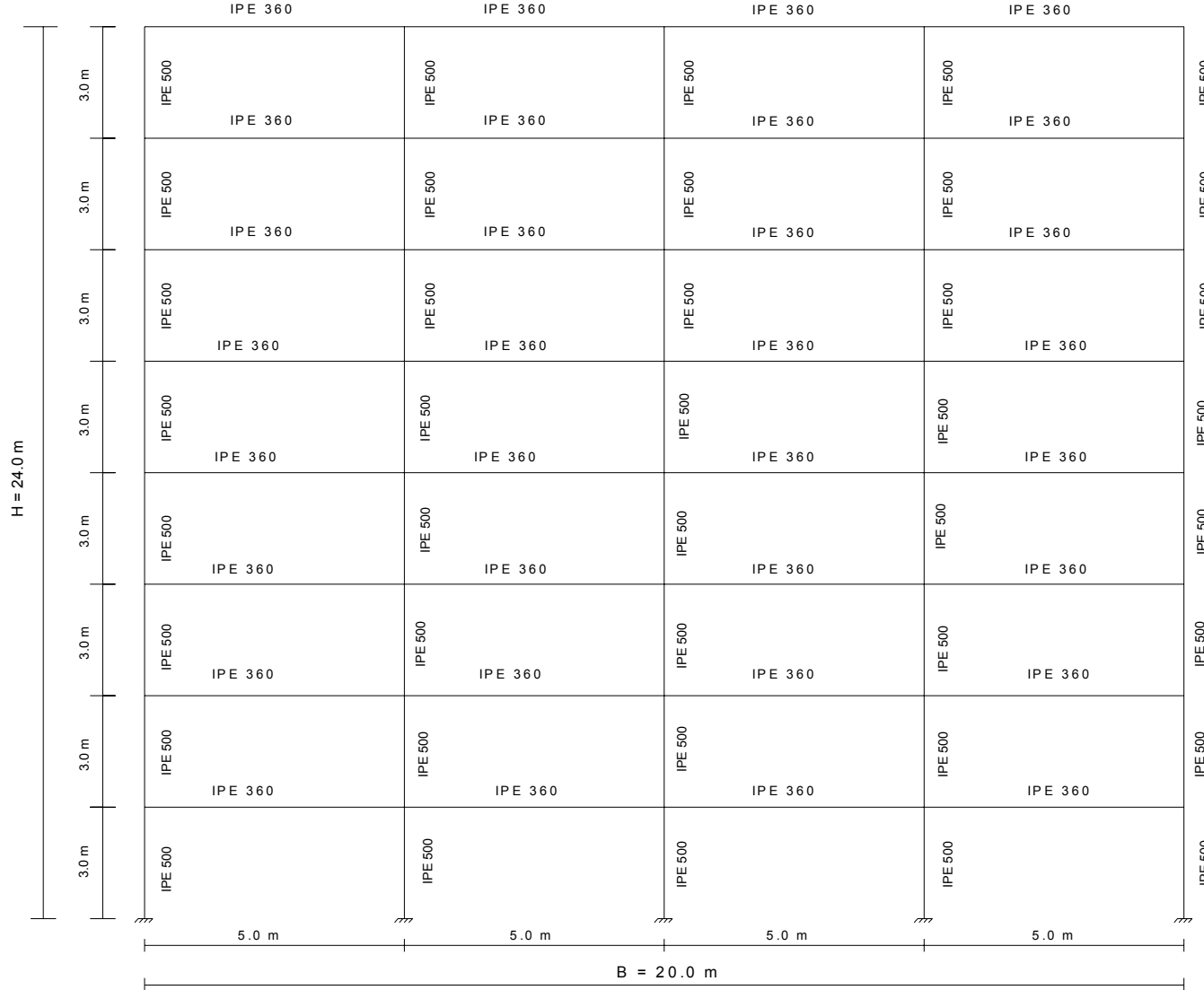
Beş katlı yapı



Altı katlı yapı

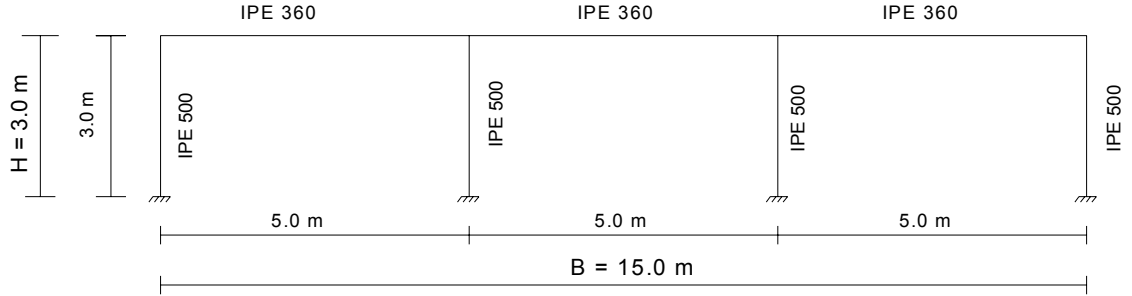


Yedi katlı yapı

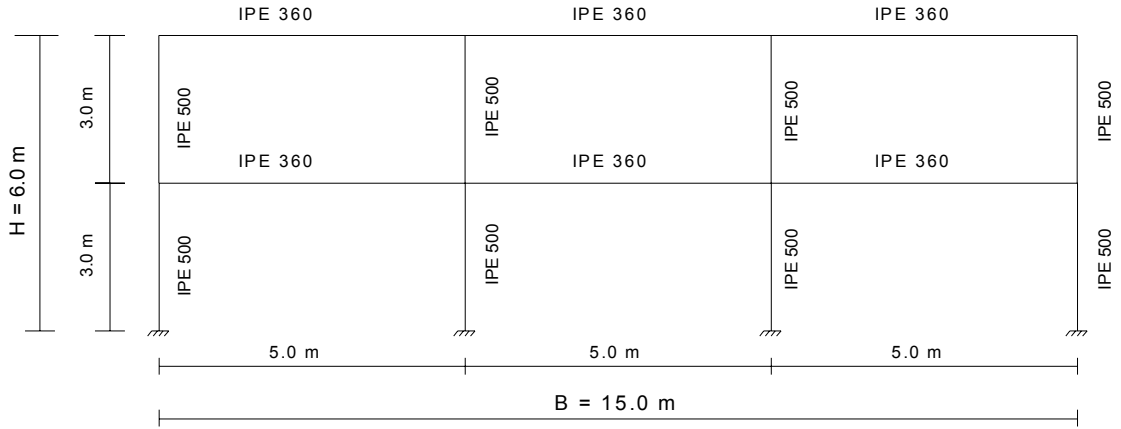


Sekiz katlı yapı

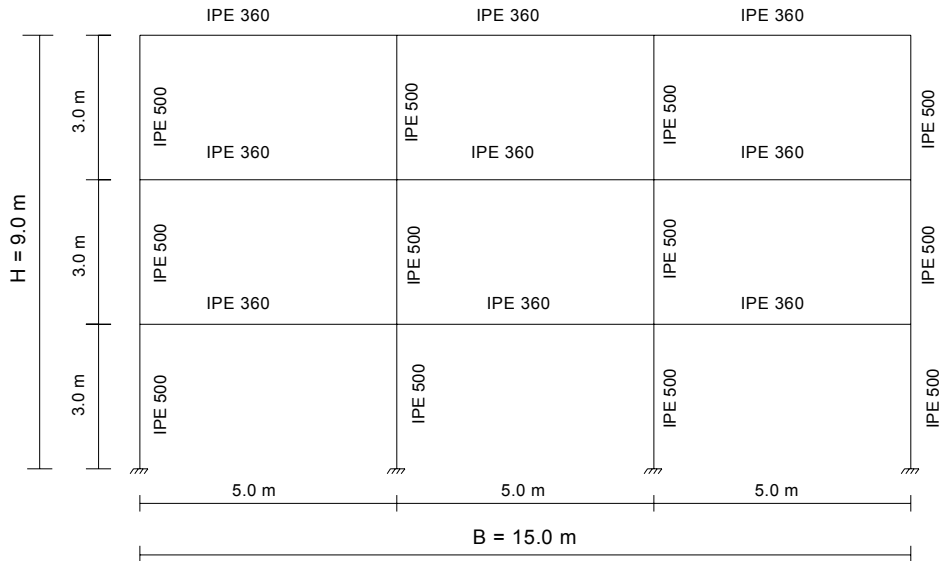
ÜÇ AÇIKLIKLI YAPILAR (B = 15 m)



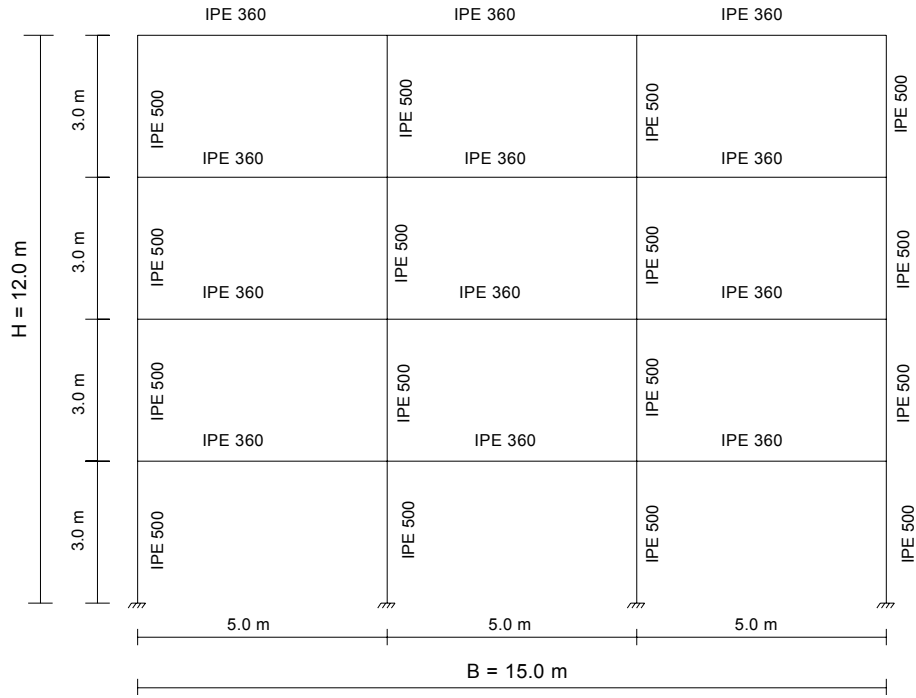
Tek katlı yapı



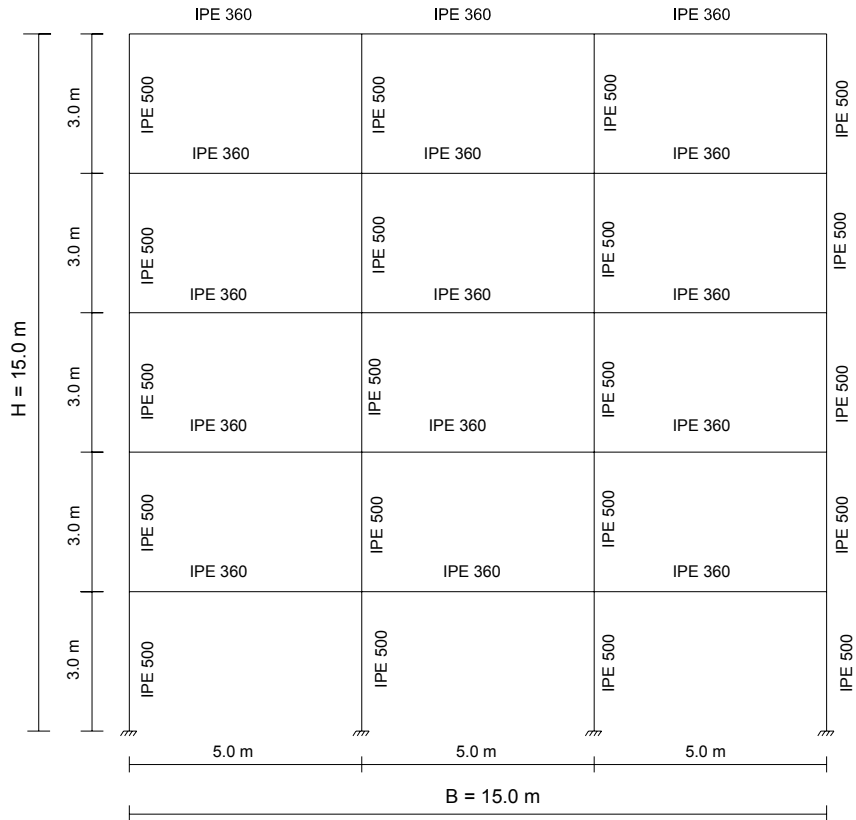
İki katlı yapı



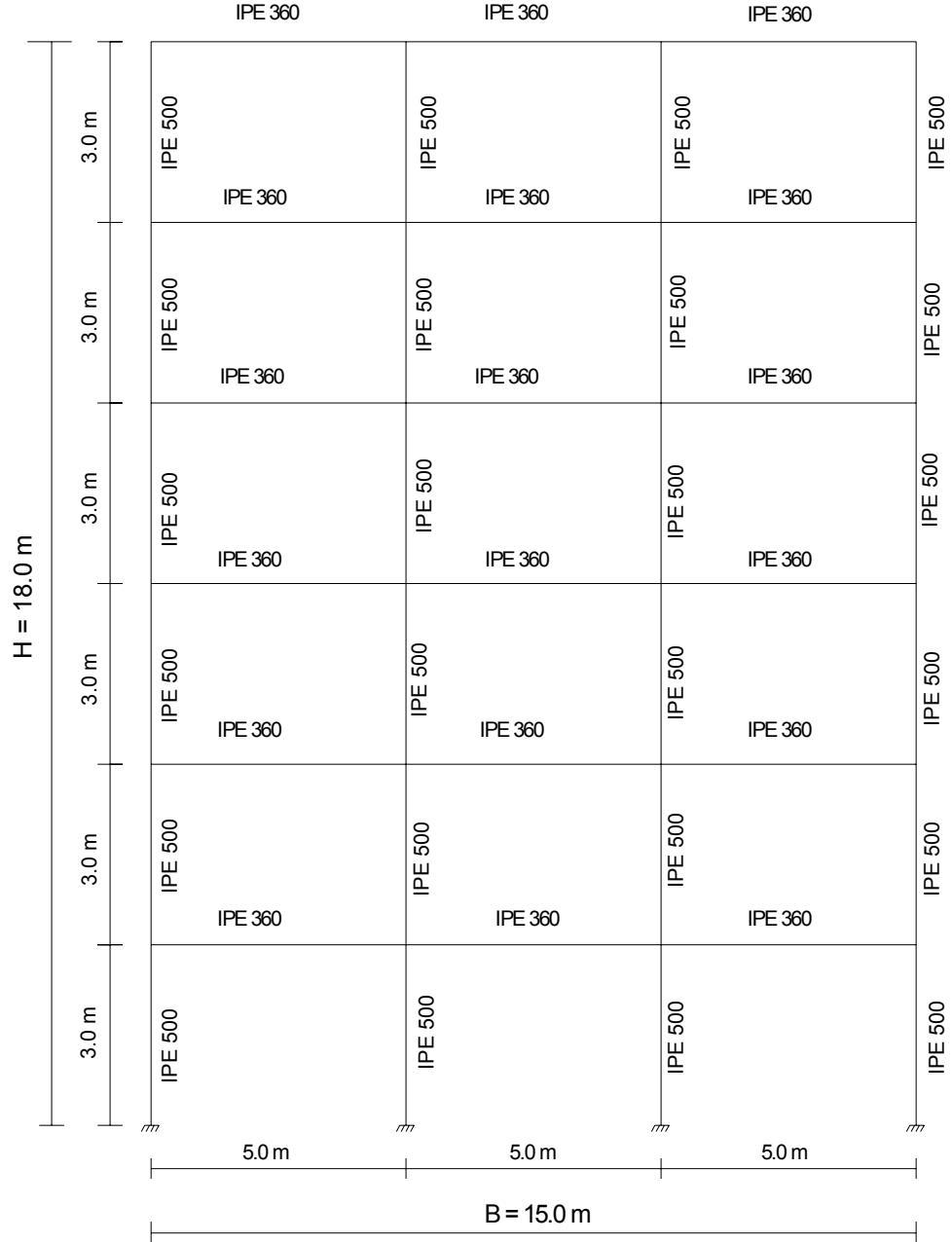
Üç katlı yapı



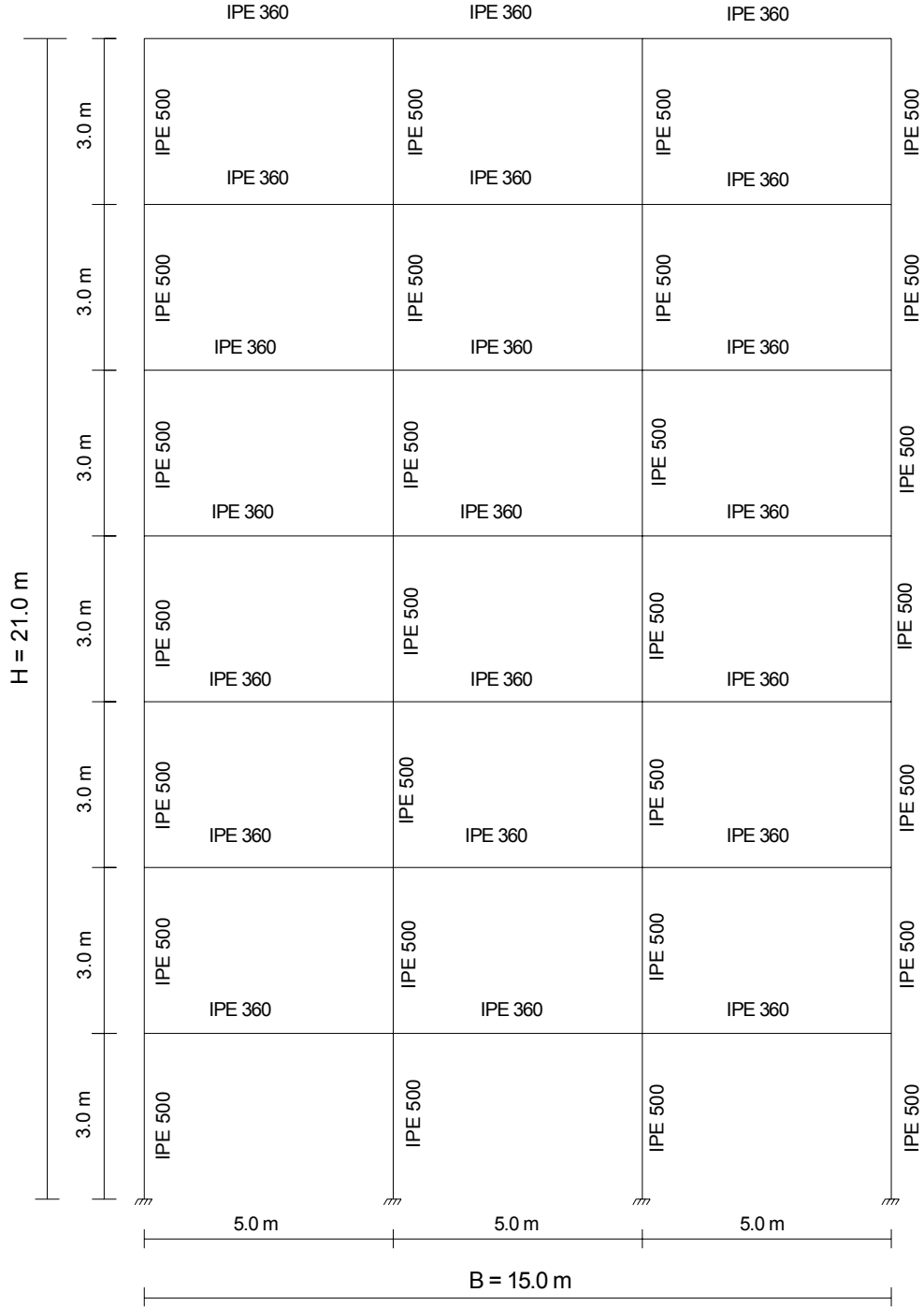
Dört katlı yapı



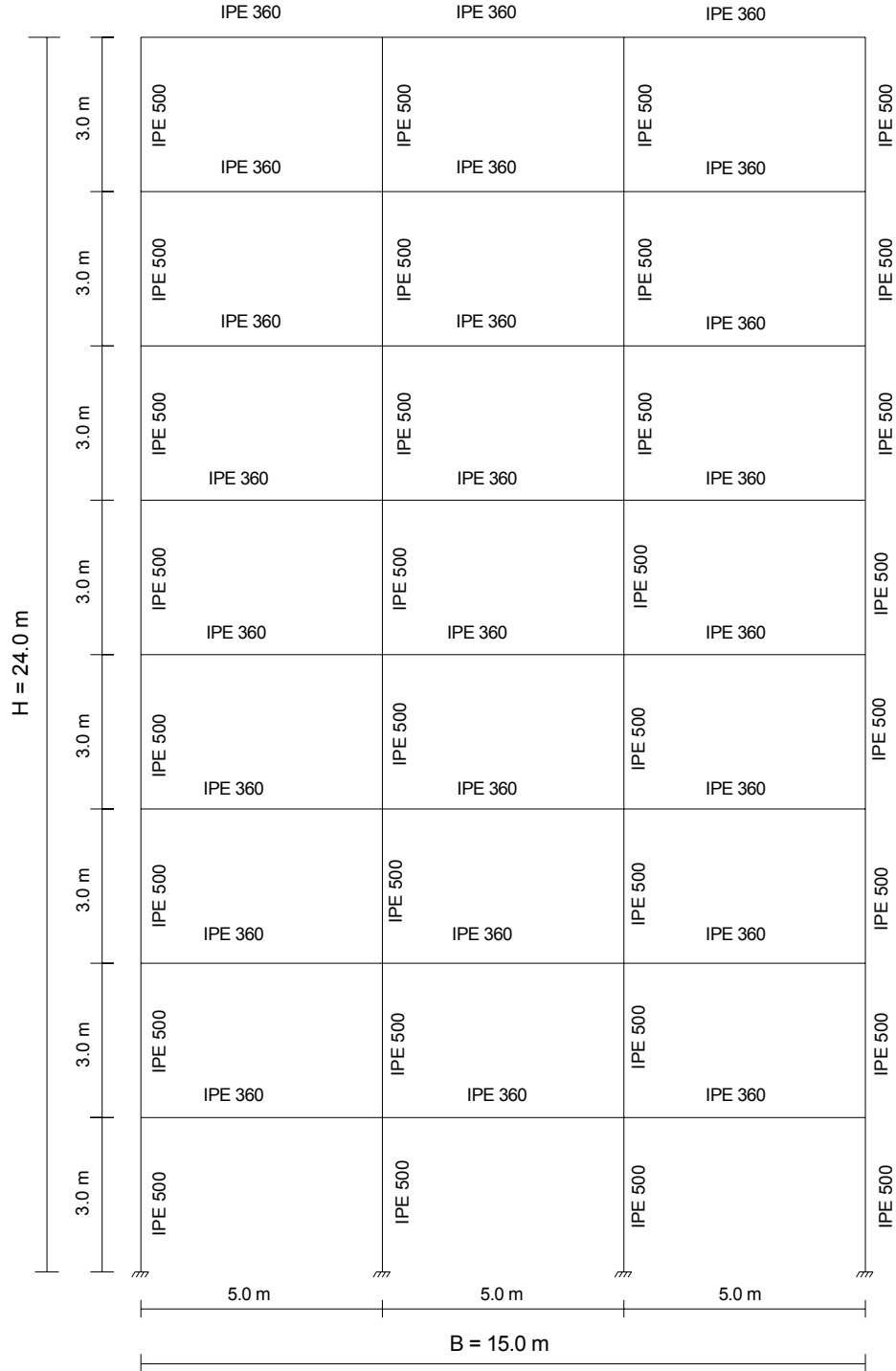
Beş katlı yapı



Altı katlı yapı

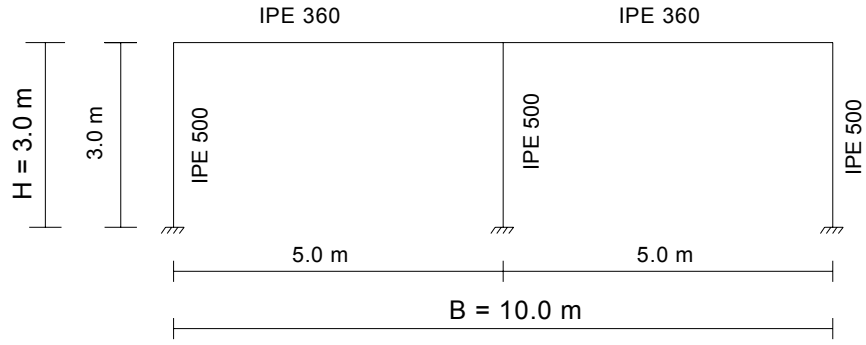


Yedi katlı yapı

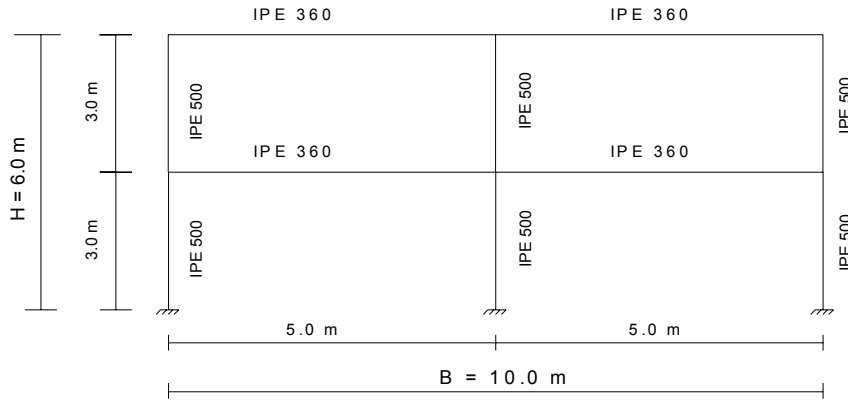


Sekiz katlı yapı

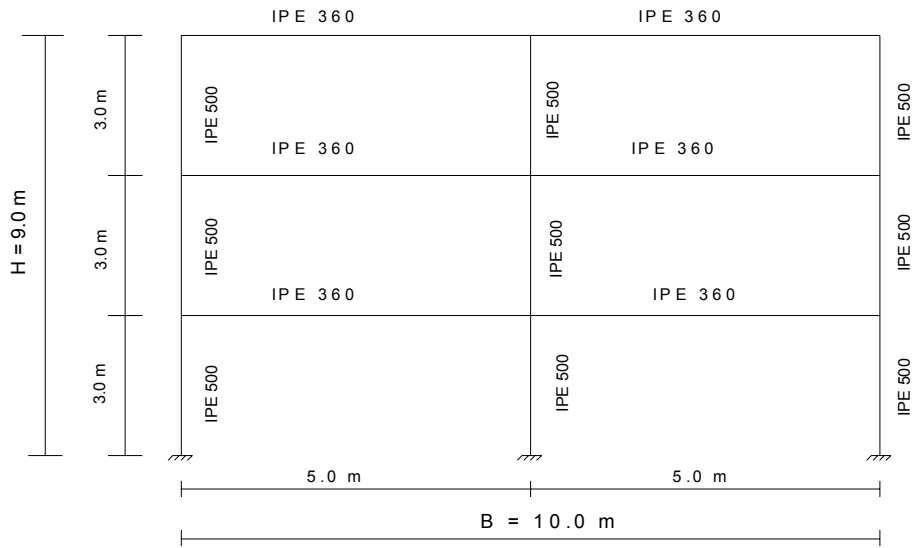
İKİ AÇIKLIKLI YAPILAR (B = 10.0 m)



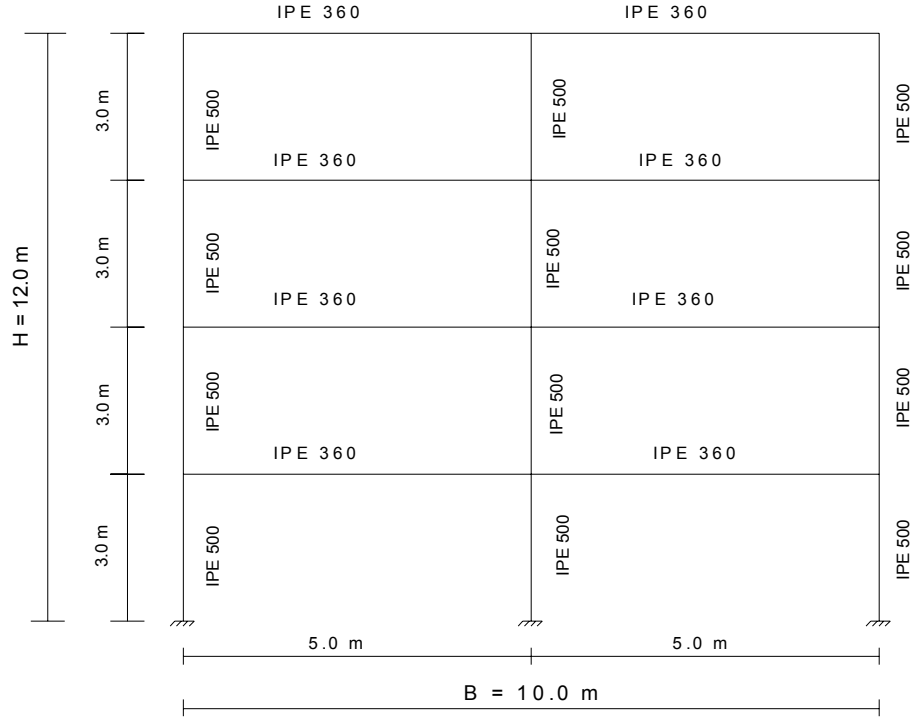
Tek katlı yapı



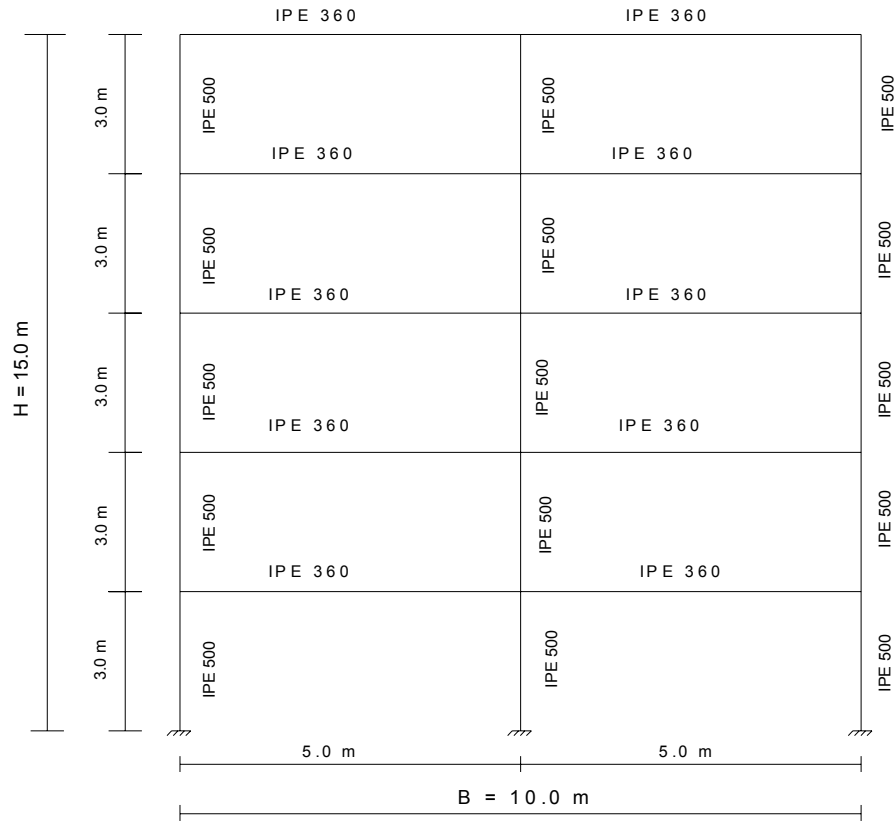
İki katlı yapı



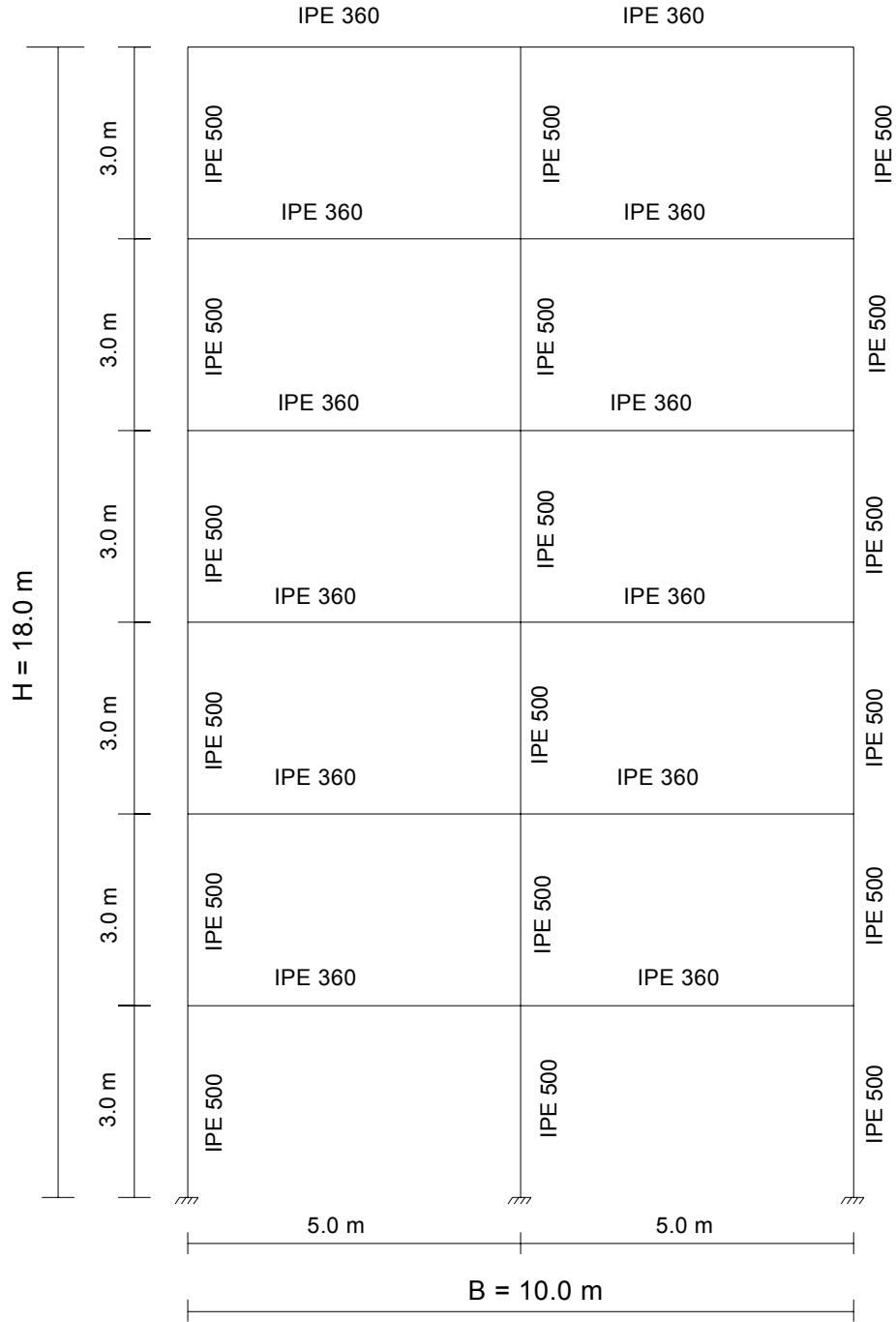
Üç katlı yapı



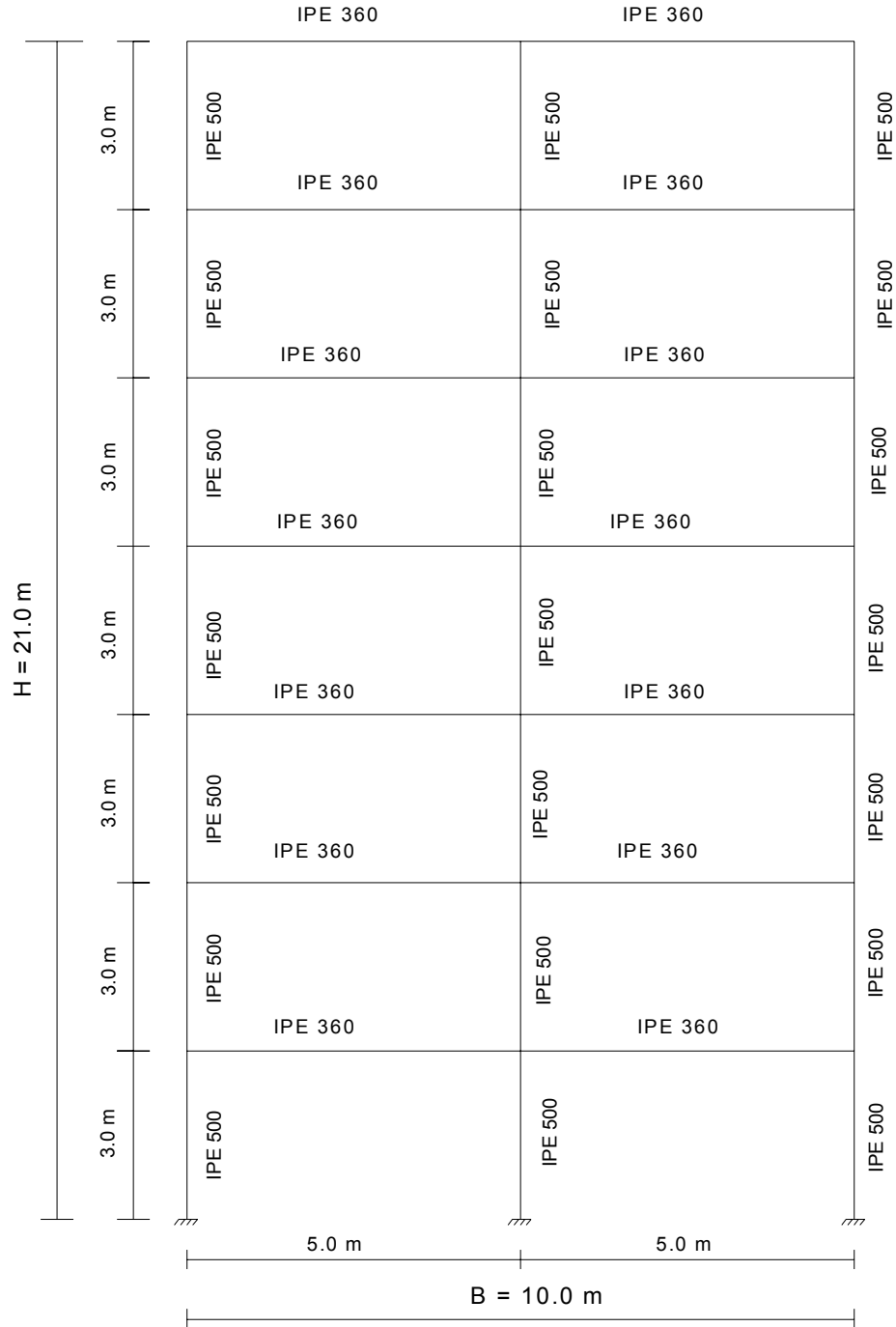
Dört katlı yapı



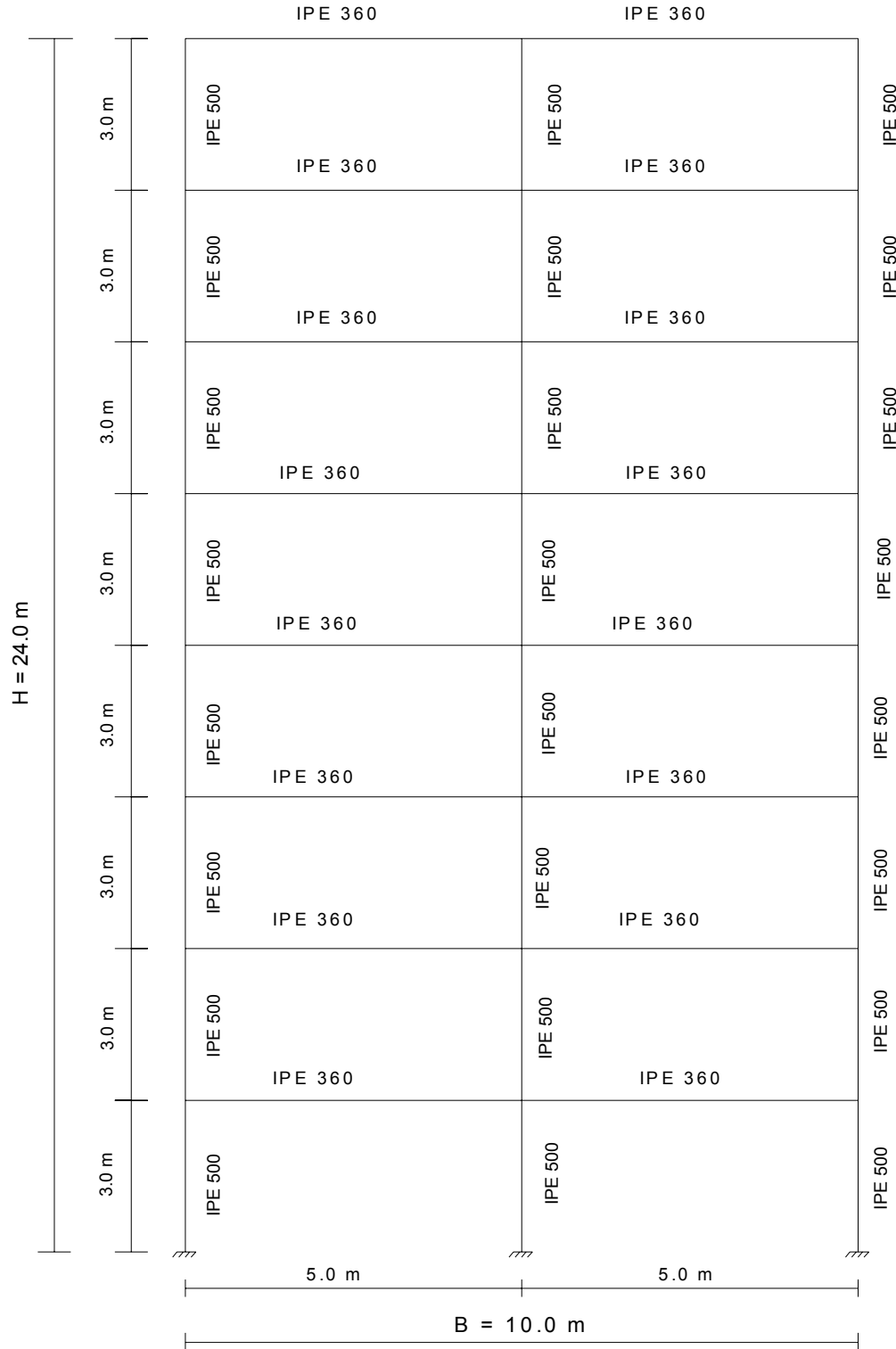
Beş katlı yapı



Altı katlı yapı

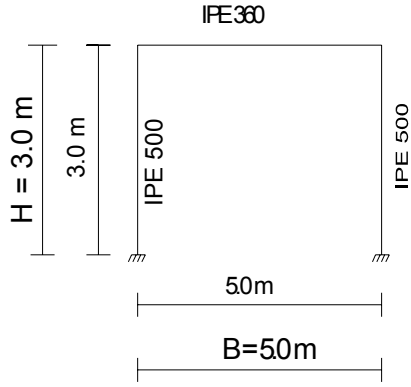


Yedi katlı yapı

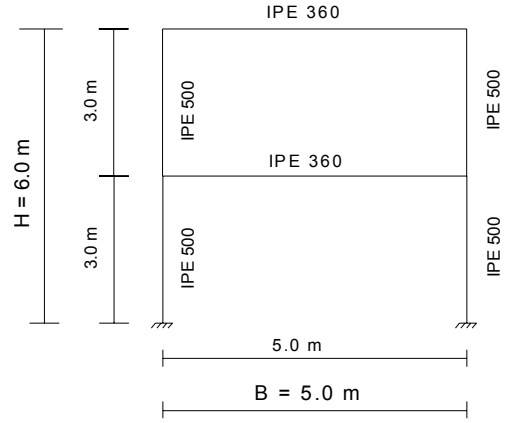


Sekiz katlı yapı

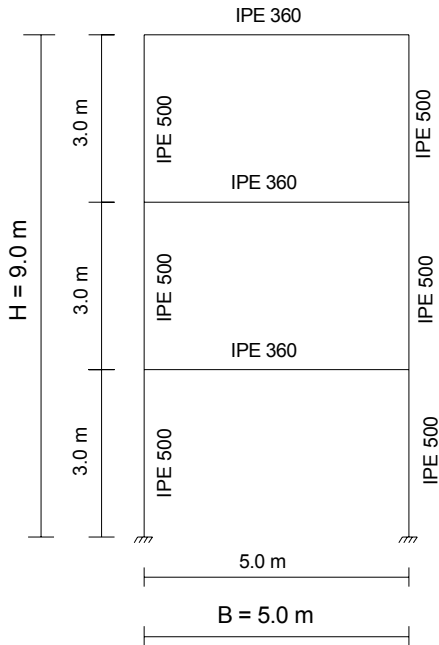
TEK AÇIKLIKLI YAPILAR (B = 5.0 m)



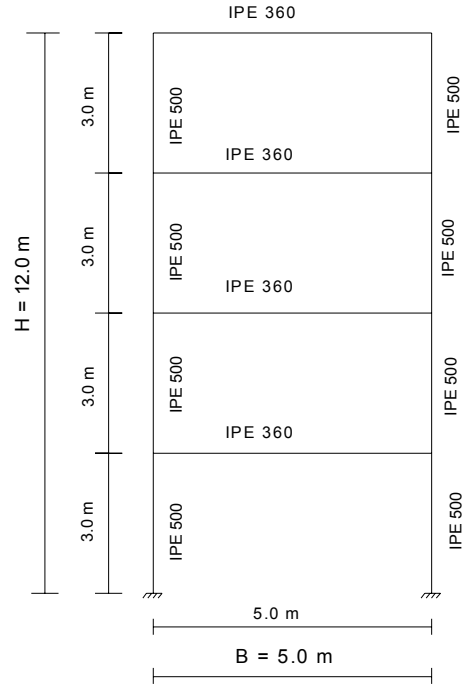
Tek katlı yapı



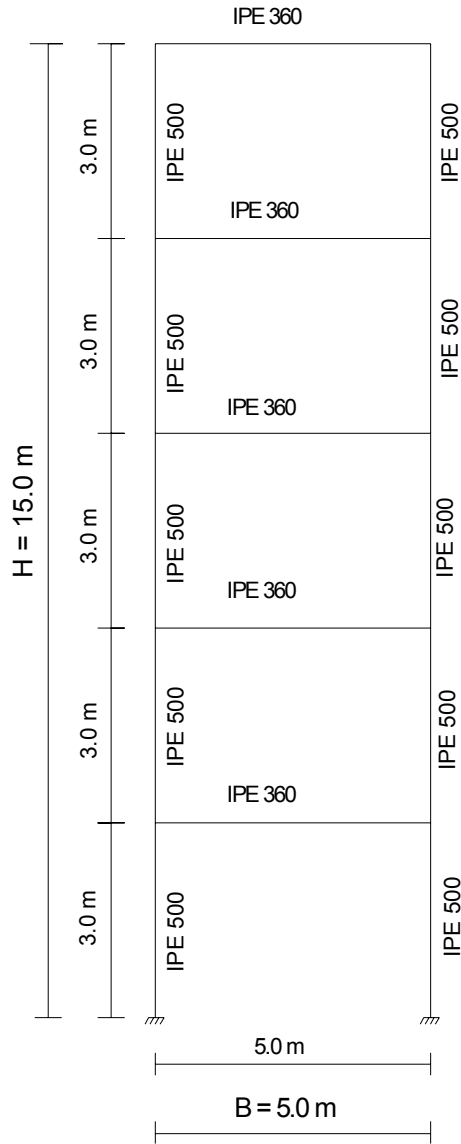
İki katlı yapı



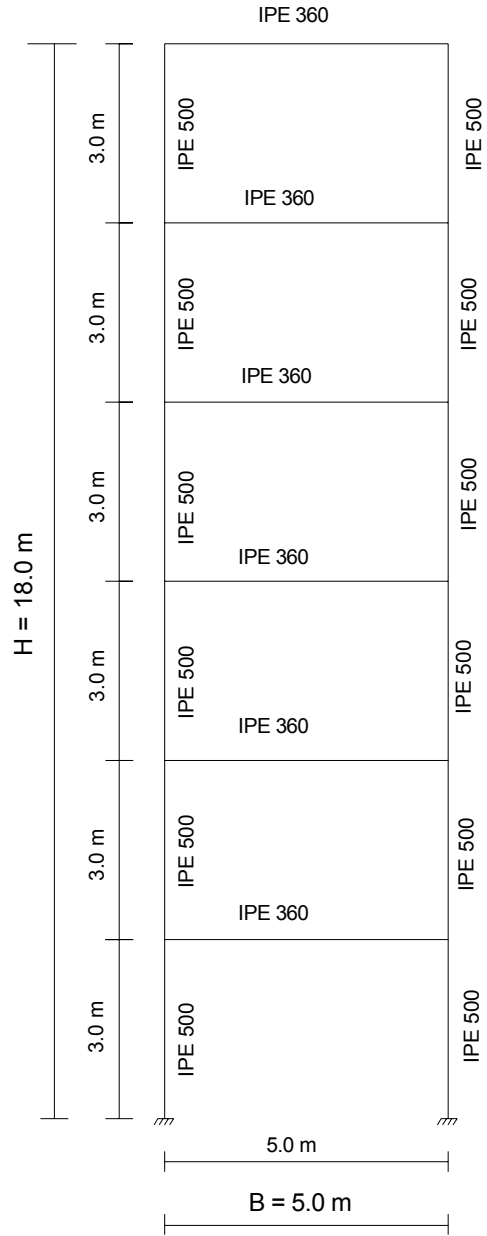
Üç açıklıklı yapılar



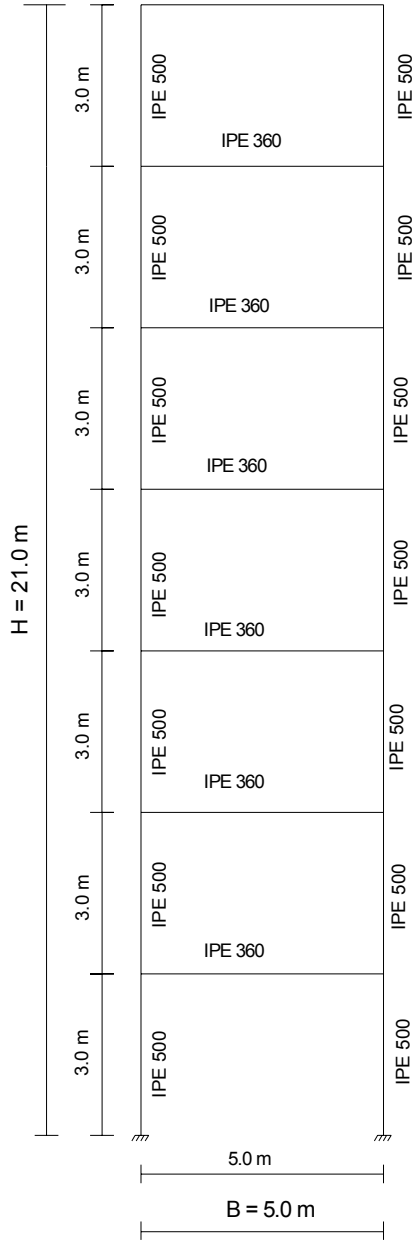
Dört katlı yapılar



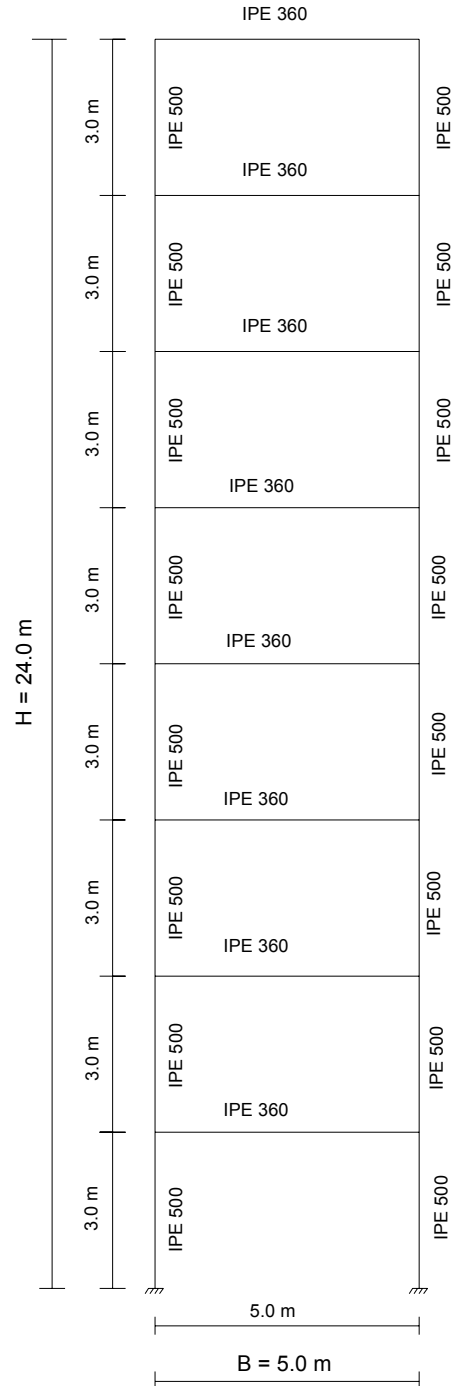
Beş katlı yapı



Altı katlı yapı



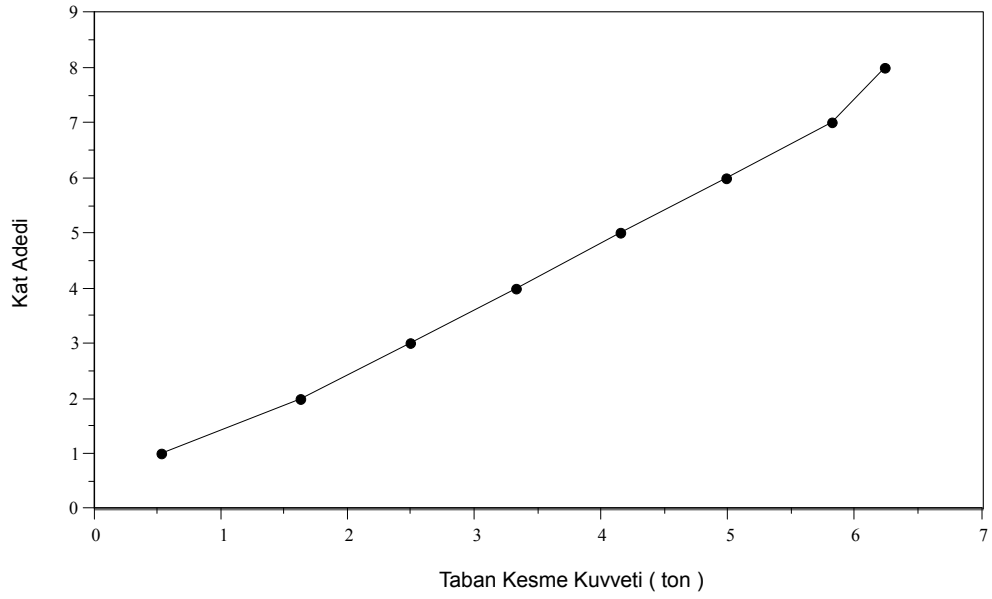
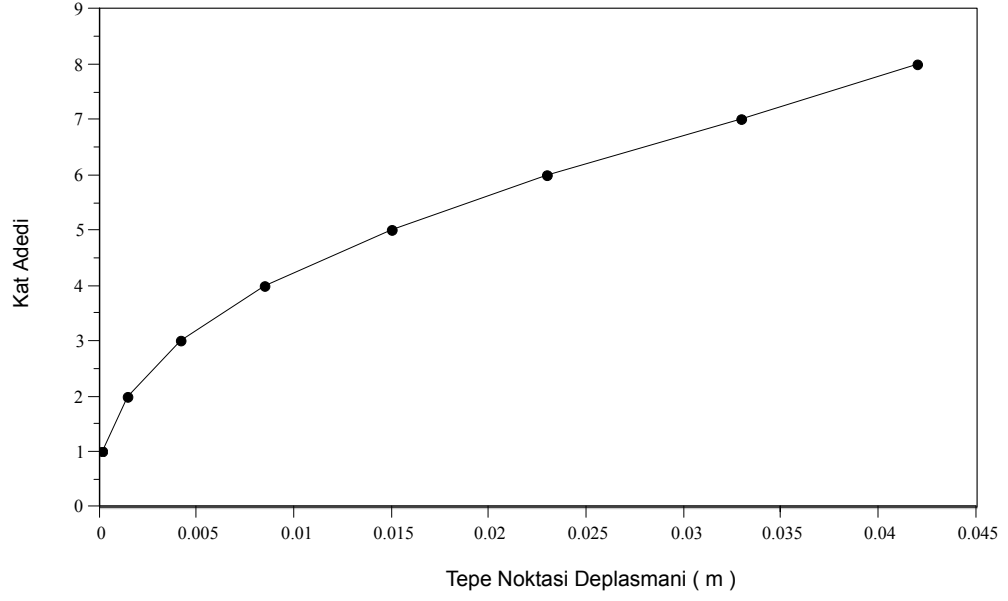
Yedi katlı yapı



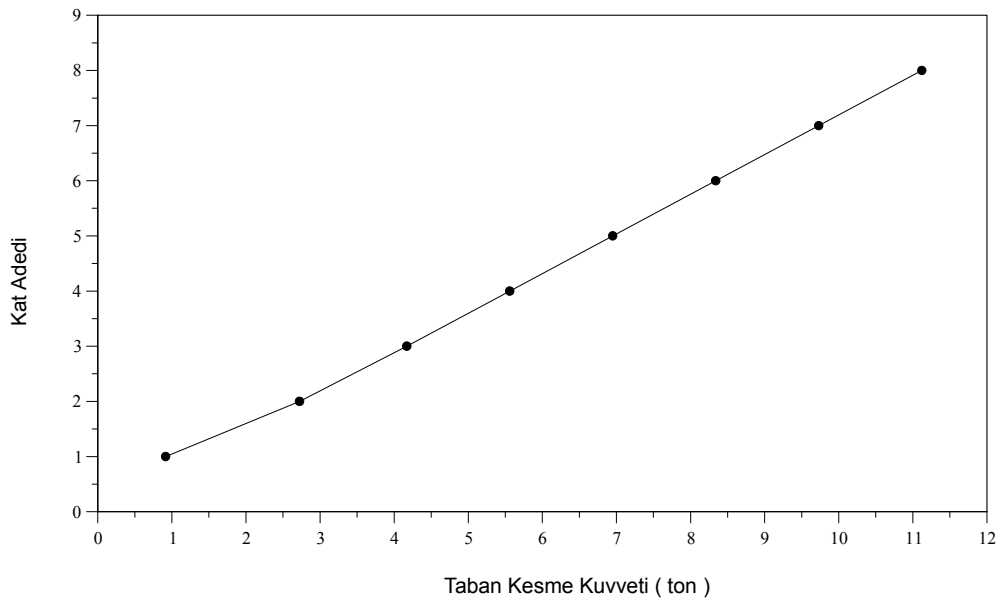
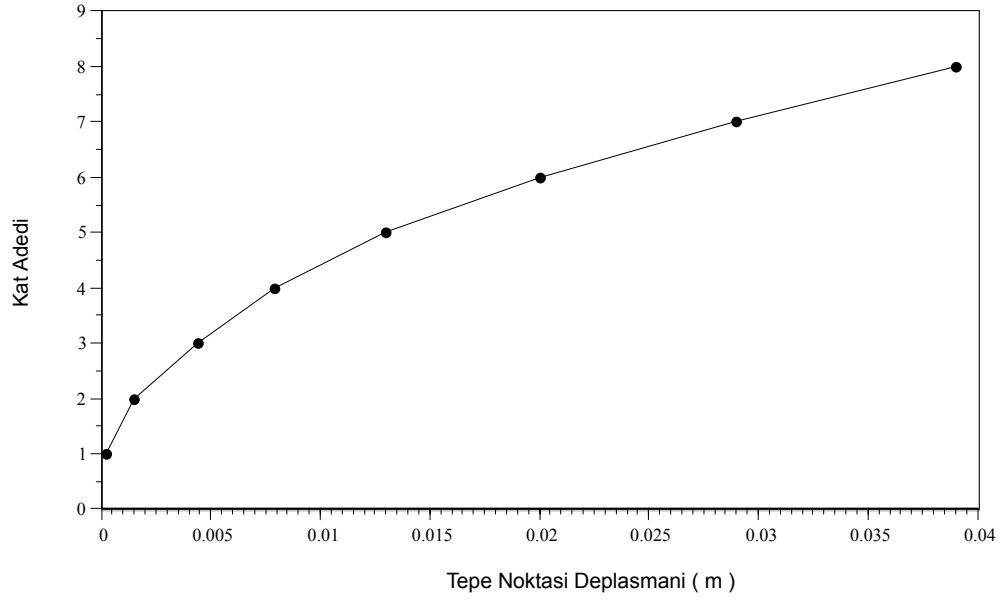
Sekiz katlı yapı

Ek-2 İncelenen yapı sistemlerinin tepe noktası deplasman değerleri ve taban kesme kuvveti değerlerinin yapıların kat adetlerine göre değişimi

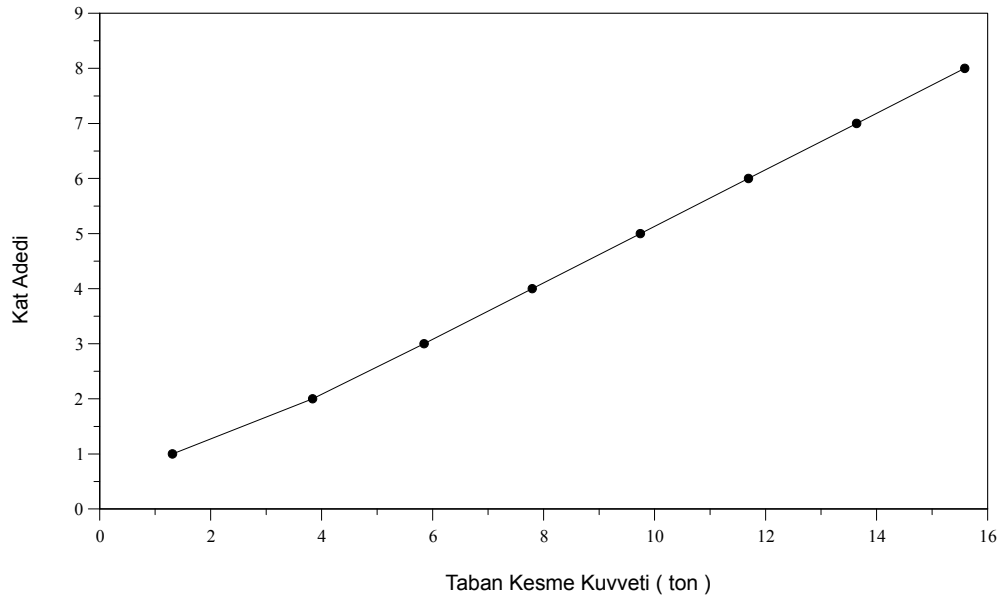
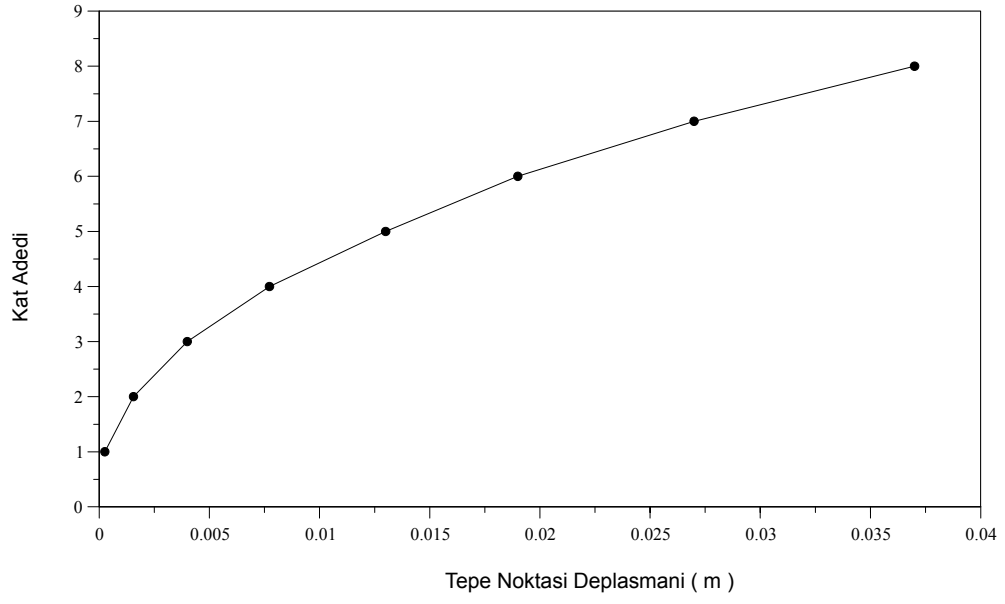
Tek Açıklıklı Yapı Sistemleri



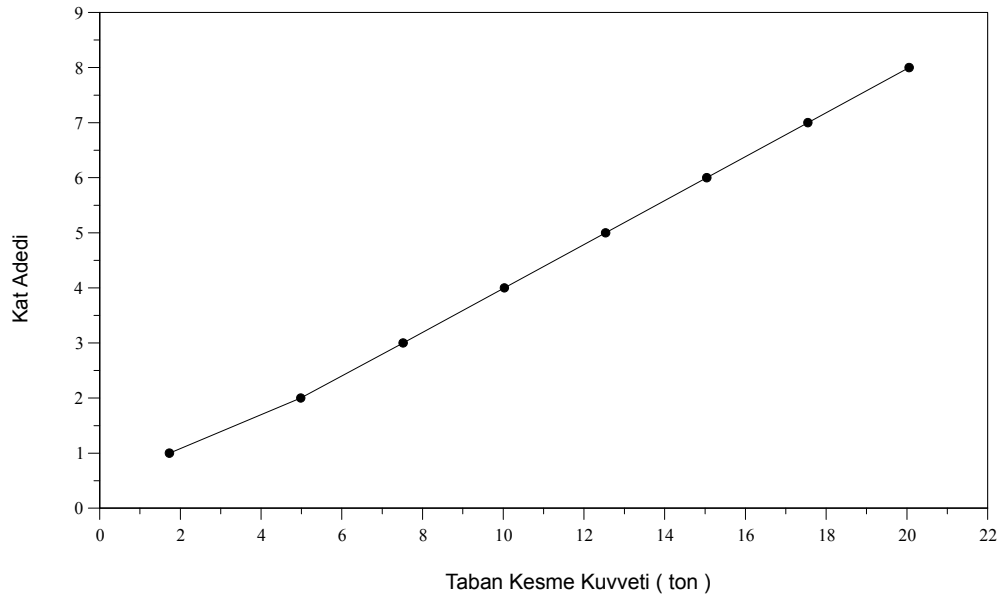
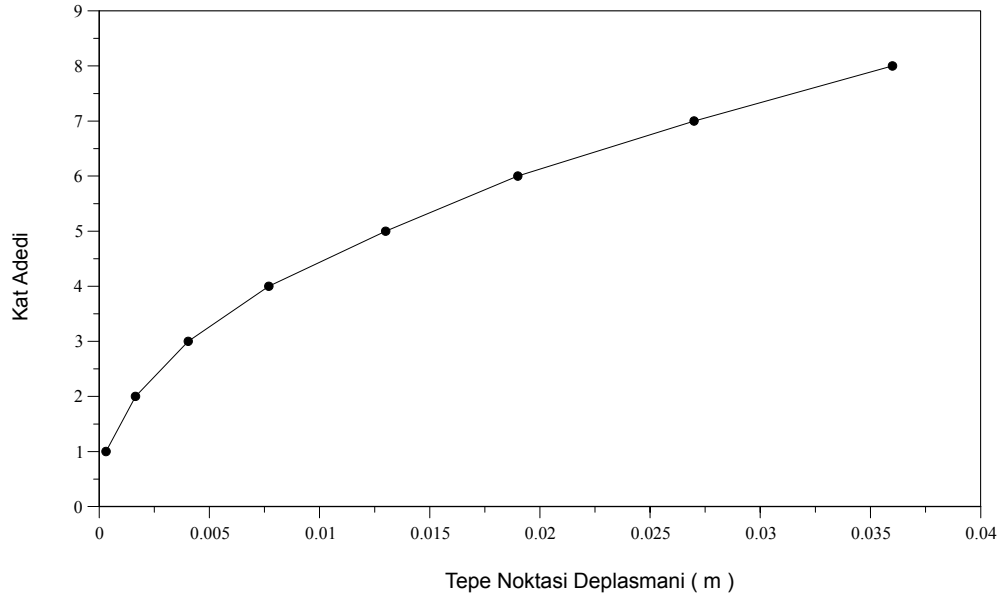
İki Açıklıklı Yapı Sistemleri



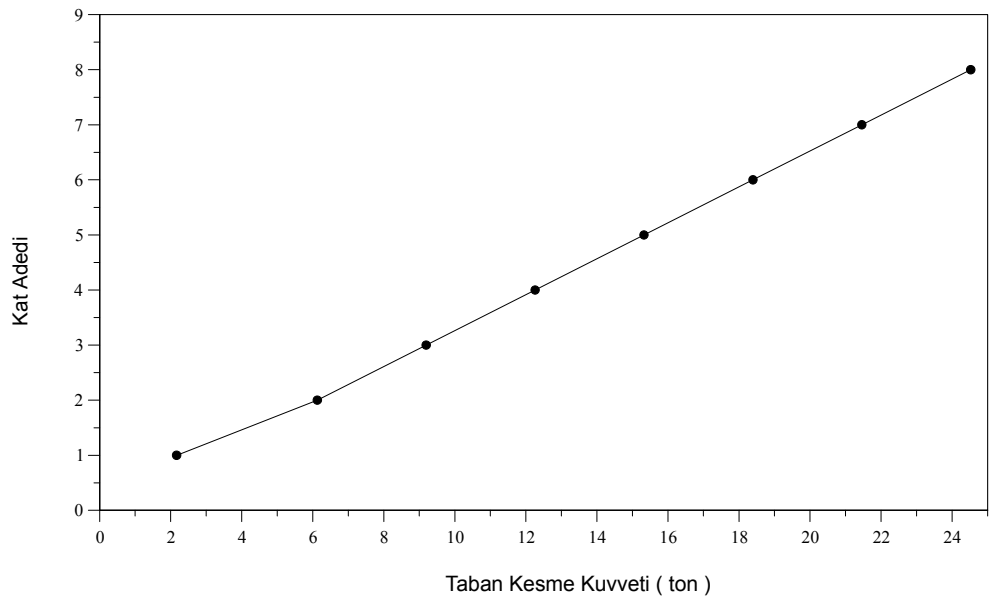
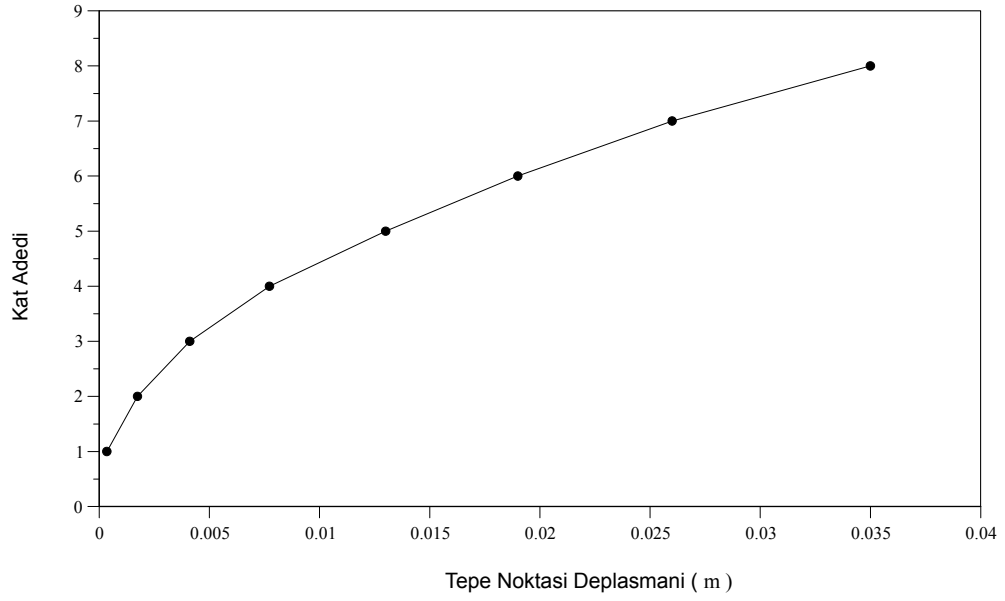
Üç Açıklıklı Yapı Sistemleri



Dört Açıklıklı Yapı Sistemleri



Beş Açıklıklı Yapı Sistemleri



ÖZGEÇMİŞ

Doğum Tarihi : 21-02-1983
Doğum Yeri : Eşme – UŞAK
Lise : Bornova Anadolu Lisesi – İZMİR (2001)
Lisans : Celal Bayar Üniversitesi Mühendislik Fakültesi
İnşaat Mühendisliği Bölümü – MANİSA (2005)

Çalıştığı Kuruluşlar ;

Haziran 2005 – Ekim 2005 ORYA İnşaat
2005 – devam Celal Bayar Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü