



TMMOB
İNŞAAT MÜHENDİSLERİ ODASI
ANKARA ŞUBESİ

2008 İLKBAHAR DÖNEMİ MESLEKİÇİ EĞİTİM
SEMİNERLERİ

“ÇELİK YAPILARIN TASARIMI”

Mustafa ÇOBANOĞLU İnş.Müh.
Tamer FENERCİOĞLU İnş.Müh.

08 Nisan 2008

ÇELİK YAPILARIN TASARIMI

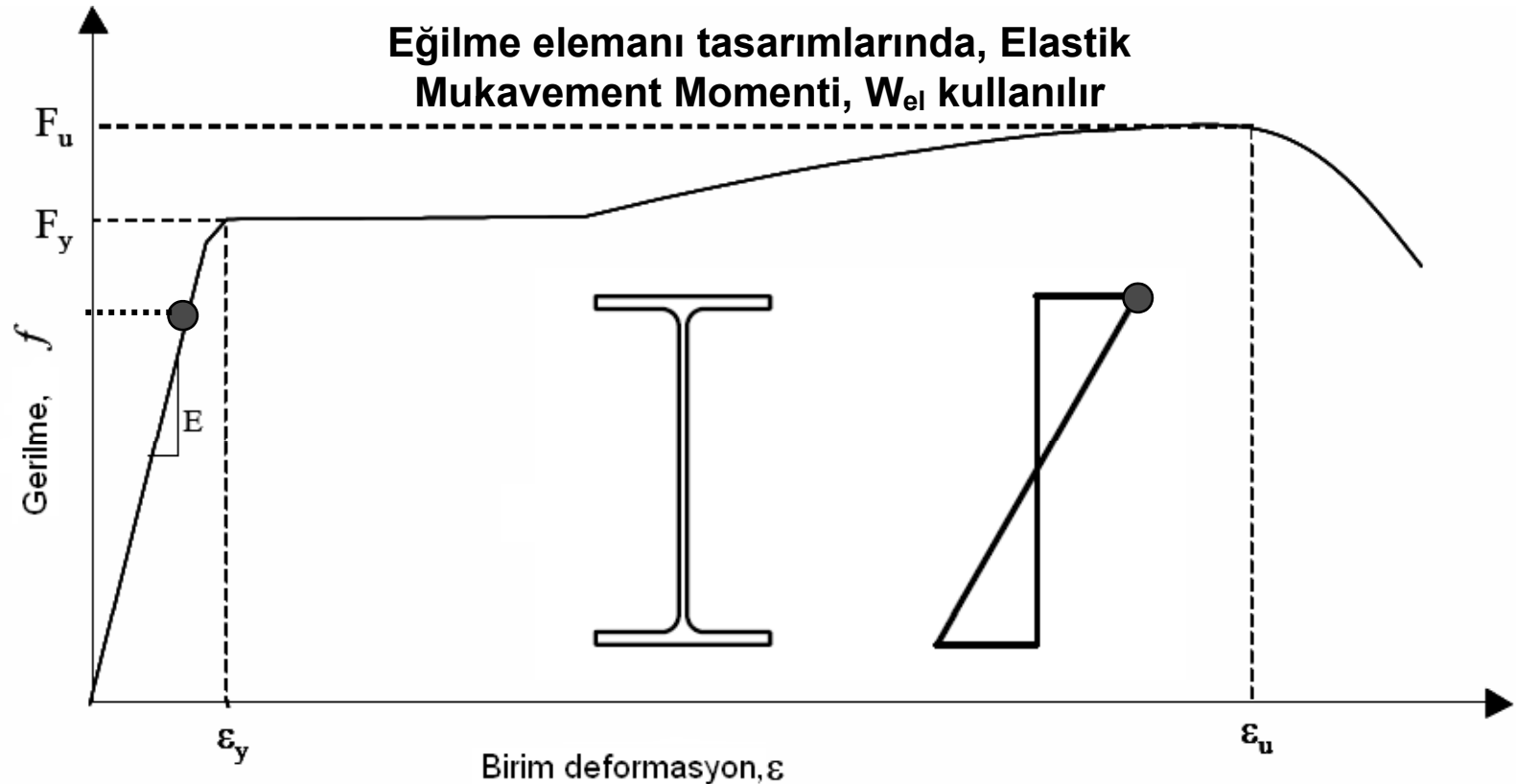
- Çelik yapıların tasarımında günümüzde iki temel yaklaşım vardır.
 - Emniyet Gerilmeleri Yöntemi
 - Allowable Stress Design-ASD (TS 648, AISC-ASD)
 - Taşıma Gücü Yöntemi
 - Limit State Design (EN 1993, SNIP)
 - Load Factor Design-LFD (AASHTO Standard)
 - Load and Resistance Factor Design-LRFD (AASHTO-LRFD, AISC-LRFD)

ÇELİK YAPILARIN TASARIMI

- Emniyet Gerilmeleri Yöntemi
 - Malzemenin akma dayanımı, güvenlik faktörüne bölünerek, servis yükleri altında izin verilen maksimum emniyet gerilmesi bulunur.
 - Yük kombinasyonlardaki tüm yük faktörleri 1.0 alınır.
 - Olağandışı yükleme durumlarının bulunduğu yük kombinasyonlarında, emniyet gerilmesi arttırılır ;
 - Rüzgar yük kombinasyonları için %15
 - Fren kuvvetleri yatay yanal kuvvetler (kreynler) için %15
 - Montaj ve benzeri nedenlerle kısa süre için %33
 - Deprem yük kombinasyonları için %33

ÇELİK YAPILARIN TASARIMI

- Emniyet Gerilmeleri Yöntemi
 - Çelik birim deformasyon-gerilme eğrisinde ;

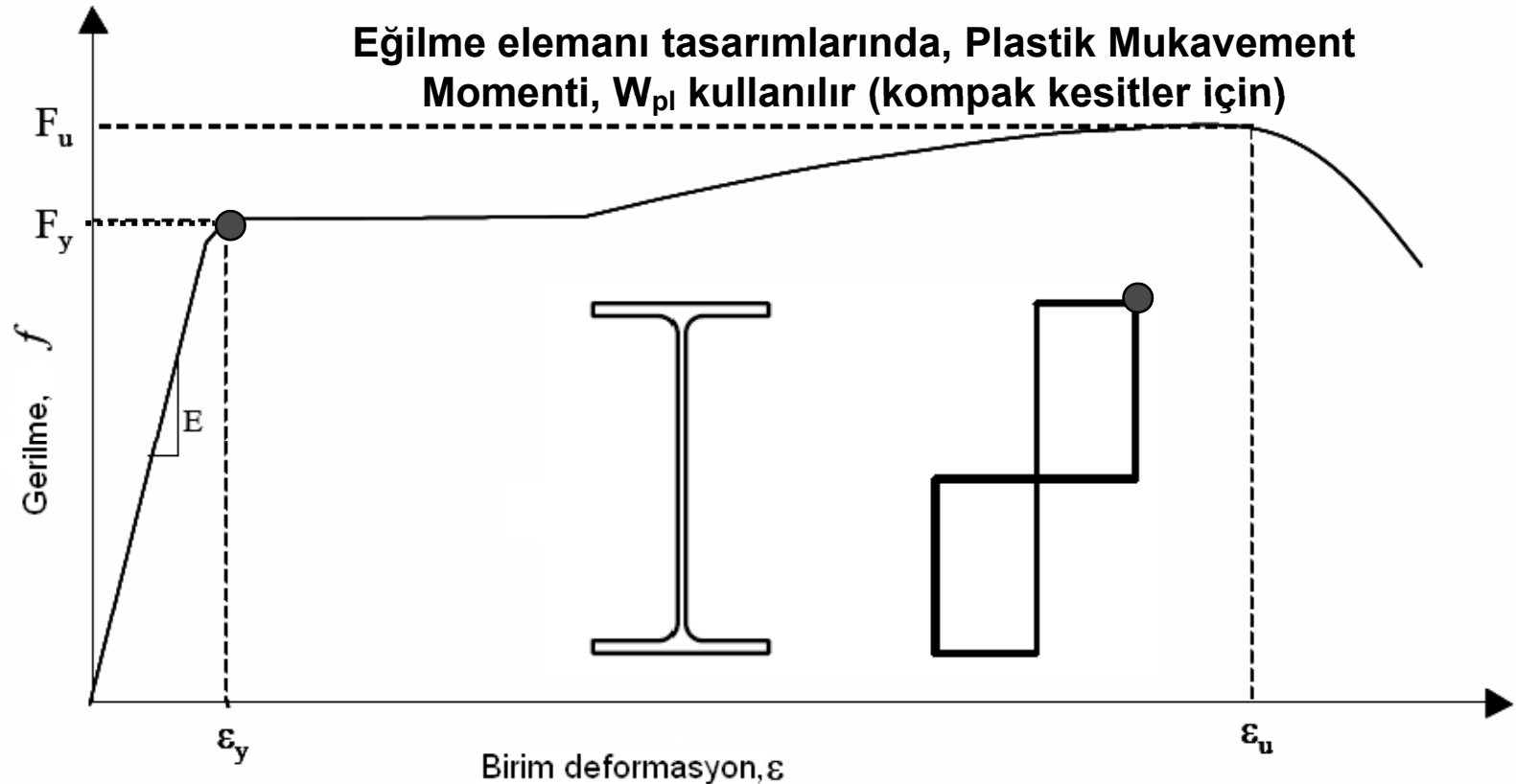


ÇELİK YAPILARIN TASARIMI

- Taşıma Gücü Yöntemi
 - Malzemenin akma dayanımı esas alınır.
 - Kesitin dayanımı azaltılır (akma dayanımı malzeme faktörüne bölünür yada kesit kapasitesi dayanım azaltma faktörü ile çarpılır.), uygulanan yükler yük katsayıları ile çarpılarak arttırılır.
 - Başlıca İki limit tanımlanmıştır ;
 - 1) İşletme Durumu (Service Limit State-SLS), yük faktörleri 1.0 alınır.
 - 2) Dayanım Durumu (Ultimate Limit State-ULS)

ÇELİK YAPILARIN TASARIMI

- Taşıma Gücü Yöntemi
 - Çelik birim deformasyon-gerilme eğrisinde ;



ÇELİK YAPILARIN TASARIMI

- İki yöntem arasındaki farklılıklar ;
 - Yük kombinasyonlarındaki yük faktörleri.
 - Emniyet gerilmeleri yönteminde kesitteki gerilmeler incelenirken, taşıma gücü yönteminde, kesitin kuvvet ve moment taşıma kapasiteleri incelenir.
 - Emniyet gerilmeleri yönteminde elastik mukavemet momenti $-W_{el}$, taşıma gücü yönteminde plastik mukavemet momenti $-W_{pl}$ (narin kesitler haricinde) kullanılır.
 - Taşıma gücü yönteminde, elemanlar enkesit özelliklerine göre sınıflandırılır (kompak, yarı-kompak, narin vs.) ve buna göre dayanım hesapları yapılır.
 - Stabilité (burkulma vs.) ve İşletme (sehim, titreşim) koşullarının **sağlanması** ve sabit yüklerin hareketli yüklere göre daha fazla olması durumunda taşıma gücü yöntemi ile daha ekonomik kesitler elde edilebilir.

STANDART ve YÖNETMELİKLER (Türkiye)

- Türk Standardları;
 - TS 498 “Yapı Elemanlarının Boyutlandırılmasında Alınacak Yüklerin Hesap Değerleri”
 - TS 648 “Çelik Yapıların Hesap ve Yapım Kuralları”
 - TS 4561 “Çelik Yapıların Plastik Teoriye Göre Hesap Kuralları”
 - TS 3357 “Çelik Yapılarda Kaynaklı Birleşimlerin Hesap ve Yapım Kuralları”
 - DBYBHY “Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik”

STANDART ve YÖNETMELİKLER (Türkiye)



STANDART ve YÖNETMELİKLER (Avrupa)

■ Avrupa Standardları;

- EN 1990 “Eurocode-Yapı Tasarımının Temelleri”
- EN 1991-1 “Eurocode-Yapılara olan etkiler- Genel etkiler”
- EN 1991-2 “Eurocode-Yapılara olan etkiler- Köprülerdeki Trafik Yükleri”
- EN 1993-1 “Eurocode-Çelik Yapıların Tasarımı-Genel Kurallar ve Bina Kuralları”
- EN 1993-2 “Eurocode-Çelik Yapıların Tasarımı-Çelik Köprüler”
- EN 1994-1 “Eurocode-Çelik ve Beton Karma Yapıların Tasarımı-Genel Kurallar ve Bina Kuralları”
- EN 1994-2 “Eurocode-Çelik ve Beton Karma Yapıların Tasarımı-Genel Kurallar ve Köprüler için Kuralları”

STANDART ve YÖNETMELİKLER (Avrupa)

**TÜRK STANDARDI**
TURKISH STANDARD

TS EN 1990
Kasım 2002

ICS 91.010.30

EUROCADE-YAPI TASARIMININ TEMELLERİ

Eurocode - Basis of structural design

EUROPEAN STANDARD
NORME EUROPÉENNE
EUROPÄISCHE NORM

EN 1993-1-1

May 2005

ICS 91.010.30; 91.080.10

Supersedes ENV 1993-1-1:1992
Incorporating Corrigendum February 2006

English version

Eurocode 3: Design of steel structures - Part 1-1: General rules and rules for buildings

ICS 91.010.30; 91.080.10

Supersedes ENV 1993-1-1:1992
Incorporating Corrigendum February 2006

English version

Eurocode 3: Design of steel structures - Part 2: Steel Bridges

ICS 91.010.30; 91.080.10

Supersedes ENV 1993-2:1997

English version

Eurocode 8: Design of structures for earthquake resistance - Part 1: General rules, seismic actions and rules for buildings

ICS 91.010.30; 91.080.10

Supersedes ENV 1998-1:1994
ENV 1998-1-2:1994
ENV 1998-1-3:1995

English Version

Eurocode 8 - Design of structures for earthquake resistance - Part 2: Bridges

ICS 91.010.30; 91.080.10

Supersedes ENV 1998-2:1994

EUROPEAN STANDARD
NORME EUROPÉENNE
EUROPÄISCHE NORM

EN 1991-1-1

April 2002

ICS 91.010.30

Supersedes ENV 1991-2-1:1995

English version

Eurocode 1: Actions on structures - Part 1-1: General actions - Densities, self-weight, imposed loads for buildings

ICS 91.010.30

Supersedes ENV 1991-3:1995

English version

Eurocode 1: Actions on structures - Part 2: Traffic loads on bridges

ICS 91.010.30; 91.080.10; 91.080.40

Supersedes ENV 1994-1-1:1992

EUROPEAN STANDARD
NORME EUROPÉENNE
EUROPÄISCHE NORM

EN 1994-1-1

December 2004

ICS 91.010.30; 91.080.10; 91.080.40

Supersedes ENV 1994-1-1:1992

English version

Eurocode 4: Design of composite steel and concrete structures - Part 1-1: General rules and rules for buildings

ICS 91.010.30; 91.080.10; 91.080.40

Supersedes ENV 1994-2:1994

English version

Eurocode 4: Design of composite steel and concrete structures - Part 2: General rules and rules for bridges

ICS 91.010.30; 91.080.10; 91.080.40

Supersedes ENV 1994-2:1994

English version

Eurocode 8: Design of structures for earthquake resistance - Part 1: General rules, seismic actions and rules for buildings

ICS 91.010.30; 91.080.10

Supersedes ENV 1998-1:1994
ENV 1998-1-2:1994
ENV 1998-1-3:1995

English Version

Eurocode 8 - Design of structures for earthquake resistance - Part 2: Bridges

ICS 91.010.30; 91.080.10

Supersedes ENV 1998-2:1994

EN 1991-2

September 2003

Supersedes ENV 1991-3:1995

English version

Eurocode 1: Actions on structures - Part 2: Traffic loads on bridges

ICS 91.010.30; 91.080.10; 91.080.40

Supersedes ENV 1994-1-1:1992

EN 1994-1-1

December 2004

ICS 91.010.30; 91.080.10; 91.080.40

Supersedes ENV 1994-1-1:1992

English version

Eurocode 4: Design of composite steel and concrete structures - Part 1-1: General rules and rules for buildings

ICS 91.010.30; 91.080.10; 91.080.40

Supersedes ENV 1994-2:1994

English version

Eurocode 4: Design of composite steel and concrete structures - Part 2: General rules and rules for bridges

ICS 91.010.30; 91.080.10; 91.080.40

Supersedes ENV 1994-2:1994

EN 1998-2

November 2005

Supersedes ENV 1998-2:1994

English Version

Eurocode 8 - Design of structures for earthquake resistance - Part 2: Bridges

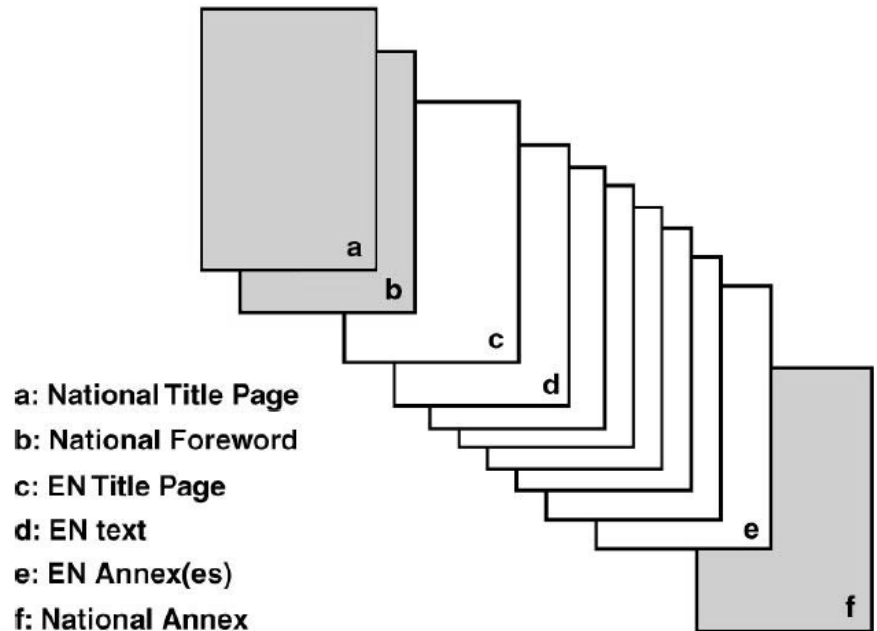
ICS 91.010.30; 91.080.10

Supersedes ENV 1998-2:1994

AVRUPA STANDARDLARI

- Avrupa birliği üyelerinin kullanmaya başladığı Eurocodes standartları, her ülkenin kendi durumlarına göre hazırlayacağı Ekler ile ülkenin kendi standardı durumuna geçmektedir. (Örneğin EN 1990, Türkiye için TS EN 1990, İngiltere için, BS EN 1990, Almanya için DIN EN 1990 olmaktadır.)

a : Ulusal kapak sayfası
b : Ulusal giriş sayfası
c~e : EN XXXX
f : Ulusal Ek



AVRUPA STANDARDLARI

■ BS EN 1990:2002

BRITISH STANDARD

Eurocode — Basis of structural design

BS EN
1990:2002
Incorporating
Amendment No. 1

BS EN 1990:2002

National foreword

This British Standard is the official English language version of EN 1990:2002, including amendment A1:2005. It supersedes BS EN 1990:1990 which is withdrawn.

The text and finish of text introduced or altered by CEN amendment is indicated in the text by tags **EN** and **EN**. Tags indicating changes to CEN text carry the number of the CEN amendment. For example, text altered by CEN amendment A1 is indicated in the text by **EN A1**.

The UK participation in its preparation was entrusted by Technical Committee B/525, Building and Civil engineering structures, to Subcommittee B/525/1, Action, loadings and basis of design, which has the responsibility to:

- aid enquirers to understand the text;
- present to the responsible international/European committee any proposals on the interpretation, or proposals for change, and keep UK members informed;
- monitor related international and European developments and promulgate them in the UK.

Where a normative part of this EN allows for a choice to be made at the national level, the range and possible choice will be given in the normative text, and a note will qualify it as a nationally determined parameter (NDP). NDPs can be a specific value for a factor, a specific level or class, a particular method or a particular application rule if several are proposed in the EN.

To make EN 1990 to be used in the UK, the NDPs will be published in a National Annex which will be incorporated by amendment into this British Standard in due course, after public consultation has taken place. A list of organisations approached on this subcommittee can be obtained on request to its secretary.

Cross-references

The British Standards which implement international or European publications referred to in this document may be found in the *BSI Catalogue* under the section entitled 'International Standards Correspondence Index', or by using the 'Search' facility of the *BSI Electronic Catalogue* or of British Standards Online.

This publication does not purport to include all the necessary provisions of a contract. Users are responsible for their correct application.

Compliance with a British Standard does not of itself confer immunity from legal obligations.

Summary of pages

This document comprises a front cover, an inside front cover, the EN title page, pages 2 to 114, an inside back cover and a back cover.

The BSI copyright date displayed in this document indicates when the document was last issued.

Amendments issued since publication

Amend. No.	Date	Comments
10229	March 2005	See national foreword

The European Standard EN 1990:2002, with the incorporation of Amendment A1:2005, has the status of a British Standard

BSI 44.002.00



This British Standard, having been prepared under the authority of the British Standards Institution, is published under the authority of the British Standards Institution and is subject to the provisions of the Copyright, Designs and Patents Act 1988.

© BSI 10 March 2005

BSI 44.002.00

EUROPEAN STANDARD
NORME EUROPÉENNE
EUROPÄISCHE NORM

EN 1990
April 2002
+A1
December 2005

1990 91 01 01 01

1990 91 01 01 01

English version

Eurocode - Basis of structural design
(includes amendment A1:2005)

Eurocode structure - Eurocode - Base de calcul des structures
(inclut l'amendement A1:2005)

Eurocode - Grundlage der Tragwerksplanung
(enthält Änderung A1:2005)

This European Standard was approved by CEN on 29 November 2001; Amendment A1:2005 was approved by CEN on 14 October 2005.

CEN members are asked to notify the BSI of any national standards which may be in conflict with this European Standard. The status of a national standard without any reference to this European Standard is not a national standard. The status of a national standard with any reference to this European Standard is not a national standard.

This European Standard exists in three official versions (English, French, German). A version in any other language made by translation under the responsibility of a CEN member into its own language and published by the national standard body of that member has the same status as the official version.

CEN members are the national standard bodies of Austria, Belgium, Czech Republic, Denmark, France, Germany, Greece, Iceland, Ireland, Italy, Luxembourg, Netherlands, Norway, Portugal, Spain, Sweden, Switzerland and United Kingdom.

BRITISH NATIONAL ANNEX

NA to
BS EN 1990:
2002

UK National Annex for Eurocode 0 — Basis of structural design



EUROPEAN COMMITTEE FOR STANDARDIZATION
COMITÉ EUROPÉEN DE NORMALISATION
EUROPÄISCHES KOMITEE FÜR NORMUNG

Management Centre, rue de la Woluwe, 62 • B-1050 Brussels

© 2002 CEN. All rights of exploitation in any form and by any means reserved, including for electronic networks.

Ref. No. EN 1990:2002 + A1:2005 E

BSI 44.002.00

NO COPYING WITHOUT THE PERMISSION OF BSI. ALL RIGHTS RESERVED BY COPYRIGHT LAW.



AVRUPA STANDARDLARI

■ Terminoloji

EN	: EuroNorm (Zorunlu standard)
ENV	: EuroNorm Voluntaire (İsteyen Ülkenin kullandığı)
prEN	: Preliminary EuroNorm (DD ile EN arasındaki aşama)
DD	: Draft for Development (Gelişme aşamasında)

STANDART ve YÖNETMELİKLER (Amerika)

- Amerikan Standardları;
 - ASCE-7 “Binalar ve diğer yapılar için minimum tasarım yükleri”
 - IBC 2003 “Uluslararası Bina Yönetmeliği
 - AISC 360-05 “Binalar için Yapısal Çelik Şartnamesi”
 - AISC 341-05 “Çelik Binalar için Sismik Koşullar”
 - AISC 325-05 “Çelik İnşaat El Kitabı” (AISC ASD/LRFD El Kitapları yerine geçti)
 - AISC Design Guides -1~ 21 (Tasarım Klavuzları)
 - AWS D1.1 “Kaynak Yönetmeliği-Çelik”
 - AASHTO “Karayolu Köprü Şartnamesi”
 - FEMA 450 “NEHRP Recommended Provisions for Seismic Regulations for New Buildings and other structures”

STANDART ve YÖNETMELİKLER (Amerika)

SEI/ASCE 7-02

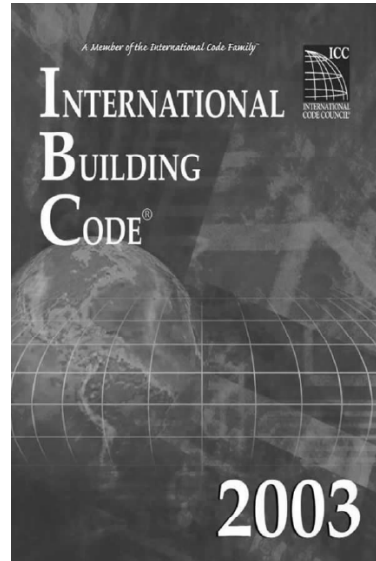
American Society of Civil Engineers

Minimum Design Loads for Buildings and Other Structures

Special Edition containing provisions
referenced in the International Building Code

Revision of ASCE 7-98

This document uses both Système International (SI) units and customary units.



AWS D1.1/D1.1M:2002
An American National Standard

Structural Welding Code— Steel



STANDARD SPECIFICATIONS FOR HIGHWAY BRIDGES SEVENTEENTH EDITION, 2002

Adopted by the American Association of State Highway and Transportation Officials



ANSI/AISC 360-05
An American National Standard

Specification for Structural Steel Buildings

March 9, 2005

Supersedes the *Load and Resistance Factor Design Specification for Structural Steel Buildings* dated December 27, 1999, the *Specification for Structural Steel Buildings—Allowable Stress Design and Plastic Design* dated June 1, 1989, including Supplement No. 1, the *Specification for Allowable Stress Design of Single-Angle Members* dated June 1, 1989, the *Load and Resistance Factor Design Specification for Single Angle Members* dated November 10, 2000, and the *Load and Resistance Factor Design Specification for the Design of Steel Hollow Structural Sections* dated November 10, 2000, and all previous versions of these specifications.

Approved by the AISC Committee on Specifications and issued by the
AISC Board of Directors



AMERICAN INSTITUTE OF STEEL CONSTRUCTION, INC.
One East Wacker Drive, Suite 700
Chicago, Illinois 60601-1802



Program on
Improved Seismic Safety
Provisions

2003 Edition

Note: The June 6, 2006 ERRATA has been incorporated into this document.

NEHRP RECOMMENDED PROVISIONS FOR SEISMIC REGULATIONS FOR NEW BUILDINGS AND OTHER STRUCTURES (FEMA 450)

Part 1: Provisions

Steel Design Guide

Base Plate and Anchor Rod Design

Second Edition

JAMES M. FISHER, Ph.D.
Computerized Structural Design
Milwaukee, WI

LAWRENCE A. KLOIBER
Lafayette Steel Company
Minneapolis, MN

ANSI/AISC 341-
ANSI/AISC 341-1-
An American National Standard

Seismic Provisions for Structural Steel Building Including Supplement No. 1

Seismic Provisions for Structural Steel Buildings dated March 9, 2005
and Supplement No. 1 dated November 16, 2005

Supersedes the *Seismic Provisions for Structural Steel Buildings*
dated May 21, 2000,
and all previous versions

Approved by the
AISC Committee on Specifications and
issued by the AISC Board of Directors



AMERICAN INSTITUTE OF STEEL CONSTRUCTION, INC.
One East Wacker Drive, Suite 700
Chicago, Illinois 60601-1802

STANDART ve YÖNETMELİKLER (Rusya)

■ Rus Standardları;

– SNIP 2.01.07-85
“Yükler ve Etkiler”

– SNIP II-23-81
“Çelik Yapılar”

– SNIP II-7-81
“Sismik Bölgelerde
İnşaat”

State Building Committee of USSR (Gostroi of USSR)	Building codes and standards	SNIP 2.01.07-85*
	Loads and effects	Instead of SNIP II-6-74

Issued by Kucherenko CNIISK of Gosstro of USSR	Approved by the order No. 135 of the State Building Committee of USSR of 29.08.85	Valid from 01.01.87
---	---	---------------------

Applying to design of building structures and foundations, the present norms define basic rules and regulations of dead and live loads and effects as well as their combinations. Loads and effects on non-standard building structures and foundations are allowed to be calculated under some special technical conditions.

Note 1: 1. Further on, wherever it is possible, the term “effect” is omitted and substituted with the word “load” as well as “buildings and structures” are substituted with “structures”.
2. In the case of reconstruction design loads to be calculated according to examination results of the existing structures. At the same time, atmospheric loads may be adopted in accordance with the data provided by the State Hydrometeorological Committee.

Госстрой СССР	Строительные нормы и правила	СНиП II-23-81*
	Стальные конструкции	Взамен СНиП II-B.3-72; СНиП II-И.9-62; СН 376-67

1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

СНиП II-7-81*

СТРОИТЕЛЬНЫЕ НОРМЫ И ПРАВИЛА

СТРОИТЕЛЬСТВО В СЕЙСМИЧЕСКИХ РАЙОНАХ

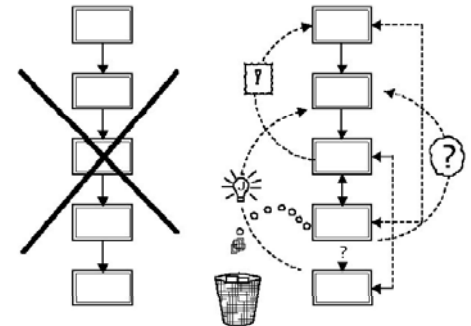
СНиП II-7-81*

ГОССТРОЙ РОССИИ

МОСКВА 2000

ÇELİK YAPILARIN TASARIMI

- Yapıların tasarımı genel olarak yinelemeli (iteratif) bir çalışma olup aşağıdaki aşamalardan oluşmaktadır ;
 - 1) Yapı malzemesinin ve taşıyıcı sisteminin belirlenmesi,
 - 2) Yüklerin belirlenmesi
 - 3) Yapısal analizlerin gerçekleştirilmesi
 - 4) Elemanların boyutlandırılması
 - 5) Servis koşullarının kontrolleri
 - 6) Bağlantı detayları



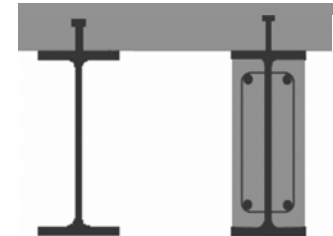
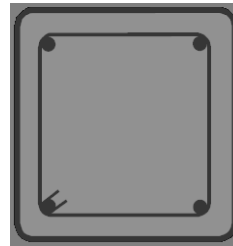
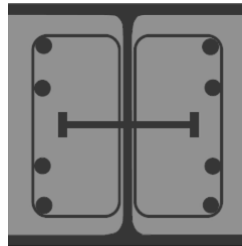
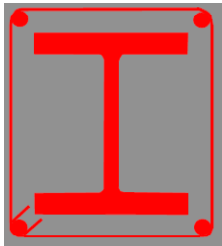
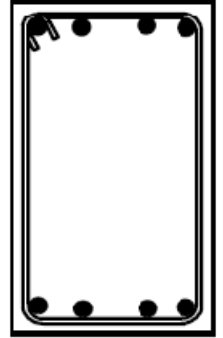
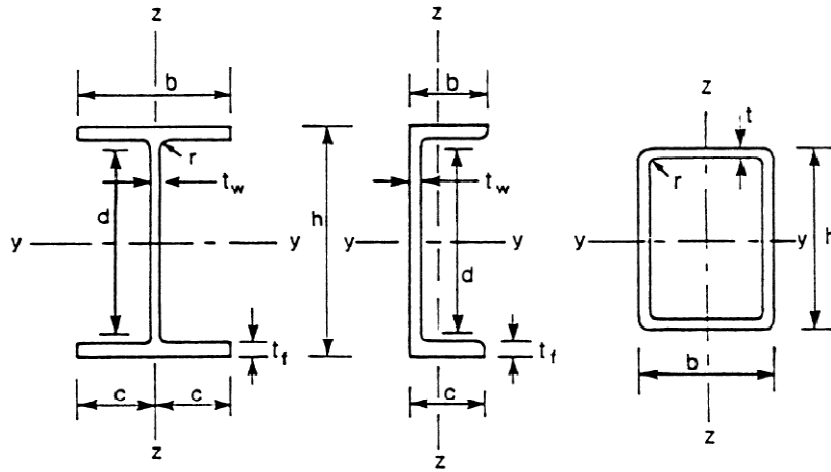
MALZEME

■ Taşıyıcı sistem malzemeleri ;

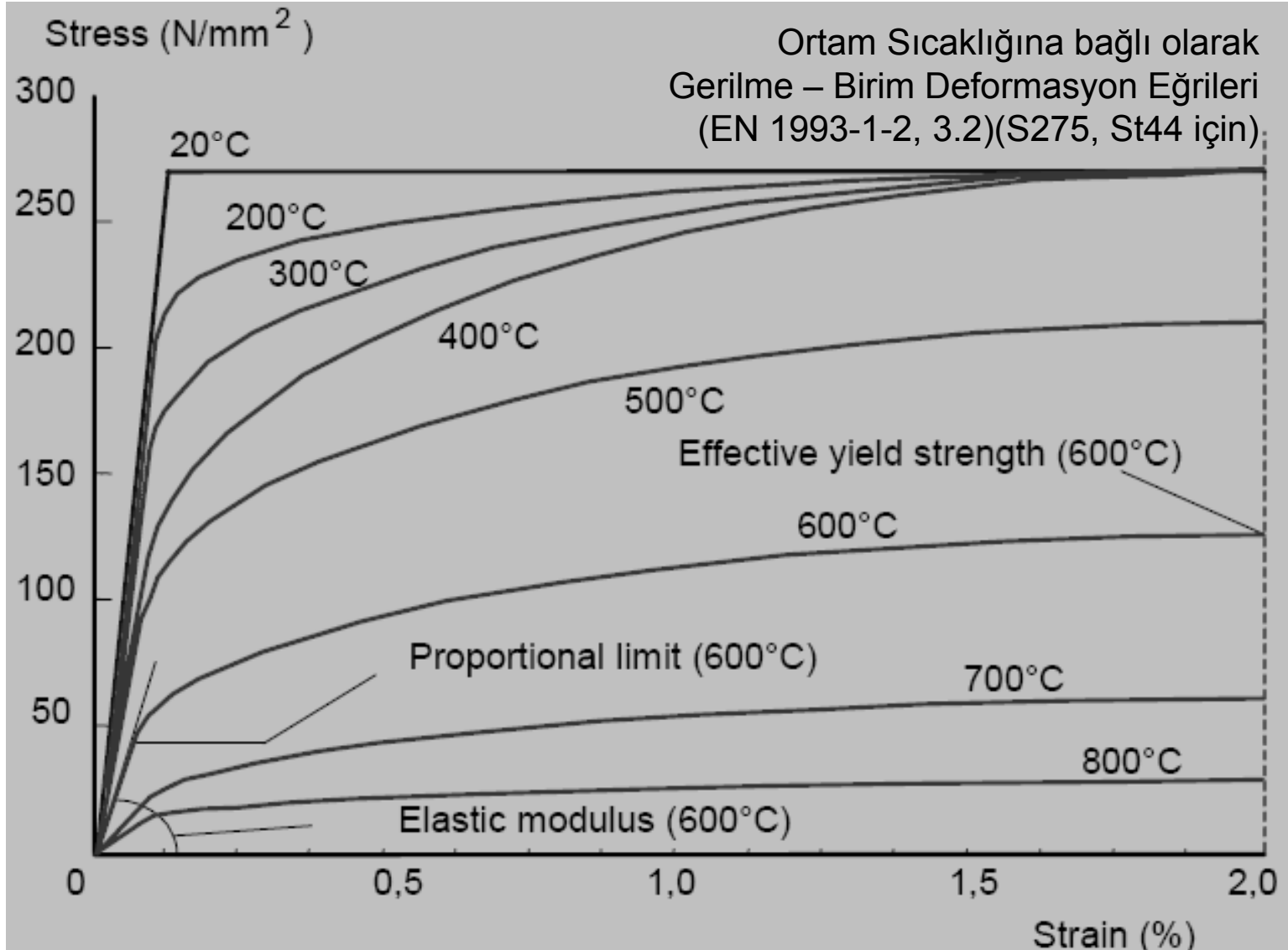
– Betonarme

– Çelik

– Çelik-Betonarme Kompozit (Karma)



MALZEME-ÇELİK



MALZEME-ÇELİK

- Çelik Akma (f_y) ve Kopma (f_u) Dayanımları ;

Çelik Sınıfı	Kalınlık, t (mm)			
	t < 40		40 < t 100	
	f_y , MPa	f_u , MPa	f_y , MPa	f_u , MPa
S275	275	390	255	370
S355	355	490	335	470
S235	235	360	215	340

TAŞIYICI SİSTEMİN BELİRLENMESİ

- Ülkemizin büyük bir bölümü şiddetli depremler yaratacak faylar üzerinde yer almaktadır.
- Bu nedenle taşıyıcı sistemlerin tasarımında “Depreme Dayanıklı Yapı Tasarımı” konusu önem kazanmaktadır.
- Taşıyıcı sistem elemanlarının tasarılabilmesi yapıyı ayakta tutacak bu elemanların bir düzen içerisinde yerleştirmesi ile ilgili konudur.

TAŞIYICI SİSTEMİN BELİRLENMESİ

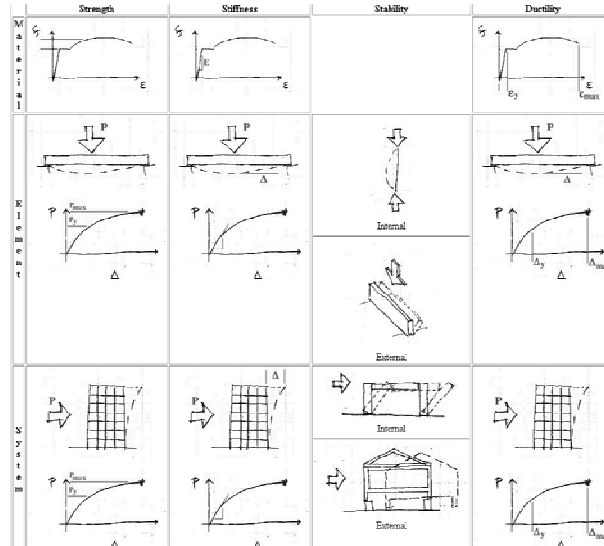
- Yani sadece kolon, kiriş, perde, döşeme veya merdiven gibi elemanları boyutlandırmak tek başına yeterli değildir.
- Bu elemanların planda ve düşeyde nasıl birleştirildikleri ve birleşim noktalarının nasıl detaylandırıldığı, konu deprem gibi yapıda dinamik kuvvetler oluşturan yükler olduğunda çok daha önemlidir.

TAŞIYICI SİSTEMİN BELİRLENMESİ

- Depreme dayanıklı yapı tasarımında sağlanması gereken üç koşul vardır.
 - Dayanım (Strength)
 - Rijitlik, sınırlı yanal ötelenme (Stiffness)
 - Süneklilik (Ductility)
 - Stabilité (Stability)

TAŞIYICI SİSTEMİN BELİRLENMESİ

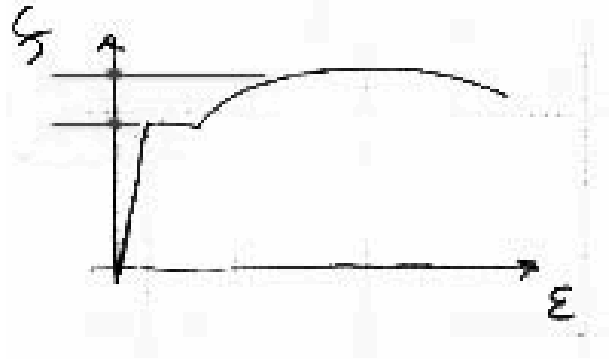
- Taşıyıcı Sistemi oluşturan elemanların ve bunların malzemeleri ile ilgili olarak da aynı koşulların sağlanabilmesi gereklidir. Yukarıda ki kavramları malzeme, eleman ve sistem bazında özetleyecek olursak;



TAŞIYICI SİSTEMİN BELİRLENMESİ

■ Malzeme Açısından;

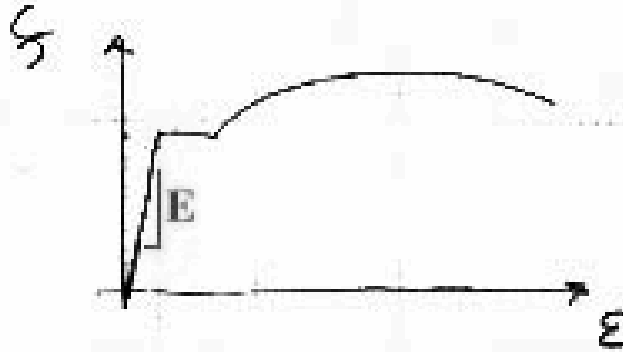
- Dayanım (Strength); Belli bir gerilme değerini aştıktan sonra malzemenin yük taşıma kapasitesinde kalıcı ve önemli değişim olduğunun göstergesidir. Bu gerilme akma gerilmesi yada kopma gerilmesi olabilir.



TAŞIYICI SİSTEMİN BELİRLENMESİ

■ Malzeme Açısından;

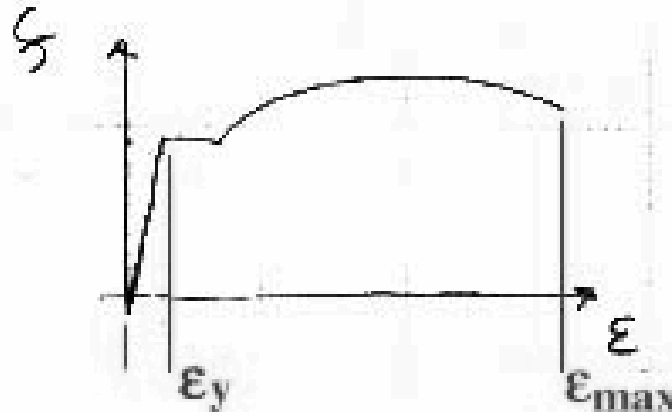
- Rijitlik (Stiffness); Malzemenin Elastik Modulus, (E =gerilme/birim deformasyon) değeri kabul edilir. Yani malzemenin elastik sınırlar içerisinde birim deformasyon yapması için gerekli gerilmedir.



TAŞIYICI SİSTEMİN BELİRLENMESİ

■ Malzeme Açısından;

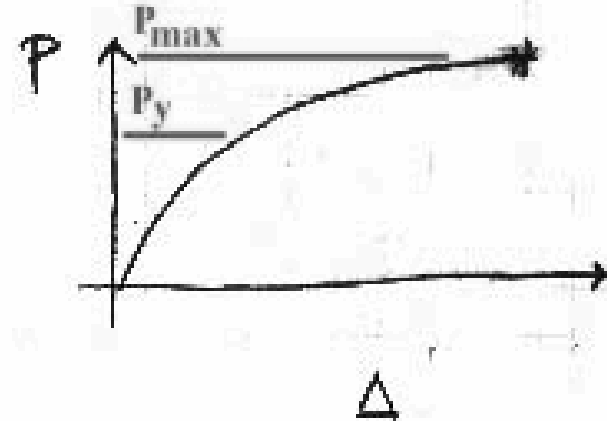
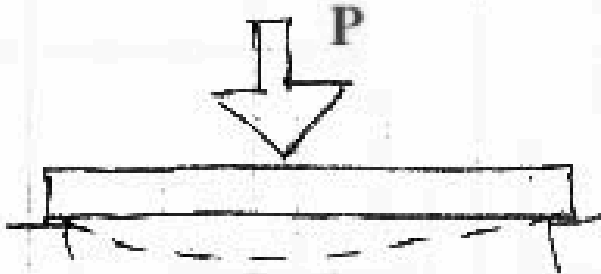
- Süneklilik(Ductility); Malzemenin kopma-göçme durumunda ölçülen inelastik birim deformasyonun, elastik birim deformasyonuna oranıdır.



TAŞIYICI SİSTEMİN BELİRLENMESİ

■ Taşıyıcı Sistem Elemanı Açısından;

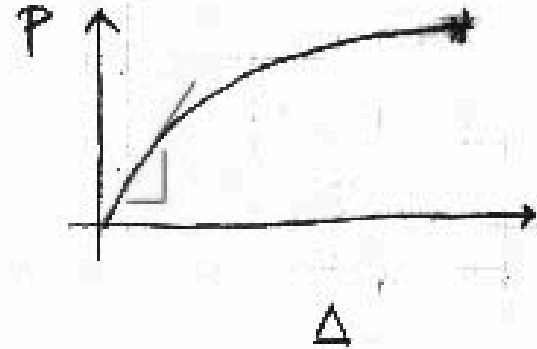
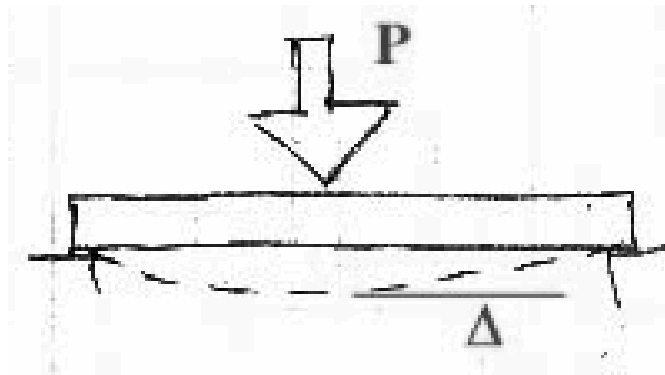
- Dayanım (Strength); Belli bir yük değerini aştıktan sonra elemanın tasarımına göre göçmesi yada belli bir hasar mertebesine ulaşmasıdır. Örneğin bir kirişin göçmeden/kırılmadan taşıyabileceği maksimum yayılı yük miktarı o kirişin dayanımıdır.



TAŞIYICI SİSTEMİN BELİRLENMESİ

■ Taşıyıcı Sistem Elemanı Açısından;

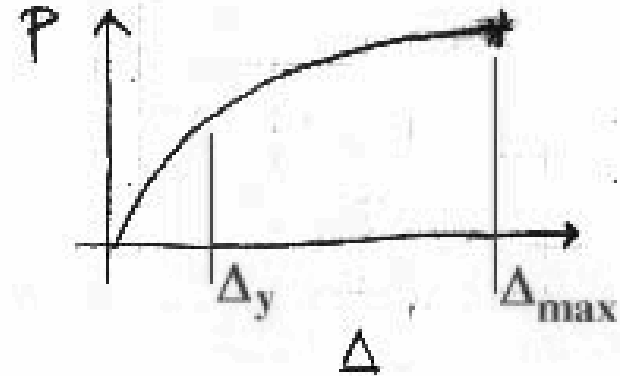
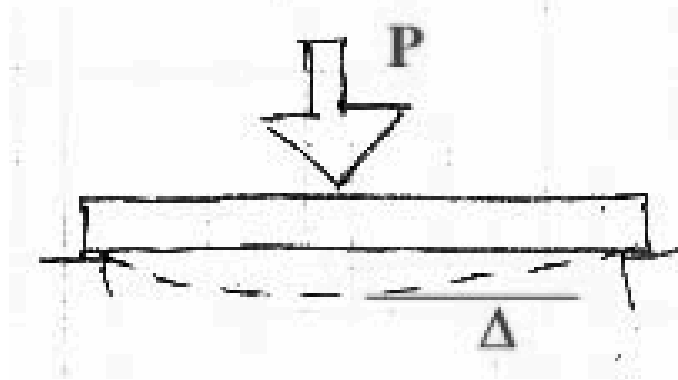
- Rijitlik (Stiffness); Belli bir yük altında elemanın herhangi bir yerinde görülen deplasman-ötelenmedir. Çoğunlukla maksimum deplasman-ötelenme değeridir.



TAŞIYICI SİSTEMİN BELİRLENMESİ

■ Taşıyıcı Sistem Elemanı Açısından;

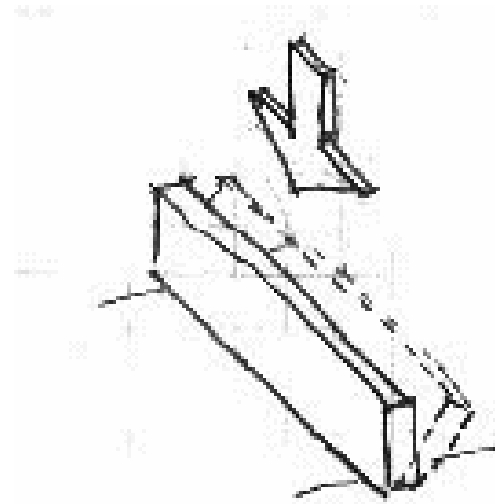
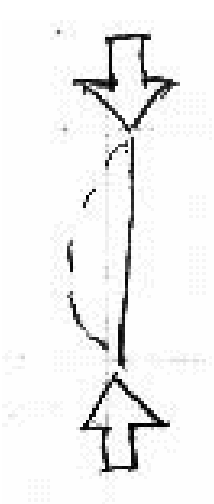
- Süneklilik(Ductility); Elemanın göçme veya yıkılma durumuna kadar karşılayabildiği inelastik deformasyondur. Malzemede olduğu gibi göçme durumundaki inelastik deformasyonun akma durumundaki elastik deformasyona oranıdır.



TAŞIYICI SİSTEMİN BELİRLENMESİ

■ Taşıyıcı Sistem Elemanı Açısından;

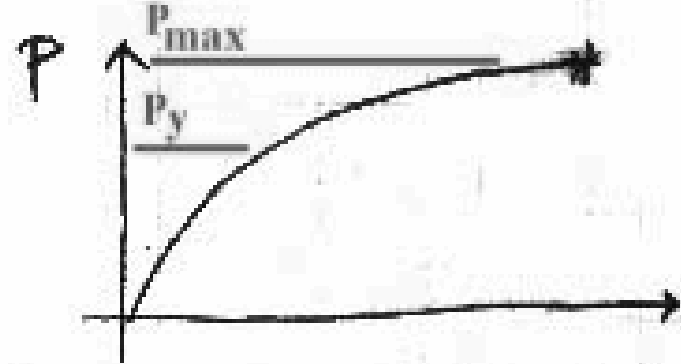
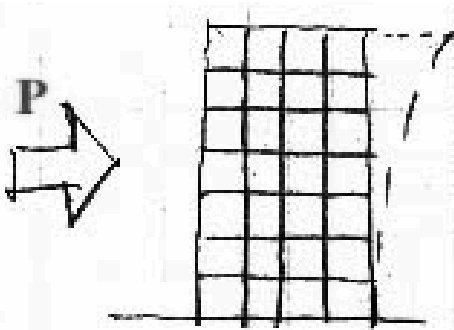
- Stabilite(Stability); Elemanın şeklini ve pozisyonunu korumasıdır. Örneğin bir kablounun aksenal basınç altında şeklinin bozulması, belli bir basınç altında bir kolonun burkulması, bir kirişin yanal burkulması vs. gibi.



TAŞIYICI SİSTEMİN BELİRLENMESİ

■ Taşıyıcı Sistem Açısından;

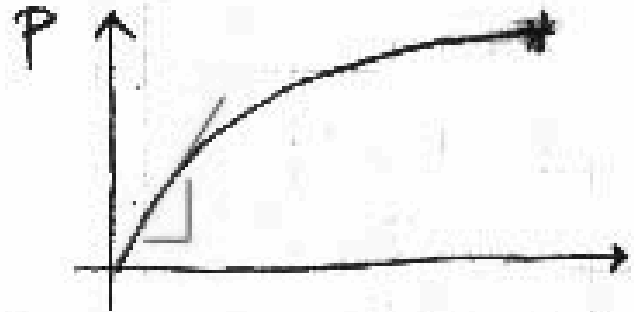
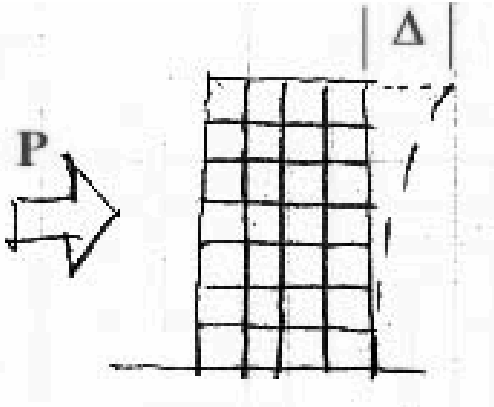
- Dayanım (Strength); Belli bir hasar seviyesine (kalıcı deformasyon yada göçme gibi) ulaşmadan, sistemin taşıyabileceği yük miktarıdır. İyi tasarlanmış bir yapı, bir çok elemanda ciddi hasar oluşmasına rağmen yük taşımaya devam edip ayakta kalabilmektedir.



TAŞIYICI SİSTEMİN BELİRLENMESİ

■ Taşıyıcı Sistem Açısından;

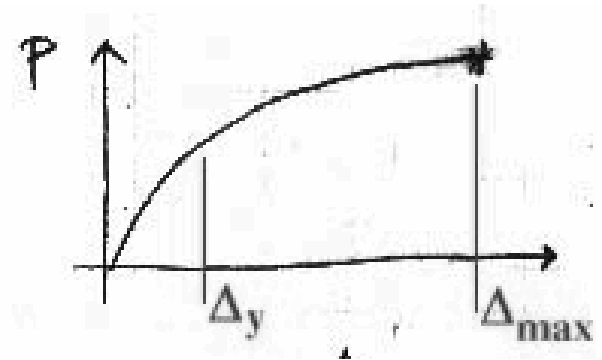
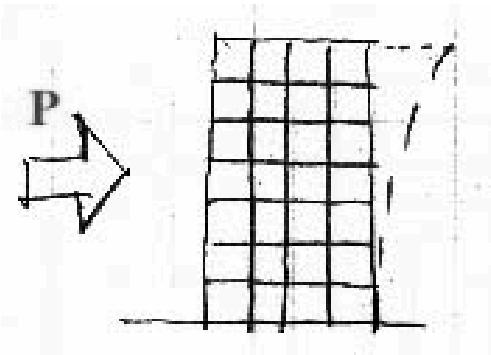
- Rijitlik (Stiffness); Yük altında sistemin herhangi bir bölgesinde görülen deplasman-ötelenmedir. Örneğin, çok katlı bir yapıda rüzgardan veya depremden dolayı en üst katta oluşan ötelenme, bir köprünün açıklık ortasında düşey yüklerden dolayı oluşan düşey deplasman gibi.



TAŞIYICI SİSTEMİN BELİRLENMESİ

■ Taşıyıcı Sistem Açısından;

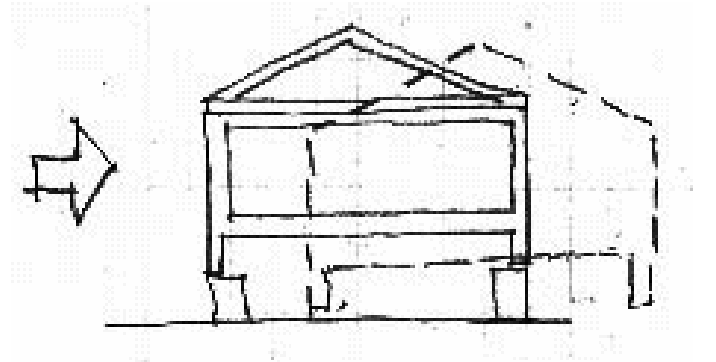
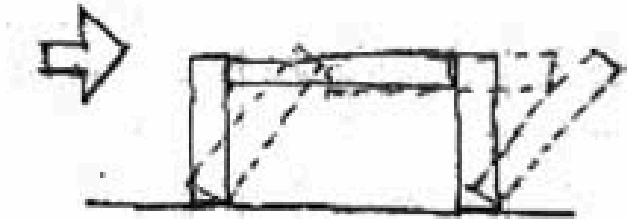
- Süneklilik(Ductility); Sistemin göçme veya yıkılma durumuna kadar karşılayabildiği inelastik deformasyondur. Süneklilik özetle, taşıma gücünde önemli bir azalma olmadan enerji tüketebilme yeteneğidir. Deprem yönetmeliğimizde, yapı elemanların sünek davranarak yeterli enerjiyi tüketebilecekleri varsayımı ile, öngörülen deprem kuvvetleri R (Taşıyıcı Sistem davranış katsayısı, Süneklilik Katsayısı) ile bölünerek azaltılmaktadır.



TAŞIYICI SİSTEMİN BELİRLENMESİ

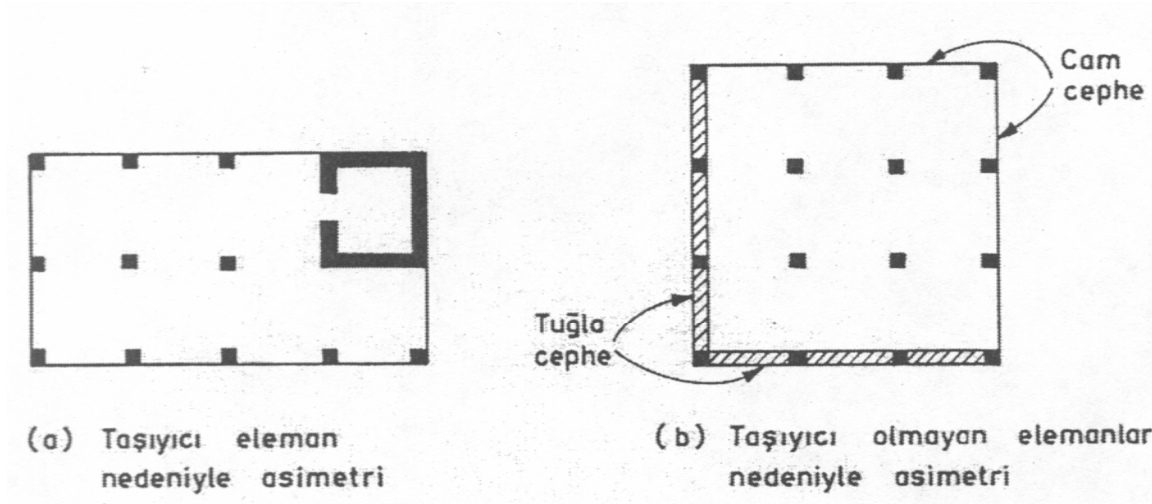
■ Taşıyıcı Sistem Açısından;

- Stabilite(Stability); Sistemin şeklini ve pozisyonunu korumasıdır. Örneğin yatay yükler altında, deprem, rüzgar gibi, yapının bütün olarak kayması; çaprazsız mafsallı bağlantılı bir çerçevenin yatay yük altında devrilmesi gibi.



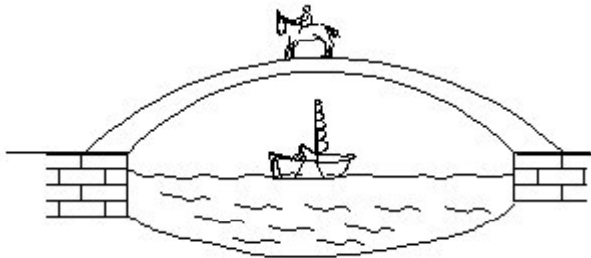
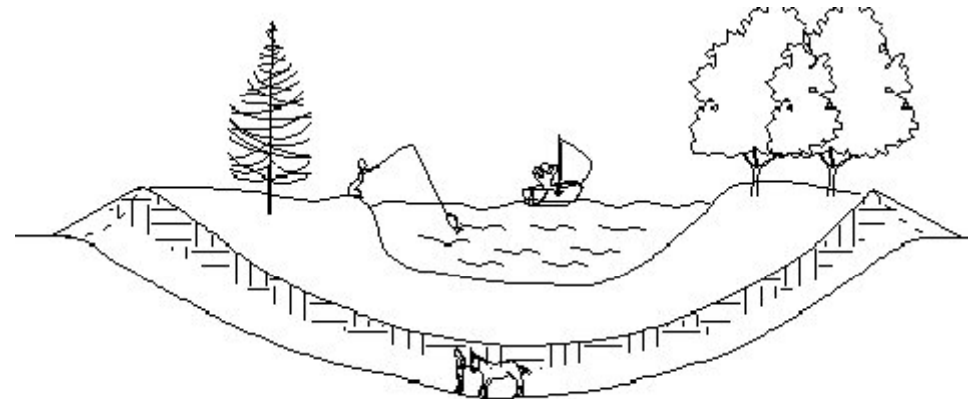
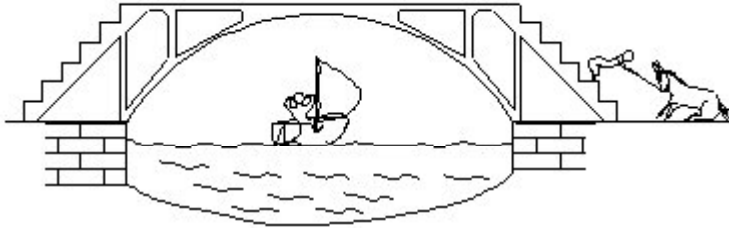
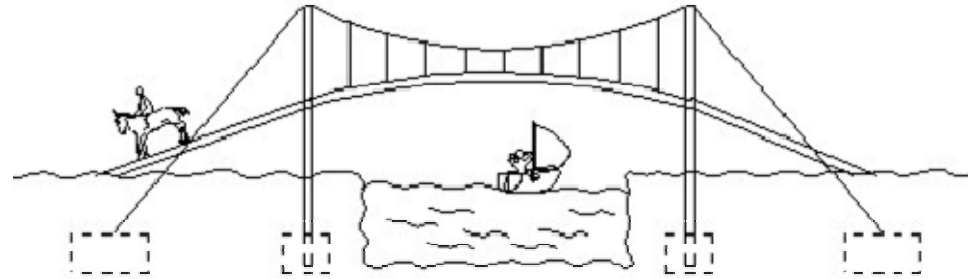
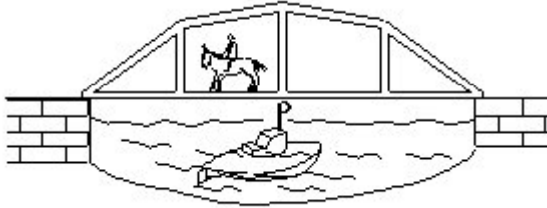
TAŞIYICI SİSTEMİN BELİRLENMESİ

- Taşıyıcı sistemi tasarlandırken dikkat edilecek en önemli nokta, sistem çeşidi her ne olursa olsun, sistemin planda simetri (yapıda simetri aksları) oluşturacak şekilde kurulmasıdır.
- İyi tasarlanılmış yapılarda bu şartın yanı sıra düşey yüklerin de yapı planında simetri oluşturmalarına özen gösterilmelidir. (Örneğin duvarların simetrisi.)



TAŞIYICI SİSTEMİN BELİRLENMESİ

- Taşıyıcı sisteminin belirlenmesinde;
 - Fonksiyonel ihtiyaçlar (kullanım amacı ve yerleşimi)



Kaynak: http://www.kuleuven.be/bwk/materials/Teaching/master/wg01b/I0100.htm#SEC_1

TAŞIYICI SİSTEMİN BELİRLENMESİ

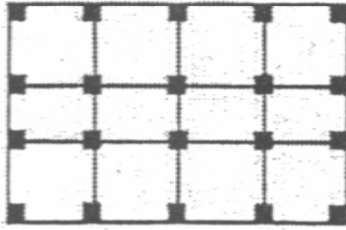
- Ekonomik zorunluluklar (malzeme ve işçilik maliyetleri vs.)
- Servis/işletme durumu gereklilikleri
- Estetik kaygılar (mimari ve statik sistemin uyumu)
- İşveren istekleri (minimum inşaat süresi, mevcut malzemelerin kullanımı, vs.)
- Standart ve Yönetmelikler

gözönüne alınır.

TAŞIYICI SİSTEMİN BELİRLENMESİ

- Bina türü yapılar için Taşıyıcı sistemler;
 - Çerçeve Sistemler (moment aktarabilen bağlantılardan oluşmuş)
 - Perdeli Sistemler (çelik çaprazlı)

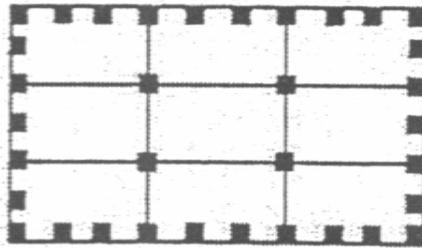
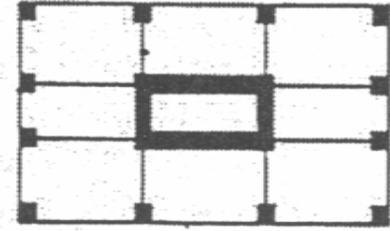
TAŞIYICI SİSTEMLER



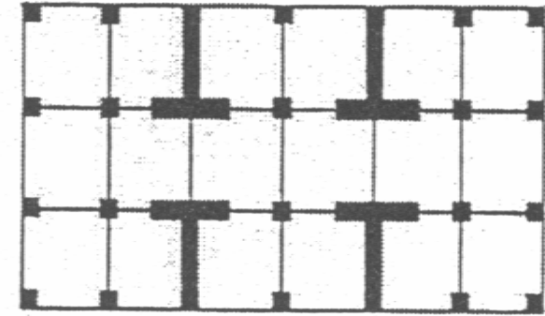
Çerçeve



Duvar



Tüp



Karma sistemler

TAŞIYICI SİSTEM-ÇERÇEVELİ SİSTEMLER

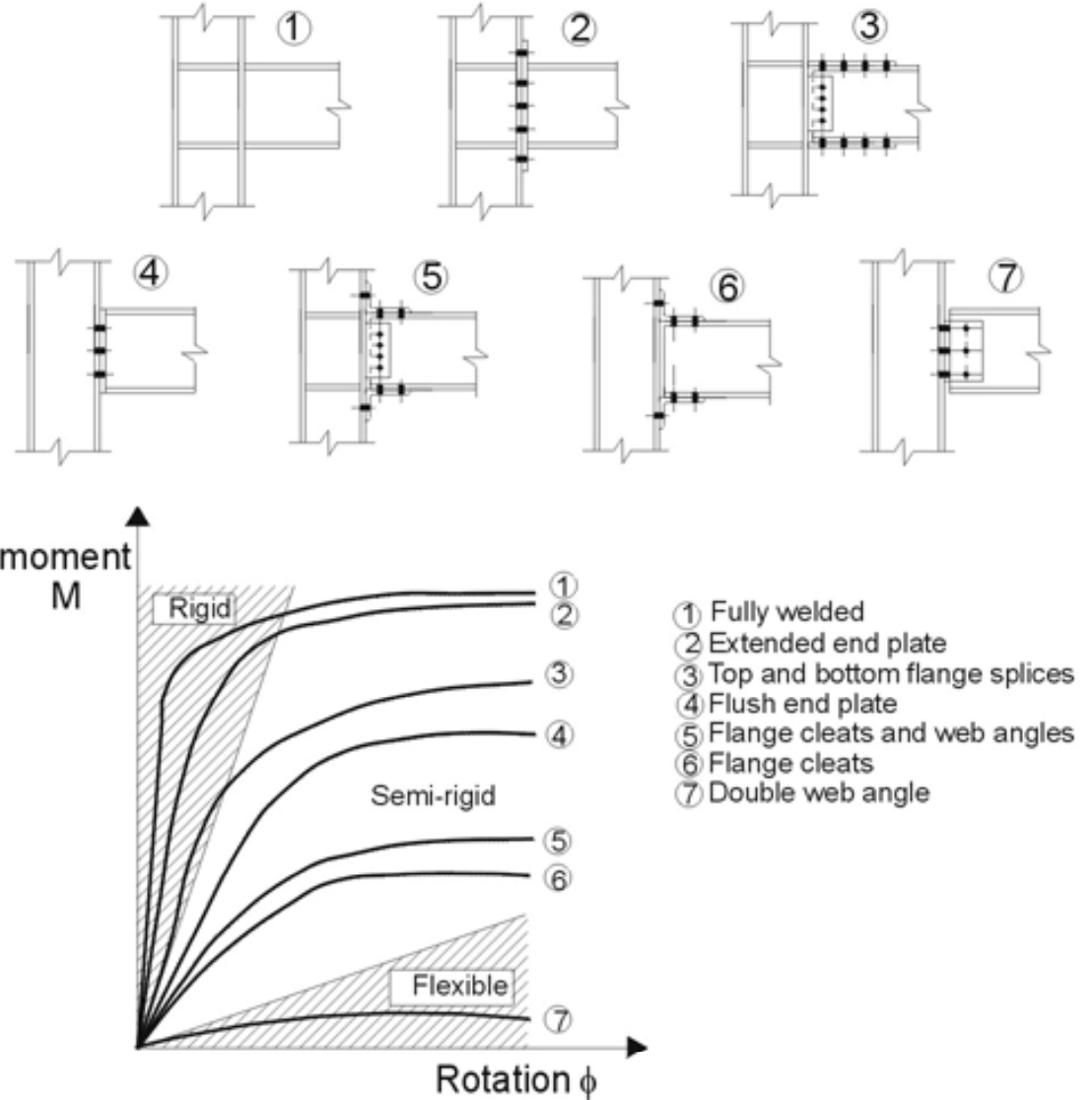
- Yatay ve Düşey yüklerin, kolon ve kiriş tarafından çerçeve oluşturarak karşılanmasına göre tasarlanan sistemlerdir.
- Ülkemizde bugüne kadar sadece fabrika ve endüstri yapılarında kullanılmış olmasına karşın, betonarme yapılara göre daha hafif ve inşaatın daha hızlı olması avantajları ile yaygınlık kazanmaktadır.

TAŞIYICI SİSTEM-ÇERÇEVELİ SİSTEMLER

- Kolon ve Kiriş bağlantı noktaları rijit kabul edilir (moment aktarabilen düğüm noktaları) ve buna göre boyutlandırılır.
- Çelik çerçeve sistemlerde kolon-kiriş bağlantıları tasarım ve montaj açısından kritik noktadır. Çünkü çerçeve davranışı için gerekli olan kolon-kiriş birleşiminin rijitliğidir.
- Çerçeve sistemler daha fazla yatay rijitlik sağlamak için, çelik çaprazlı perde sistemler ile karma olarak kullanılabilir.

KOLON-KİRİŞ BİRLEŞİMLERİ

- Kolon-Kiriş Birleşimlerinde deneysel Moment-Eğrilik ilişkileri ;



TAŞIYICI SİSTEM-ÇERÇEVELİ SİSTEMLER

- Kolon ve Kiriş rijitlikleri doğru oranlarda tasarıldığında yani “kiriş mekanizması” tercih edildiğinde ve bağlantıların eleman kapasitesinden fazla olması durumunda, yatay yük taşıyıcı sistemler içerisinde sünekliliği en yüksek sistemdir.
- Çerçeve sistemlerde sünekliliğin fazla olabilmesine karşın, yeterli rijitlik sağlanamaz ise yanal ötelenmeler kolonlarda ikinci mertebe momentler oluştururlar. Dolayısı ile sistemin yanal ötelenmesi sınırlanmalıdır.

TAŞIYICI SİSTEM-ÇERÇEVELİ SİSTEMLER

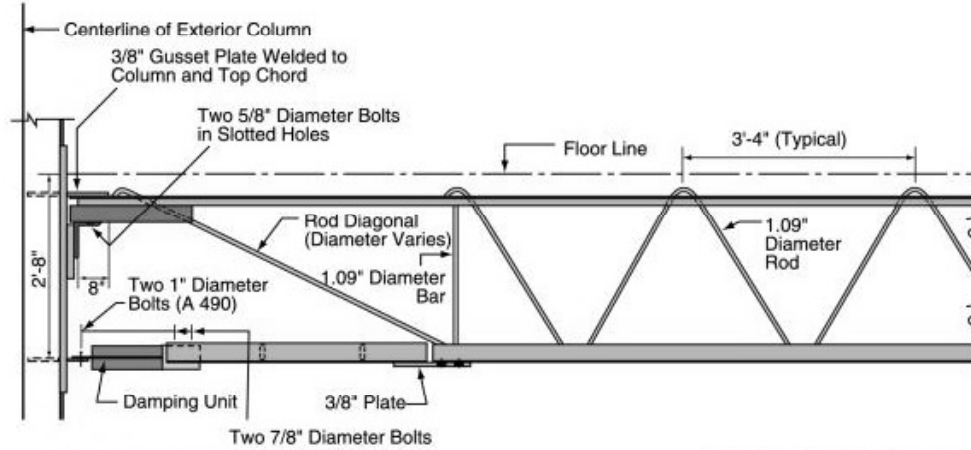


TAŞIYICI SİSTEM-ÇERÇEVELİ SİSTEMLER



Dünya Ticaret Merkezi, WTC-1, Tüp sistem

Detail A – Exterior Wall End Detail



Detail B – Interior Wall End Detail

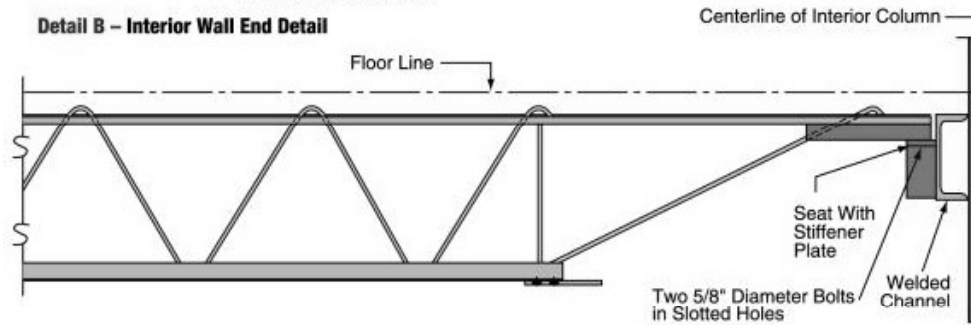


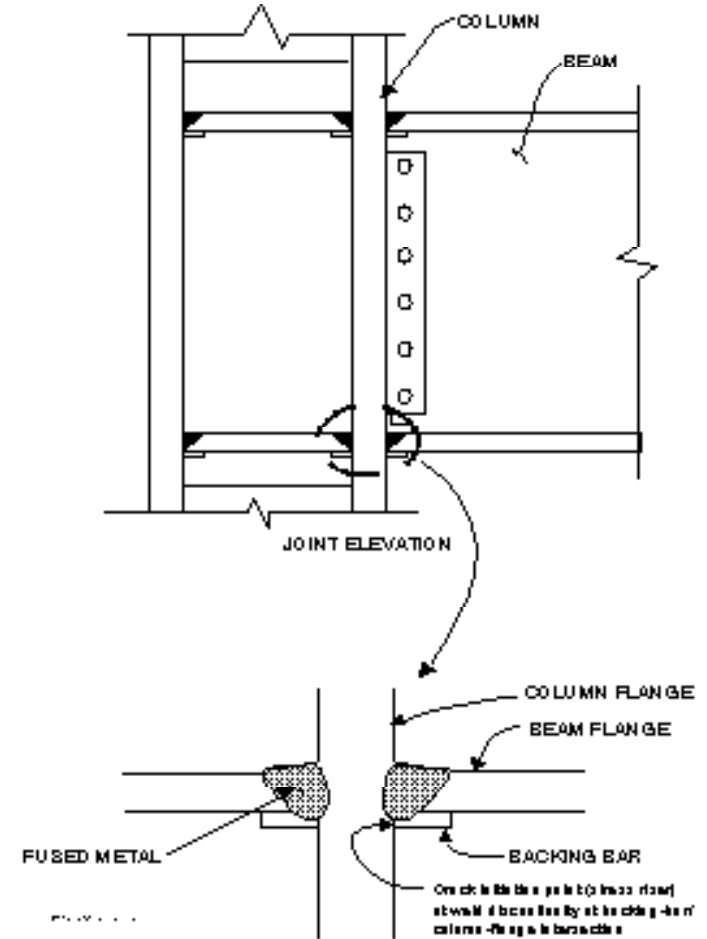
Figure 2-6 Floor truss member with detail of end connections.

TAŞIYICI SİSTEM-ÇERÇEVELİ SİSTEMLER



Dünya Ticaret Merkezi, WTC-1, Tüp sistem

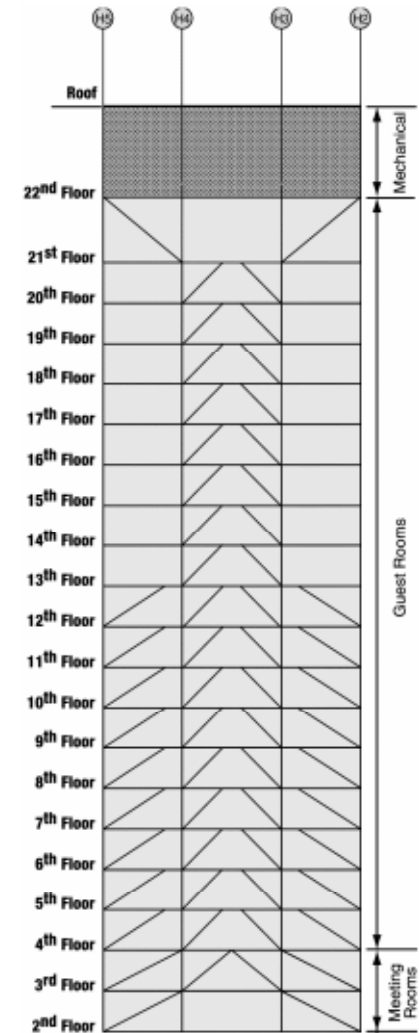
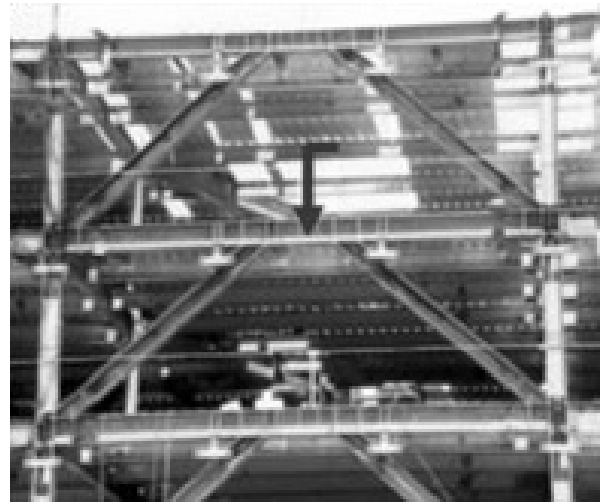
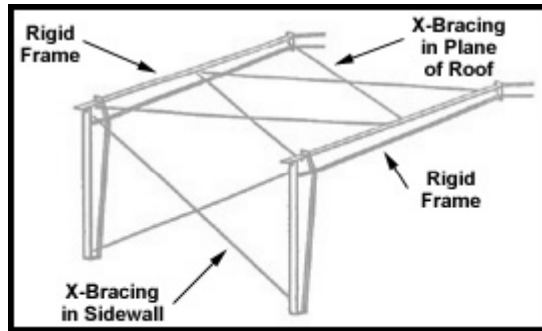
TAŞIYICI SİSTEM-ÇERÇEVELİ SİSTEMLER



TAŞIYICI SİSTEM-PERDELİ SİSTEMLER

- Çelik yapılarda çoğunlukla rijit kolon-kiriş birleşimleri yerine mafsallı bağlantılar kullanılır. Bu durumda sistemin yatay kuvvetleri karşılaması için çapraz bağlantı elemanları kullanılır.
- Bu tür bağlantılar, çaprazı oluşturan kiriş-kolon-diyagonal elemanların akslarının çakışması (merkezi) yada çakışmaması (dış merkezli) durumuna göre değişebilir.

TAŞIYICI SİSTEM-PERDELİ SİSTEMLER



WTC-3 Binası

Lobby
Below

TAŞIYICI SİSTEM-PERDELİ SİSTEMLER



Hotel De Las Artes, Barcelona, İspanya, 45
Katlı, 1992



DÖŞEME SİSTEMLERİ

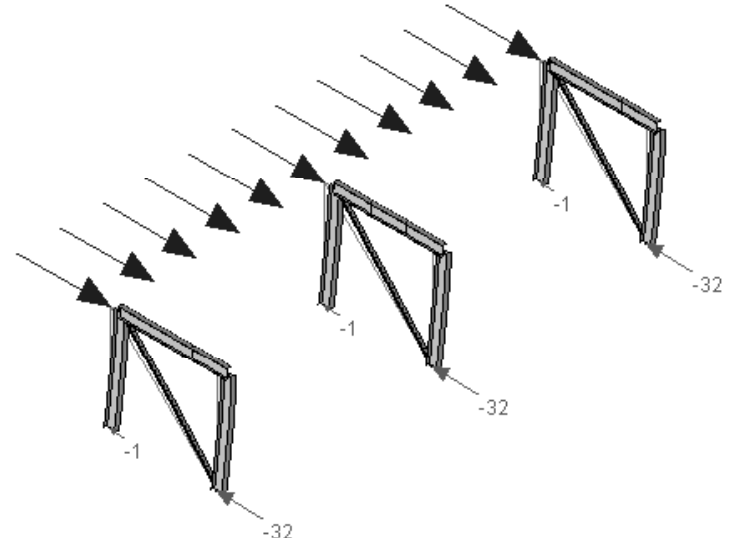
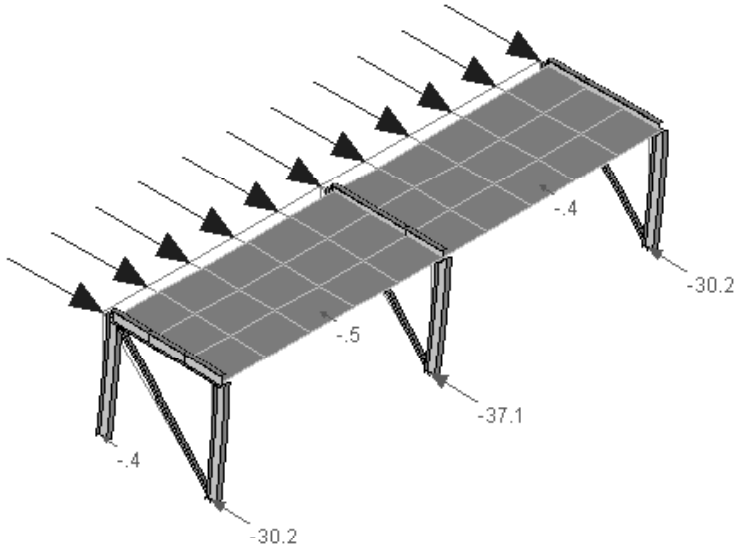
- Perdeli sistemlerde önemli bir nokta ise döşemelerin kendi düzlemlerindeki rijitlikleridir.
- Çünkü yatay kuvvetleri yatay yük taşıyıcı sistemine aktaran elemanlar döşemelerdir.
- Eğer döşeme rijitliği perde sistemin rijitliğinden çok daha az ise (esnek döşeme-flexible diaphragm) bu durumda perdeler, sadece kendi doğrultularındaki çerçevelerin deprem kuvvetlerini döşemeden alabilirler.

DÖŞEME SİSTEMLERİ

- Döşemenin rijitliği perde sistemine göre daha büyük ise (rijit diyafram-rigid diaphragm), perdeler deprem kuvvetlerini rijitlikleri oranında paylaşırlar.
- Bu durum özellikle perde-çerçeve sistemlerinin bir arada kullanıldığı karma sistemlerde çok önemlidir ve döşemenin rijitliğini arttıracak önlemler alınmalıdır. (döşemedeki boşlukların sınırlandırılması ve deprem tasarımında dikkate alınması, çelik/ahşap yapılarda kompozit döşeme yada çerçeveleri birbirine bağlayan yatay çaprazların kullanılması gibi.)

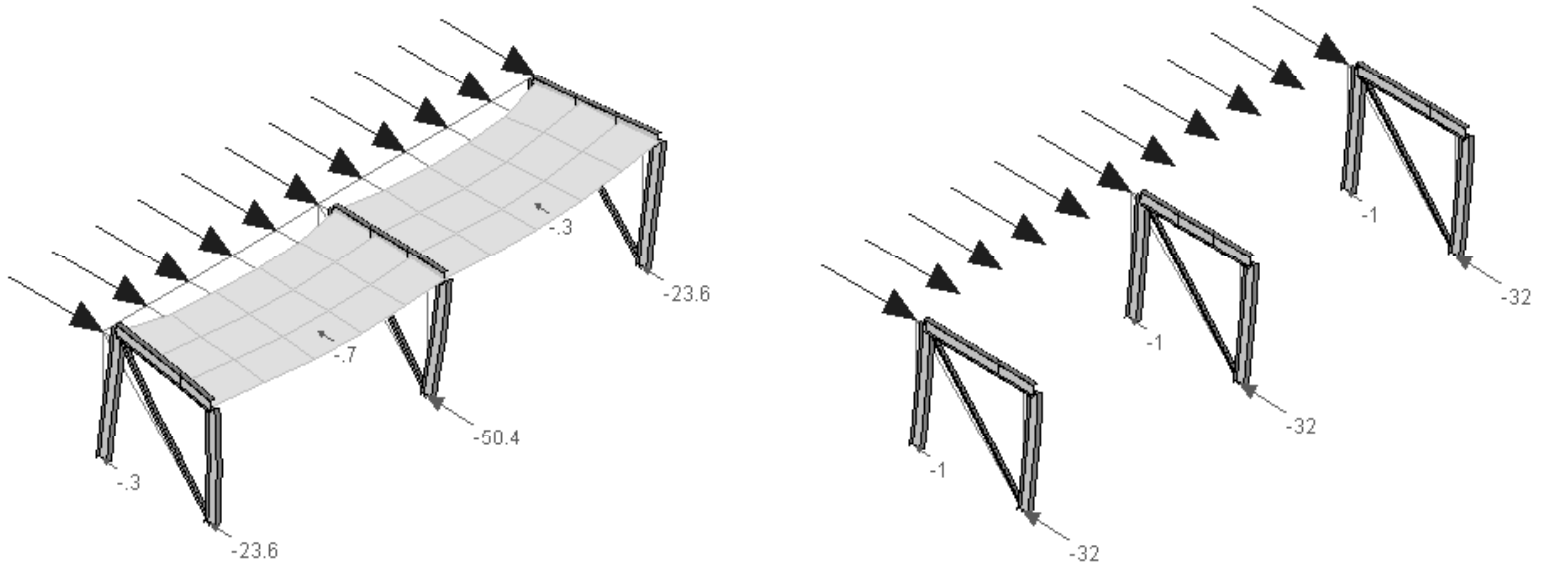
DÖŞEME SİSTEMLERİ-RİJİT DİYAFRAM

- Görüldüğü gibi yatay kuvvetler, ideal rijit döşemede yatay kuvvet taşıyıcı sistemlerinin rijitlikleri oranında (bu durumda eşit olarak) çerçevelere-perdelere dağıtılmaktadır.
- Betonarme döşeme durumunda da yaklaşık olarak aynı sonuçlar çıkmaktadır.
- Bu nedenle betonarme döşemeler doğru tasarlandığında ideal rijit diyafram görevi görürler.



DÖŞEME SİSTEMLERİ-ESNEK DİYAFRAM

- Aşağıda esnek diyafram döşeme (burada esnek ve rijitlik döşeme kavramlarının yatay kuvvet taşıyıcı sistemin rijitliğine bağlı olduğunu unutmamalıyız) ile ideal rijit diyafram deforme şekli gösterilmiştir.



- Görüldüğü gibi yatay kuvvetler, esnek diyafram döşeme durumunda rijitlikleri oranında değil, efektif yük alanları oranında çerçevelere-perdelere aktarılmıştır.

YÜKLERİN BELİRLENMESİ

- Çelik yapıların tasarımında dikkate alınan yükler;
 - Sabit Yükler
 - Hareketli Yükler
 - Kar Yüğü
 - Sıcaklık Farkı Etkileri
 - Rüzgar Yükleri
 - Deprem Yüğü

- Analizlerde kullanılacak yük değeri, tasarımda kullanılacak standard/yönetmeliklerle uyumlu olmalıdır.

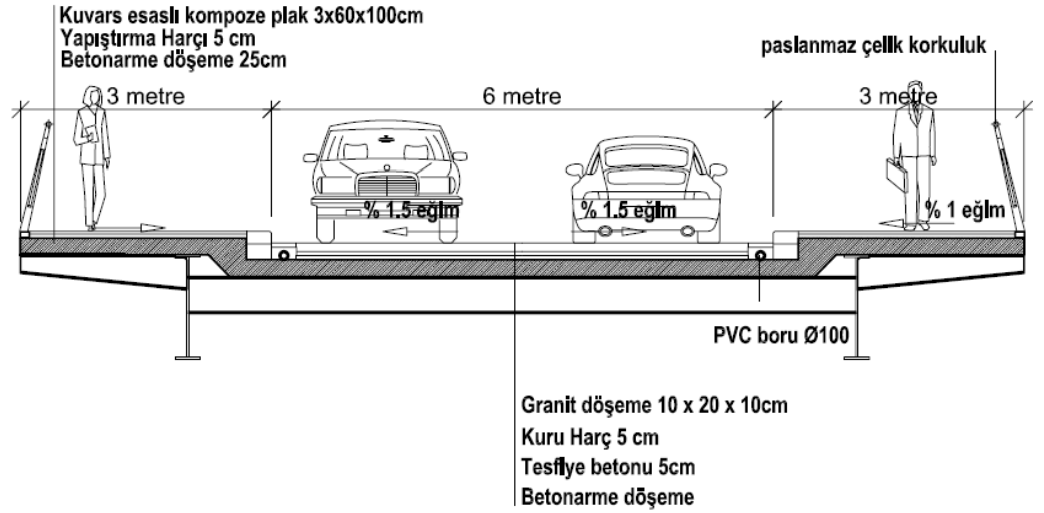
SABİT YÜKLER

- Yapının inşaatında kullanılan tüm sabit malzemelerin oluşturduğu kalıcı yüklerdir.
- Bunlar;
 - Taşıyıcı sistem zatî ağırlıkları
 - Sabit bölme duvarlar
 - Sabit cephe ve diğer bölücü elemanlar
 - Sıva, yer kaplaması duvar kaplaması v.b
- Bazı malzemelere ait özgül ağırlık değerleri;

– Çelik		7850 kg/m ³
– Betonarme		2500 kg/m ³
– Demirsiz Beton		2200 kg/m ³
– Asfalt		2000 kg/m ³
– Cam		2500 kg/m ³

SABİT YÜKLER

- Yapının analizine başlamadan önce mutlaka, her bir kısım (döşeme, çatı, merdiven vs.) için yük analizi yapılmalıdır ;



- 25 cm betonarme döşeme, $0.25 \text{ m} \times 2.5 \text{ t/m}^3$	$= 0.625 \text{ t/m}^2$
- 5 cm tesviye/eğim betonu, $0.05 \text{ m} \times 2.2 \text{ t/m}^3$	$= 0.110 \text{ t/m}^2$
- 5 cm kuru harç, $0.05 \text{ m} \times 2.2 \text{ t/m}^3$	$= 0.110 \text{ t/m}^2$
- 10 cm granit döşeme, $0.10 \text{ m} \times 2.5 \text{ t/m}^3$	$= 0.250 \text{ t/m}^2$
- servis boruları vs (elektrik, tesisat vb.)	$\approx 0.030 \text{ t/m}^2$
Toplam yayılı yük, g	$= 1.125 \text{ t/m}^2$

HAREKETLİ YÜKLER

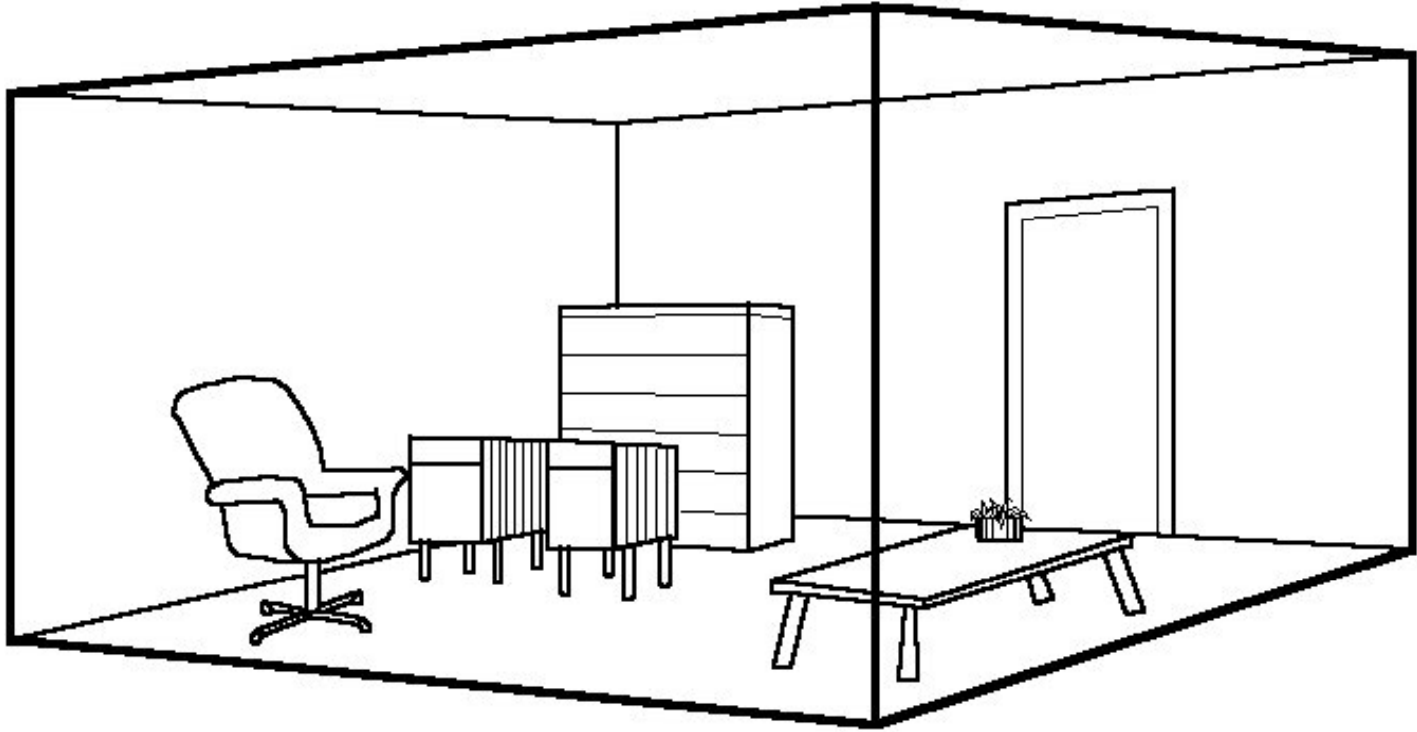
ÇİZELGE 7 - Düzgün Yayılı Düşey Hareketli Yük Hesap Değerleri

- İnsanların, mobilya ve eşyaların, taşıtların oluşturduğu, kısa veya uzun süreli yüklerdir.
- TS 498 standardında her mekan için ayrı ayrı belirtilmiştir.

Kullanma Şekli				Hesap Değeri kN/m ²
	ÇATILAR Yatay veya 1/20'ye kadar eğimli	Döşemeler	MERDİVENLER (Sahanlık ve merdiven girişi dahil)	
1		Çatı arası odalar		1,5
2	Zaman zaman kullanılan çatılar	Konut, teras oda ve koridorlar, bürolar, konutlardaki 50 m ² 'ye kadar olan dükkanlar, hastane odaları		2
	ÇATILAR Yatay veya 1/20'ye kadar eğimli	Döşemeler	MERDİVENLER (Sahanlık ve merdiven girişi dahil)	Hesap Değeri kN/m ²
3	Konut toleranslarının kullanılması ve çiçeklik (bahçe yapılması)	Hastanelerin mutfakları, muayene odaları, poliklinik odaları, sırtırlar, yatakhaneler, anfiler	Konut Merdivenleri	3,5
4		- Camiler - Tiyatro ve sinemalar, - Spor dans ve sergi salonları, - Tribünler (oturma yeri sabit olan) - Toplantı ve bekleme salonları - Mağazalar, - Lokantalar - Kütüphaneler - Arşivler - Hafif ağırlıklı atölyeler - Büyük mutfaklar, kantinler - Meczahalar - Fırınlr, - Büyükbaş hayvan ahırarı - Balkonlar 10 m²'ye kadar - Büro, hastane okul, tiyatro sinema kütüphane depo vb. genel yapı koridorları	Umuma açık yapılarda büro hastane okul, tiyatro, kütüphane kitaplık vb.	5
5		- Tribünler (oturma yeri sabit olmayan)		7,5
6		- Garajlar (Toplam ağırlığı 2,5 tona kadar olan araçlar için)		5

HAREKETLİ YÜKLER

- Hareketli yükler, yapıların analiz ve tasarımlarında düzgün yayılı yük olarak idealize edilir ;



HAREKETLİ YÜKLER

- TS 498 standardında yer alan hareketli yükler 3 sınıfa ayrılabilir ;
 - Hafif yükler : 200 kg/m^2 (konutlar, ofis odaları)
 - Orta yükler : 350 kg/m^2 (muayene odaları, sınıflar, konut merdivenleri)
 - Ağır yükler : 500 kg/m^2 (camiler, tiyatro ve sinema salonları, depolar kütüphaneler vs.)
- Döşeme üzerindeki 10~11 cm kalınlığında tuğla bölme duvarlar, şerit yük olarak dikkate alınabileceği gibi, 150 kg/m^2 değerinde hareketli yük olarak alınabilir. Eğer hareketli yük ağır yük sınıfında ise ihmal edilebilir.

HAREKETLİ YÜKLER (IBC 2003)

TABLE 1607.1
MINIMUM UNIFORMLY DISTRIBUTED LIVE LOADS AND MINIMUM CONCENTRATED LIVE LOADS^a

OCCUPANCY OR USE	UNIFORM (psf)	CONCENTRATED (lbs.)
1. Apartments (see residential)	—	—
2. Access floor systems		
Office use	50	2,000
Computer use	100	2,000
3. Armories and drill rooms	150	—
4. Assembly areas and theaters		
Fixed seats (fastened to floor)	60	
Lobbies	100	
Movable seats	100	—
Stages and platforms	125	
Follow spot, projections and control rooms	50	
Catwalks	40	
5. Balconies (exterior)	100	
On one- and two-family residences only, and not exceeding 100 ft. ²	60	—
6. Decks	Same as occupancy served ^b	—
7. Bowling alleys	75	—
8. Cornices	60	—
9. Corridors, except as otherwise indicated	100	—
10. Dance halls and ballrooms	100	—
11. Dining rooms and restaurants	100	—
12. Dwellings (see residential)	—	—
13. Elevator machine room grating (on area of 4 in. ²)	—	300
14. Finish light floor plate construction (on area of 1 in. ²)	—	200
15. Fire escapes	100	—

OCCUPANCY OR USE	UNIFORM (psf)	CONCENTRATED (lbs.)
25. Office buildings		
File and computer rooms shall be designed for heavier loads based on anticipated occupancy		
Lobbies and first-floor corridors	100	2,000
Offices	50	2,000
Corridors above first floor	80	2,000
26. Penal institutions		
Cell blocks	40	—
Corridors	100	
27. Residential		
One- and two-family dwellings		
Uninhabitable attics without storage	10	
Uninhabitable attics with storage	20	
Habitable attics and sleeping areas	30	
All other areas except balconies and decks	40	—
Hotels and multifamily dwellings		
Private rooms and corridors serving them	40	
Public rooms and corridors serving them	100	
28. Reviewing stands, grandstands and bleachers	Note c	—
29. Roofs	See Section 1607.11	
30. Schools		
Classrooms	40	1,000
Corridors above first floor	80	1,000
First-floor corridors	100	1,000
31. Scuttles, skylight ribs and accessible ceilings	—	200
32. Sidewalks, vehicular driveways and yards, subject to trucking	250 ^d	8,000 ^e

1psf ~ 5 kg/m²
2000 lbs ~ 1000

HAREKETLİ YÜKLER (EN 1991-1-1)

Table 6.1 - Categories of use

- Kullanım amacına göre 4 kategoriye ayrılmış ve buna göre yükler verilmiştir.

Category	Specific Use	Example
A	Areas for domestic and residential activities	Rooms in residential buildings and houses; bedrooms and wards in hospitals; bedrooms in hotels and hostels kitchens and toilets.
B	Office areas	
C	Areas where people may congregate (with the exception of areas defined under category A, B, and D ³⁾)	C1: Areas with tables, etc. e.g. areas in schools, cafés, restaurants, dining halls, reading rooms, receptions. C2: Areas with fixed seats, e.g. areas in churches, theatres or cinemas, conference rooms, lecture halls, assembly halls, waiting rooms, railway waiting rooms. C3: Areas without obstacles for moving people, e.g. areas in museums, exhibition rooms, etc. and access areas in public and administration buildings, hotels, hospitals, railway station forecourts. C4: Areas with possible physical activities, e.g. dance halls, gymnastic rooms, stages. C5: Areas susceptible to large crowds, e.g. in buildings for public events like concert halls, sports halls including stands, terraces and access areas and railway platforms.
D	Shopping areas	D1: Areas in general retail shops D2: Areas in department stores

HAREKETLİ YÜKLER (EN 1991-1-1)

Table 6.2 - Imposed loads on floors, balconies and stairs in buildings

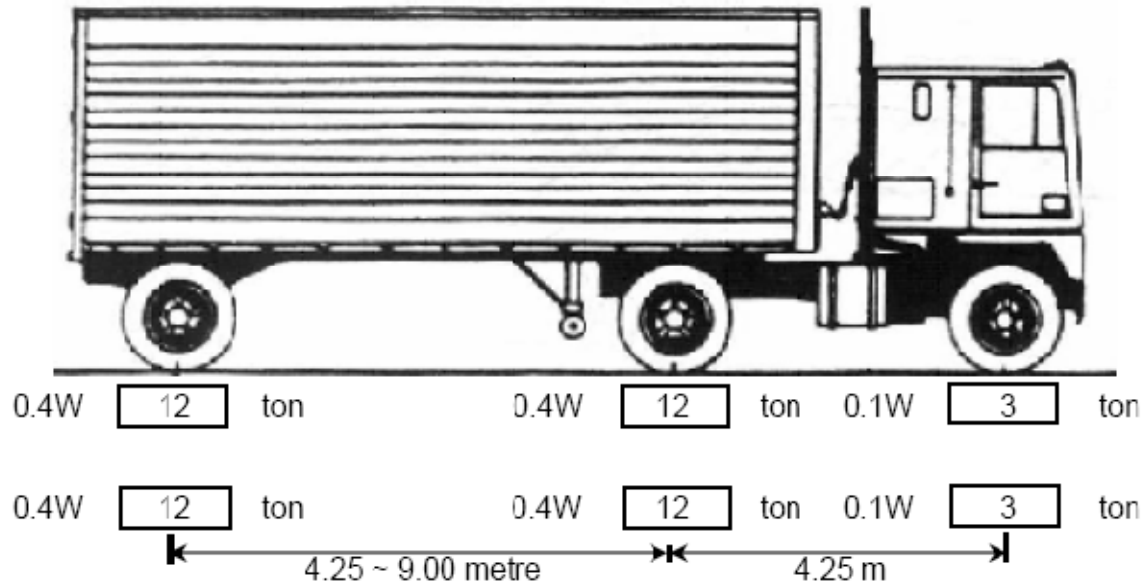
Categories of loaded areas	q_k [kN/m ²]	Q_k [kN]
Category A		
- Floors	1,5 to 2,0	2,0 to 3,0
- Stairs	<u>2,0</u> to 4,0	<u>2,0</u> to 4,0
- Balconies	<u>2,5</u> to 4,0	<u>2,0</u> to 3,0
Category B	2,0 to <u>3,0</u>	1,5 to <u>4,5</u>
Category C		
- C1	2,0 to <u>3,0</u>	3,0 to <u>4,0</u>
- C2	3,0 to <u>4,0</u>	2,5 to 7,0 (<u>4,0</u>)
- C3	3,0 to <u>5,0</u>	<u>4,0</u> to 7,0
- C4	4,5 to <u>5,0</u>	3,5 to <u>7,0</u>
- C5	<u>5,0</u> to 7,5	3,5 to <u>4,5</u>
category D		
- D1	<u>4,0</u> to 5,0	3,5 to 7,0 (<u>4,0</u>)
- D2	4,0 to <u>5,0</u>	3,5 to <u>7,0</u>

HAREKETLİ YÜKLER-Taşıt

- Karayolları Köprülerinin tasarımında, ülkemizde yaygın olarak H20-S16 ve H30-S24 kamyon yükleri kullanılır.
- Yük sınıfını belirtilen sembollerde H iki dingilli bir kamyona, S ise ona bağlı bir yarım treylere karşılık gelmektedir. (Taşıt sınıfı H30-S24, AASHTO da tanımlanan HS20-44 kamyon yükünün ~1.5 daha ağır, yük modeline denk gelmektedir.)

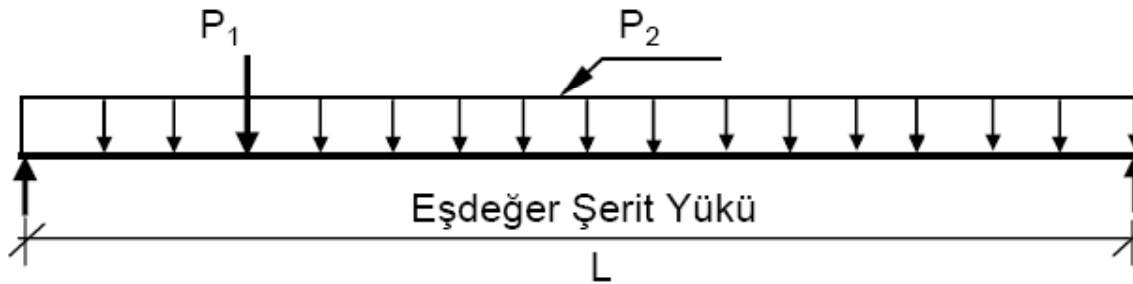
HAREKETLİ YÜKLER-Kamyon Yüğü

- H harfinden sonra gelen rakam kamyonun iki dingilinden intikal eden W ağırlığını ($W = 30$ ton), S harfinden sonra gelen rakam ise yarım treylerin tek dingilinden intikal eden (24 ton) ağırlığı vermektedir.



HAREKETLİ YÜKLER-Şerit Yük

- Her bir şerit yükü, trafik şeridinin birim boyu başına üniform yayılı bir P_1 yükü ile bir tek münferit P_2 yükünden (sürekli açıklıklar için iki münferit yükten) ibaret olup bunlar azami etki doğuracak şekilde yerleştirilir.
- Gerek münferit yük gerekse üniform yayılı yükün, şeridin 3 metre genişliğince üniform olarak yayıldığı kabul edilir.



Eşdeğer Şerit Yükü

$P_{1,M} = 13.5$ ton

$P_{1,V} = 19.5$ ton

$P_2 = 1.5$ t/m

$P_{1,M}$: Moment kuvvetleri için
 $P_{1,V}$: Kesme kuvvetleri için

HAREKETLİ YÜKLER-Dinamik Etki

- Köprüden geçen taşıtların dinamik etkisini hesaplara katmak amacı ile standard kamyon ve veya şerit yüklerinden elde edilen kuvvetler, “dinamik etki katsayısı” ile çarpılır.
- Dinamik etki katsayısı aşağıdaki formülle hesaplanır ;

$$I = 1 + \frac{15}{L + 37}$$

Burada ;

I : dinamik etki katsayısı (azami değeri 1.30 alınır.)

L : hesap uzunluğu, metre

KAR YÜKLERİ

- Kar yükü coğrafi ve meteorolojik şartlara göre değişkenlik gösterir.
- Çatı alanının plandaki düzgün yayılı yükü olarak dikkate alınır, 30° ye kadar eğimli çatılarda kar yükü hesap değeri P_k , kar yükü, P_{k0} değerine eşit kabul edilir.
- Kar yağmayan yerlerde kar yükü hesap değeri sıfır alınır.
- Tasarımda belirleyici yükün kar yükü olması durumunda TS 498 standardında verilen değerlerin arttırılması!

KAR YÜKLERİ (TS 498)

ÇİZELGE 3 - Çatı Eğimine (α) Bağlı Olarak Azaltma Değeri (m)

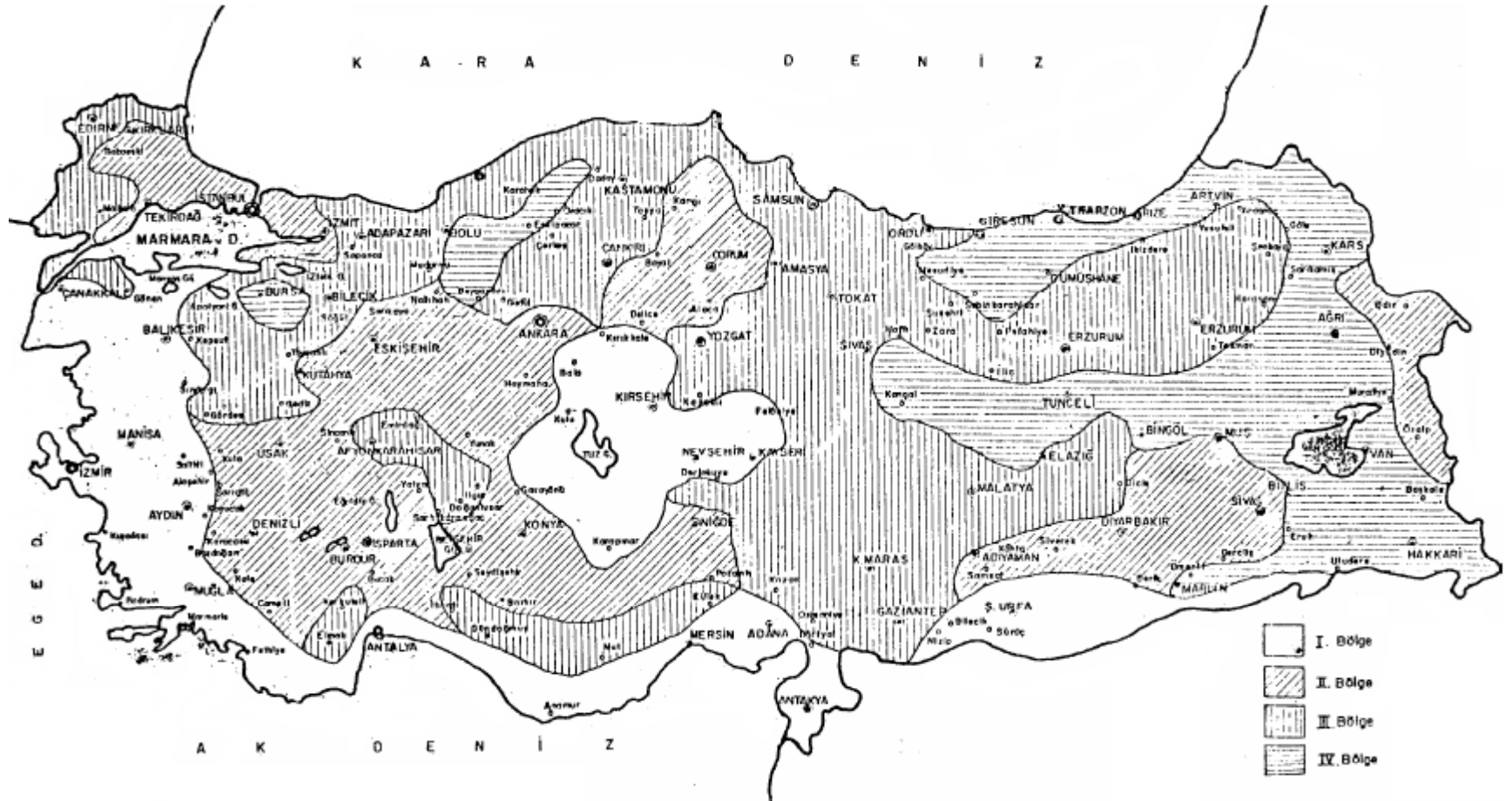
α	0°	1°	2°	3°	4°	5°	6°	7°	8°	9°
0-30°	1,0									
30°	1,00	0,97	0,95	0,92	0,90	0,87	0,85	0,82	0,80	0,77
40°	0,75	0,72	0,70	0,67	0,65	0,62	0,60	0,57	0,55	0,52
50°	0,50	0,47	0,45	0,42	0,40	0,37	0,35	0,32	0,30	0,27
60°	0,25	0,22	0,20	0,17	0,15	0,12	0,10	0,07	0,05	0,02
70° - 90°										

ÇİZELGE 4 - Zati Karyükü (P_{ko}) Değerleri kN/m^2 (*)

	1	2	3	4	5
1	Yapı yerinin denizden yüksekliği	BÖLGELER			
	m	I	II	III	IV
	≤ 200	0,75	0,75	0,75	0,75
2	300	0,75	0,75	0,75	0,80
	400	0,75	0,75	0,75	0,80
	500	0,75	0,75	0,75	0,85
3	600	0,75	0,75	0,80	0,90
	700	0,75	0,75	0,85	0,95
	800	0,80	0,85	1,25	1,40
4	900	0,80	0,95	1,30	1,50
	1000	0,80	1,05	1,35	1,60
5	> 1000	1000 m'ye tekabül eden değerler, 1500 m'ye kadar %10, 1500 m'den yukarı yüksekliklerde %15 artırılır.			

KAR YÜKLERİ

■ Kar Yağış Yüksekliği Haritası (TS 498)

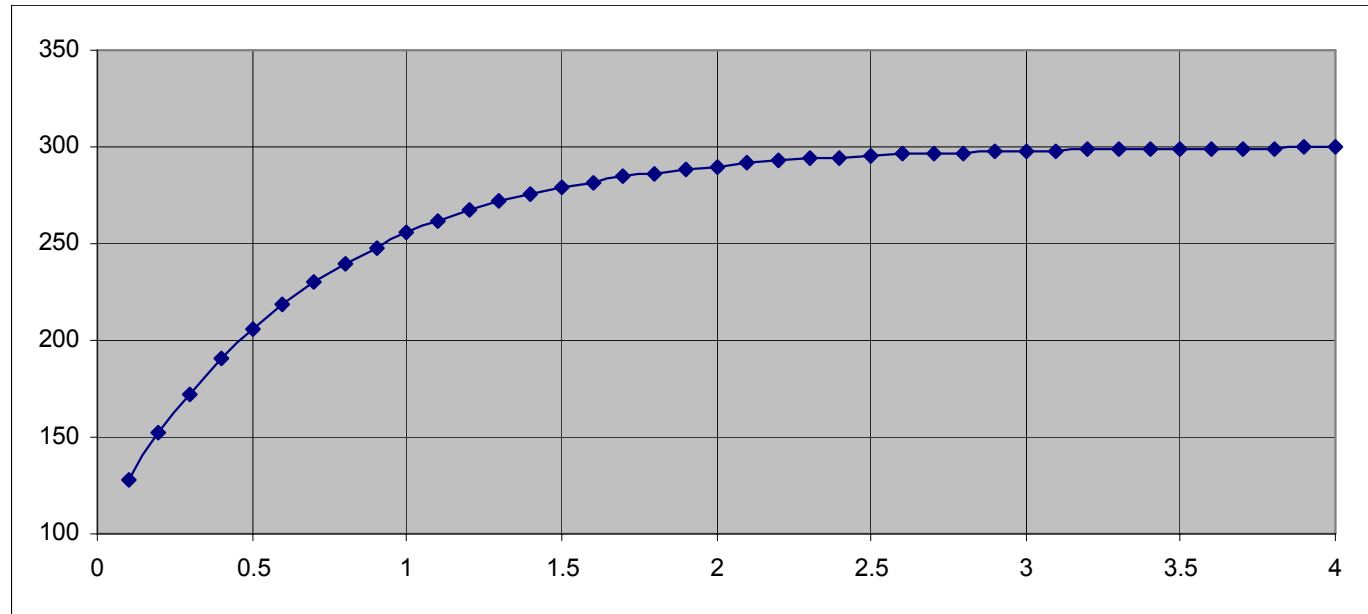


KAR YÜKLERİ

- TS 7046, “Çatılardaki Kar Yükünün Tespiti”, Ek-B 2.4 te kar kalınlığına göre kar özgülkütle değerleri belirlenebilir;

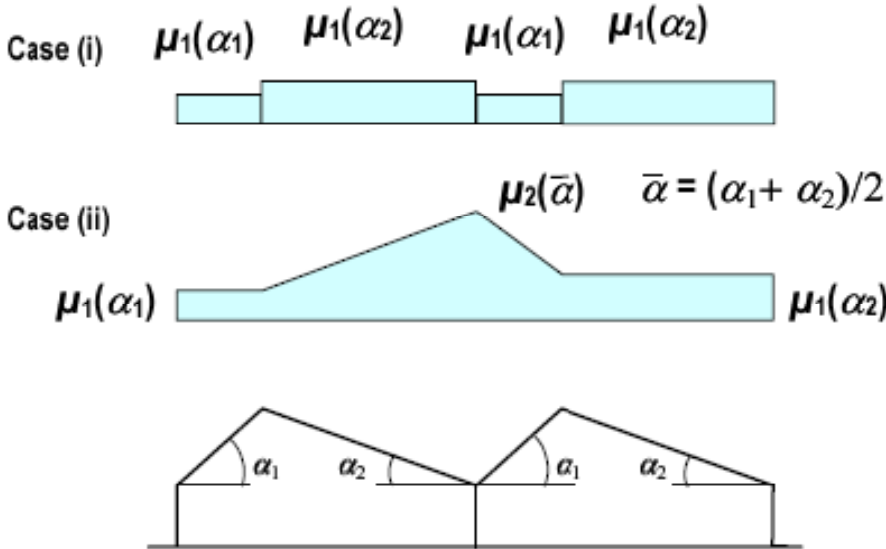
$$\rho = 300 - 200 \text{ EXP}(-1.5d)$$

d	ρ
METRE	KG/M3
0.1	128
0.2	152
0.3	172
0.4	190
0.5	206
0.6	219
0.7	230
0.8	240
0.9	248
1	255

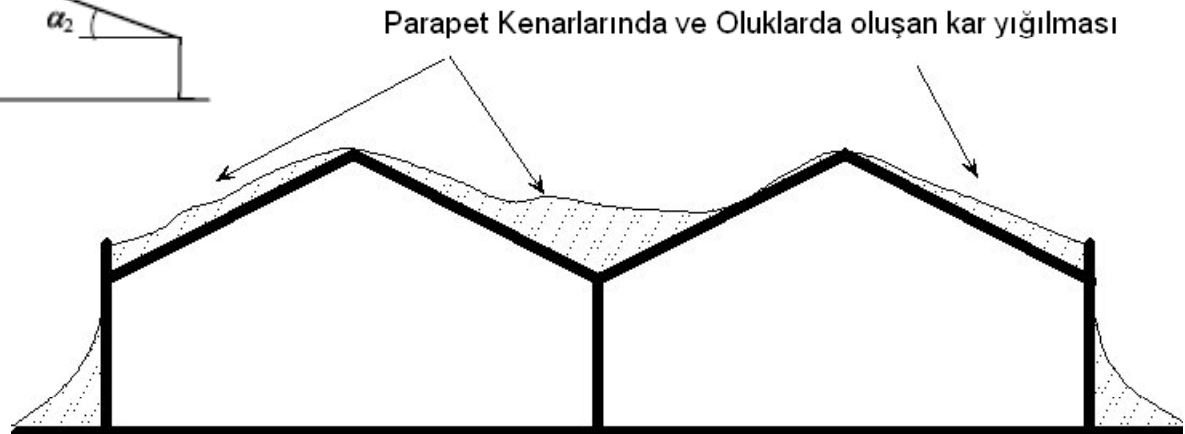


KAR YÜKLERİ

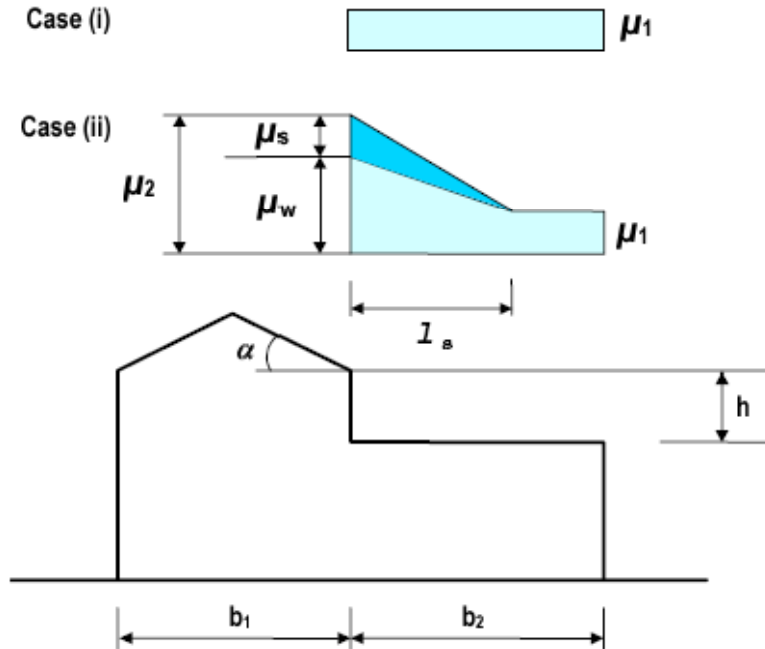
- Yabancı şartnamelerde parapet ve oluklarda oluşabilecek kar yığılmaları için kriterler verilmiştir.



μ_1 : Şekil katsayısı
EN 1991-1-3)



KAR YÜKLERİ

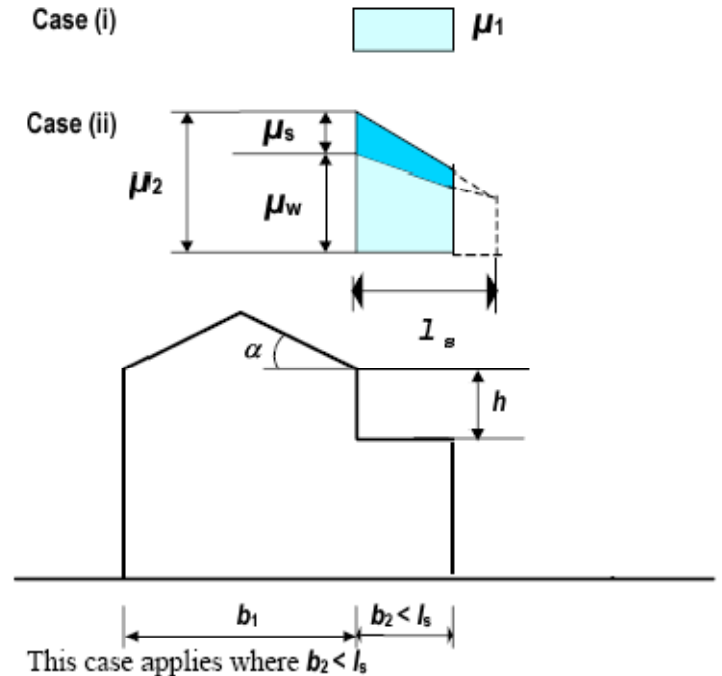


(EN 1991-1-3)

$\mu_{1,2}$: Şekil katsayıları

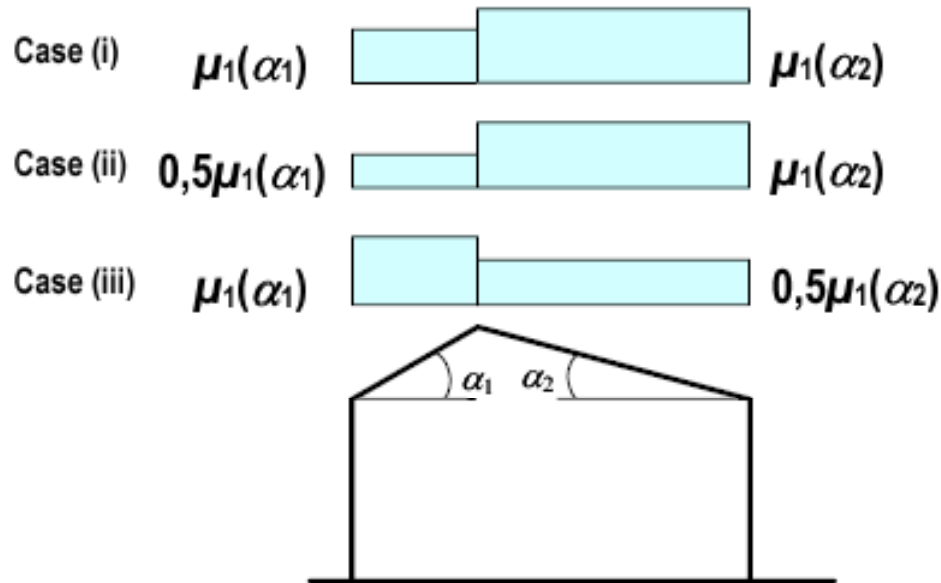
μ_w : Rüzgar etkisi için şekil katsayısı

μ_s : Yüksek yapıdan gelen kar yığılması için şekil katsayısı



KAR YÜKLERİ

- Çatı şekline göre kar yüklerinin dağılımında değişiklik olabilir ; (EN 1991-1-3, Fig.5.3)



SICAKLIK FARKI ETKİLERİ

- Dış ortam ısısının değişikliği taşıyıcı sistem elemanlarında genleşme veya büzülme eğilimi yaratır. Sistemin elemanlarının serbest olmadığı durumlarda iç gerilme ve kuvvetler oluşur.
- Isı gerilmeleri sonucu olarak ortaya çıkan gerilme ve deformasyonlar tasarımda dikkate alınmalıdır.
- Isıda yükselme ve azalma miktarları, yapım sırasında kabul edilen bir ısı derecesine bağlı olarak ve yapının bulunduğu bölgeye göre saptanır.

- Örneğin;

Yapım sırasında kabul edilen sıcaklık :	20° C
En yüksek sıcaklık :	50° C
En düşük sıcaklık :	-10° C

SICAKLIK FARKI ETKİLERİ

- Çelik taşıyıcı sistemin ısı değişikliklerine maruz kaldığı durumlarda, uzama ve kısalmalara izin verilmediği zaman, kesit özelliğine bağlı olarak çok büyük iç kuvvetler oluşur.

$$P = A E \alpha \Delta t$$

burada ;

A : Kesit alanı

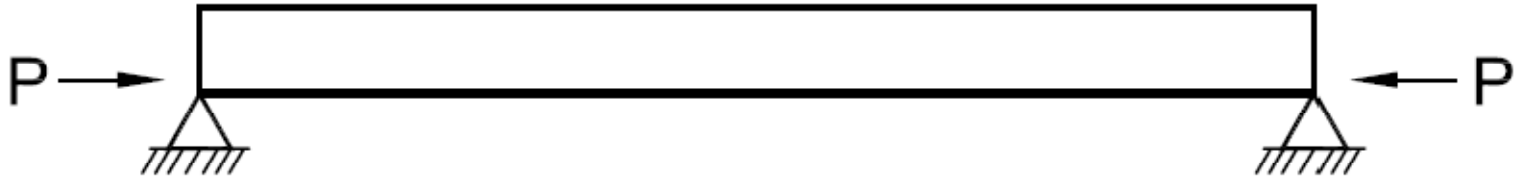
E : Çelik elastik modülü

α : Isı genleşme katsayısı, 1.17×10^{-5}

Δt : Oluşan sıcaklık farkı

SICAKLIK FARKI ETKİLERİ

- P kuvvetini kesit alanına böldüğümüzde, kesitte oluşacak aksenal gerilmeyi bulabiliriz;



- Örnek olarak 30°C lık bir sıcaklık farkında, eğer eleman iki ucunda tutulu ise

$$\sigma = 2100 \text{ t/cm}^2 \times 1.17 \times 10^{-5} \times 30 = 0.737 \text{ t/cm}^2$$

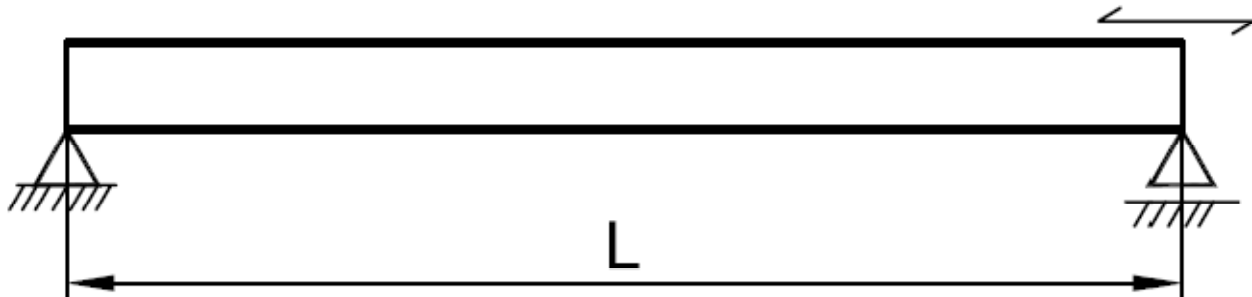
S235 çeliği için, $\sigma_{\text{çem}} = 1.440 \text{ t/cm}^2$!.

SICAKLIK FARKI ETKİLERİ

- Eğer elemanın bir ucunu serbest bırakıp uzama veya kışalmasına izin verecek olursak, yapacağı uzama veya kışalma ;

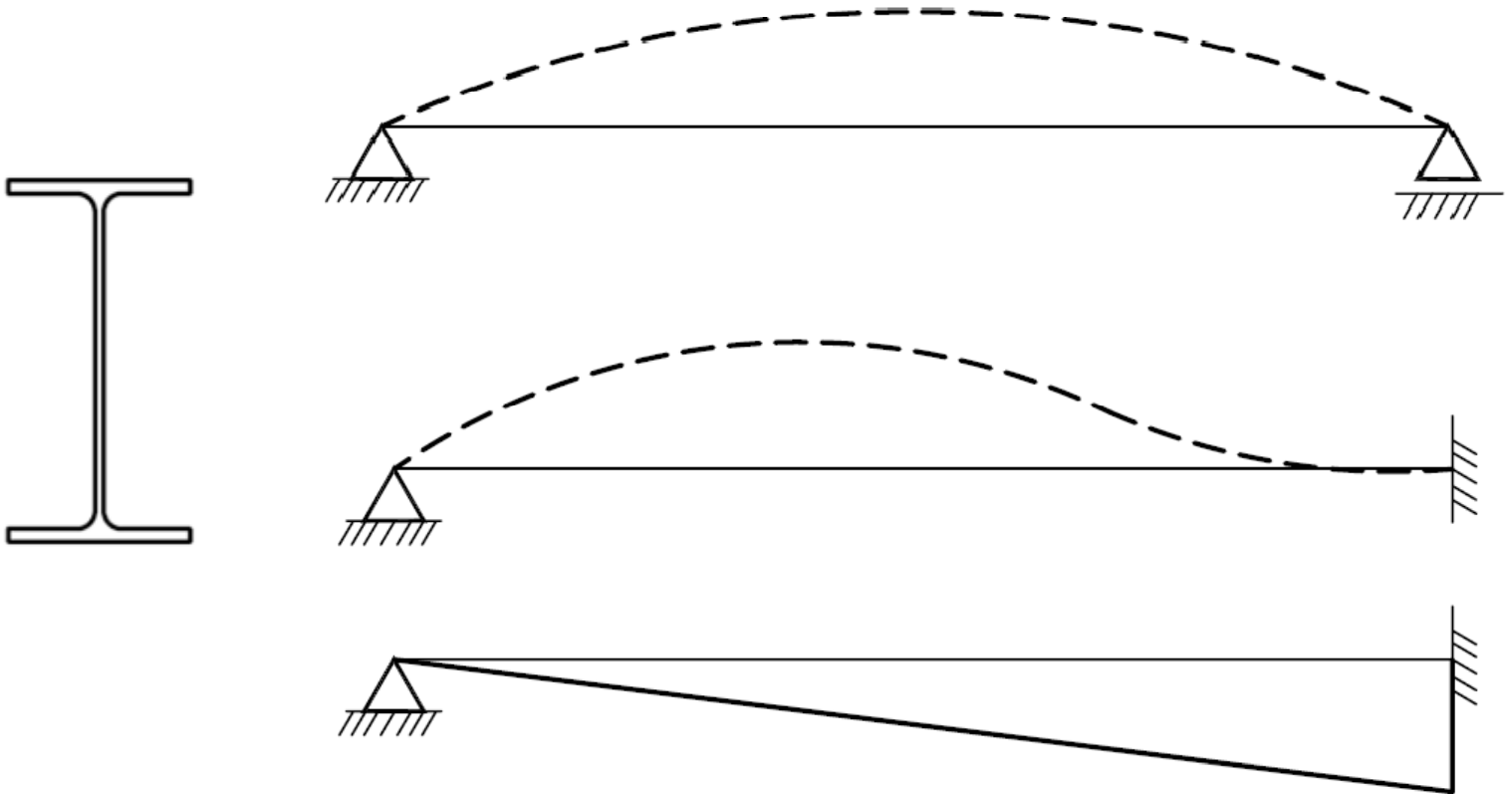
$$\Delta L = \alpha \Delta t L$$

olacaktır, ve bu değere göre bağlantı detayları oluşturulmalıdır. (oval delik, kayıcı mesnet)



SICAKLIK FARKI ETKİLERİ

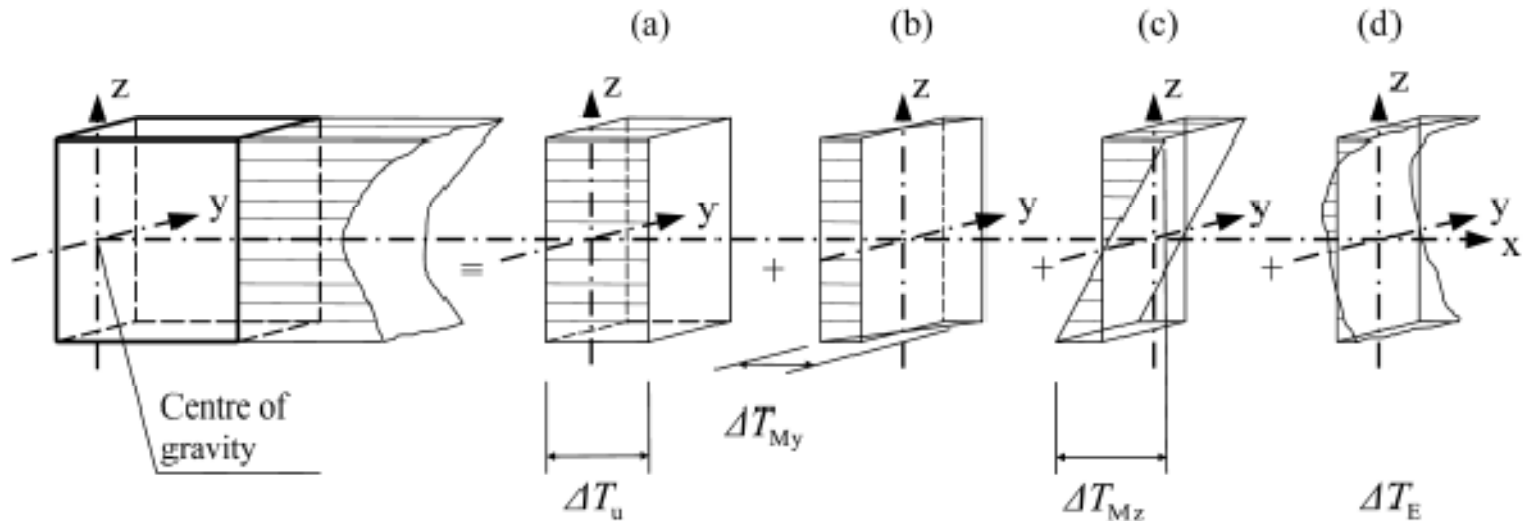
- Elemanın alt ve üst noktaları arasında sıcaklık farkı oluşması durumunda elemanın uç mesnetlenmesine bağlı olarak, dönme yada eğilme momentleri oluşacaktır.



SICAKLIK FARKI ETKİLERİ (EN 1991-1-5)

- EN 1991-1-5 Bölüm 5'te tanımlanan etkiler ;

- (a) Kesit merkezi boyunca düzgün değişim (Eksenel)
- (b) z-z eksenini etrafında lineer değişim (M_z momenti)
- (c) y-y eksenini etrafında lineer değişim (M_y momenti)
- (d) lineer olmayan değişim



RÜZGAR YÜKLERİ

- Normal yapılarda rüzgar yükü yapı yüzeyinde etkiyen bir basınç kuvveti olarak alınıp irdelenir.
- Ancak rüzgar, hızına bağlı bir kinetik enerjiye sahiptir.
- Rüzgarında bir periyodu vardır.
- Amerika'da Washington'da TACOMA köprüsünün çökmesinden sonra rüzgarın periyodu ile yapının periyodunun çakışması halinde kuvvetlerin ne kadar büyüyebileceği görülmüştür.
- Münferit taşıyıcı yapı elemanları için (mertek, aşık, cephe elemanı vs.) rüzgar basıncı değeri %25 arttırılır.

RÜZGAR YÜKLERİ (TS 498)

- Rüzgar yükü hesabı yapının geometrisine bağlıdır ve basınç, emme ve sürtünme etkileri birleştirilerek hesaba alınır.
- Rüzgar yükü,

$$W = C_f q A(\text{kN})$$

formülü ile bulunur,

C_f : aerodinamik yük katsayısı

q : Emme (hız basıncı), kN/m^2

A : Etkilenen yüzey alanı, m^2

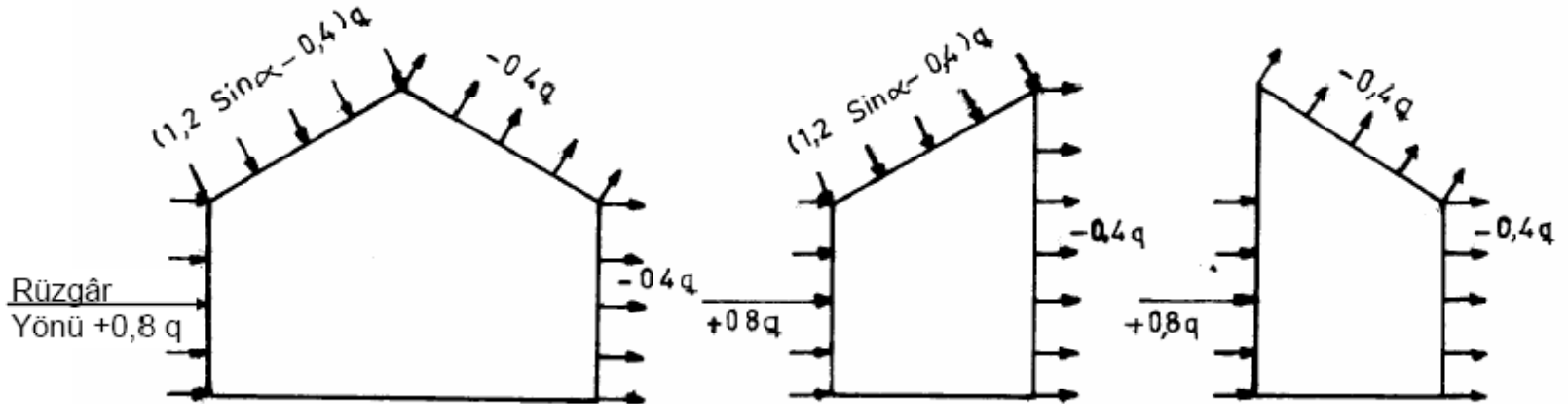
$$q = v^2/1600 \quad \text{kN/m}^2$$

RÜZGAR YÜKLERİ (TS 498)

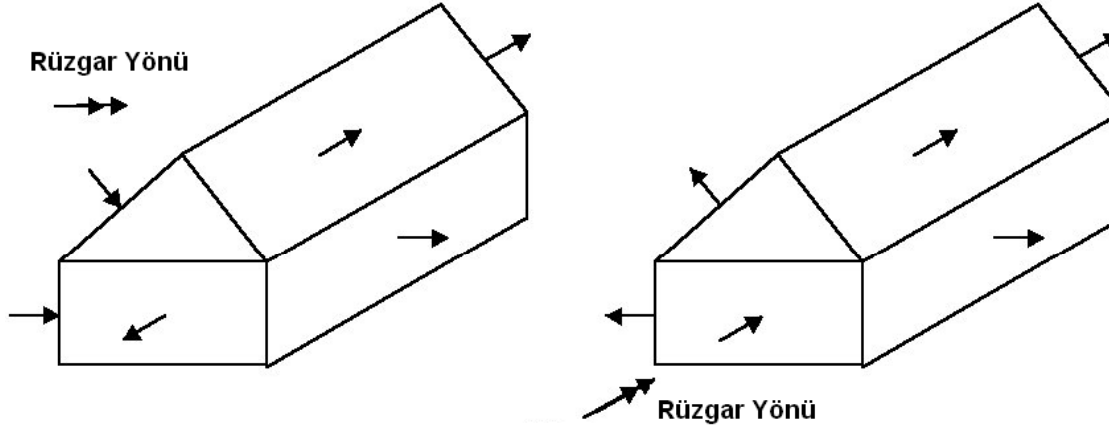
- Yükseklığe bağlı olarak Rüzgar hızı ve Emme değerleri (Çizelge 5)

Zeminden Yükseklik m	Rüzgar Hızı v m/s	Emme q (kN/m ²)
0 - 8	28	0,5
9 - 20	36	0,8
21 - 100	42	1,1
> 100	46	1,3

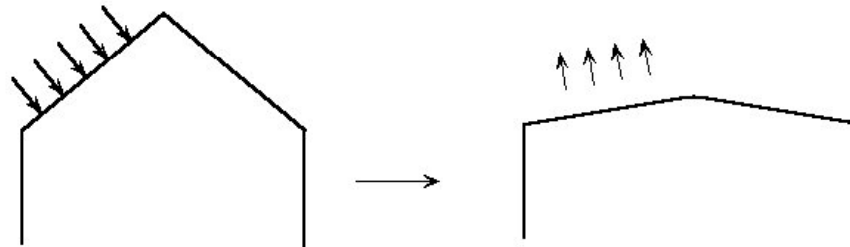
- Rüzgar yükünün kapalı yapılardaki dağılımı;



RÜZGAR YÜKLERİ



Rüzgar yönünün, basınç dağılımına olan etkisi



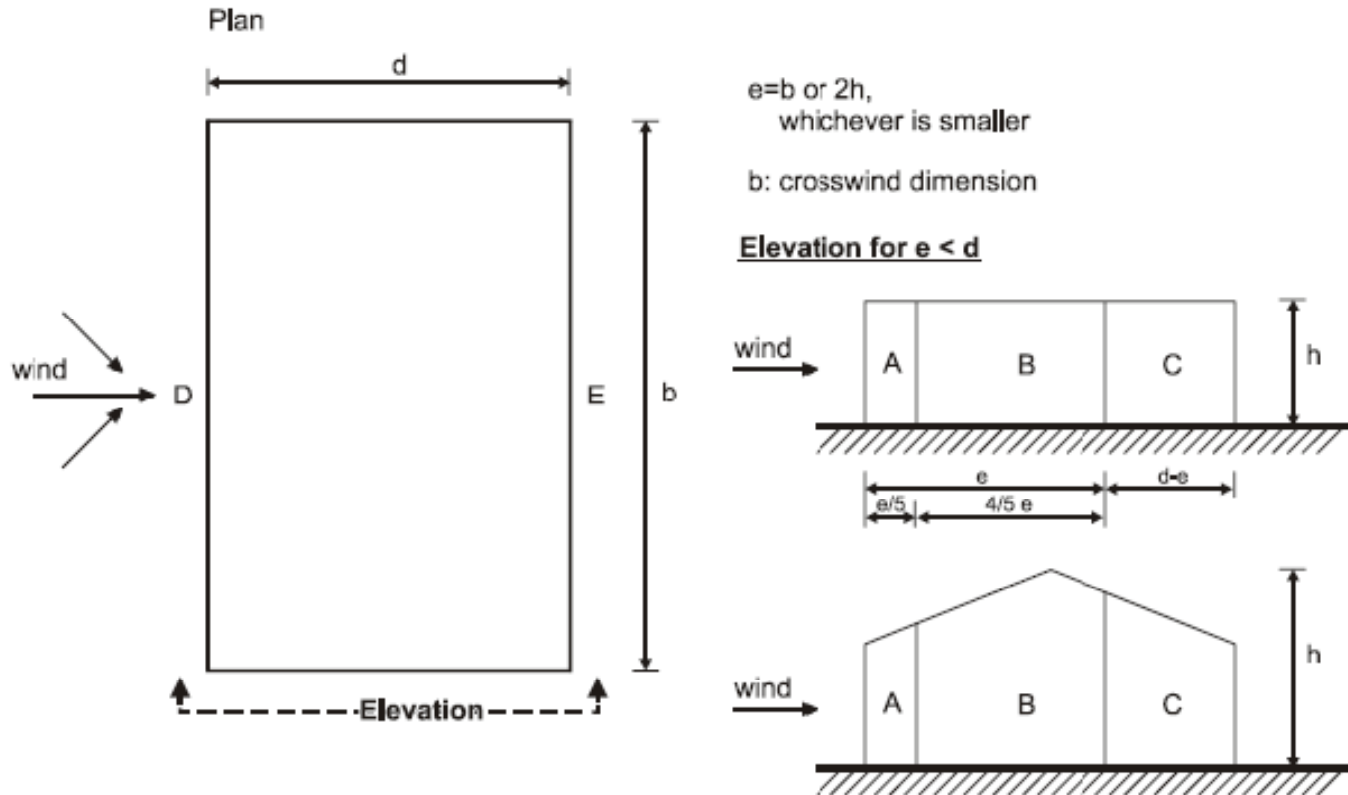
Yüksek eğimli çatılarda
basınç oluşması

Düşük eğimli çatılarda
emme oluşması

Çatı eğiminin Rüzgar kuvvetine olan etkisi

RÜZGAR YÜKLERİ (EN 1991-1-4)

- EN 1991-1-4 Standardında, basınç katsayıları yapının boyutlarına (yükseklik, plan boyutları) göre değişkenlik gösterir ;

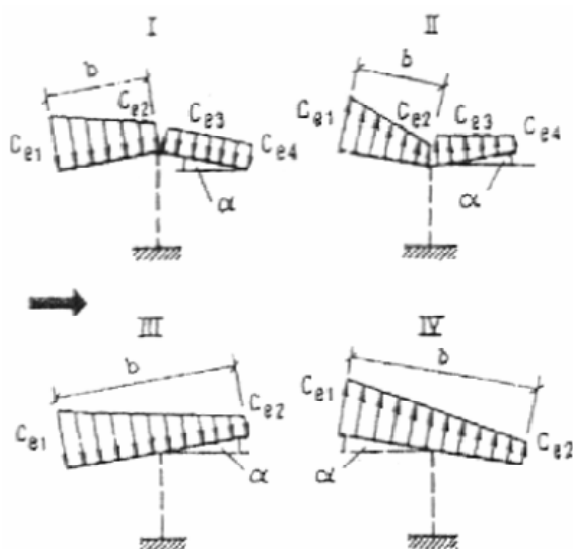


RÜZGAR YÜKLERİ (EN 1991-1-4)

- Planda dikdörtgen yapıların duvarlarına etkiyen rüzgar yükleri için basınç katsayıları (Tablo 7.1);

Zone	A		B		C		D		E	
h/d	$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$	$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$	$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$	$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$	$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$
5	-1,2	-1,4	-0,8	-1,1	-0,5		+0,8	+1,0	-0,7	
1	-1,2	-1,4	-0,8	-1,1	-0,5		+0,8	+1,0	-0,5	
$\leq 0,25$	-1,2	-1,4	-0,8	-1,1	-0,5		+0,7	+1,0	-0,3	

RÜZGAR YÜKLERİ (SNIP 2.01.07-85)



Тип схемы	α , град	Значения коэффициентов			
		c_{e1}	c_{e2}	c_{e3}	c_{e4}
I	10	+0,5	-1,3	-1,1	0
	20	+1,1	0	0	-0,4
	30	+2,1	+0,9	+0,6	0
II	10	0	-1,1	-1,5	0
	20	+1,5	+0,5	0	0
	30	+2	+0,8	+0,4	+0,4
III	10	+1,4	+0,4	—	—
	20	+1,8	+0,5	—	—
	30	+2,2	+0,6	—	—
IV	10	+1,3	+0,2	—	—
	20	+1,4	+0,3	—	—
	30	+1,6	+0,4	—	—

DEPREM YÜKLERİ

- Ülkemizde Bina türü yapılar için 2007 yılında yürürlüğe girmiş olan “Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik” (DBYBHY-07) esas alınır.
- Depreme Dayanıklı Tasarım ilkesi ;
Hafif şiddetteki depremlerde : binalardaki yapısal ve yapısal olmayan sistem elemanlarının herhangi bir hasar görmemesi,
Orta şiddetteki depremlerde : hasarların sınırlı ve onarılabilir düzeyde kalması,
Şiddetli depremlerde : ise can güvenliğinin sağlanması amacı ile kalıcı yapısal hasar oluşumunun sınırlandırılması.
- **Bina önem katsayısı $I=1$ olan yeni yapılacak yapılar için tanımlanan tasarım depremi şiddetli depreme karşı gelmekte olup, 50 yıllık süre içinde aşılma olasılığı %10’dur.**

DEPREM YÜKLERİ

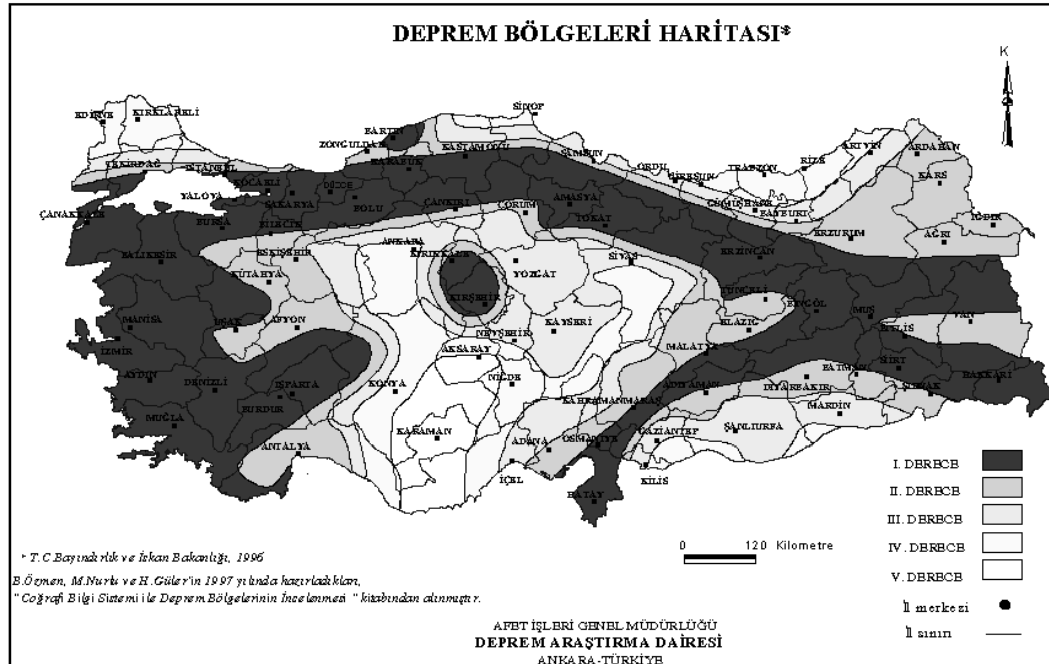
- Binalara etkiyen yüklerinin belirlenmesi için Spektral ivme katsayısı $A(T)$ ve Deprem yükü azaltma katsayısı $R_a(T)$ esas alınır.
- Yönetmelikte tanımlanan deprem bölgeleri ve zemin sınıflarına göre spektral ivme katsayısının $A(T)$, yerçekimi ivmesi ile çarpılması sonucunda Elastik spektral ivme, $S_{ae}(T)$ hesaplanır.

$$A(T) = A_0 I S(T)$$

$$S_{ae}(T) = A(T) g$$

DEPREM YÜKLERİ

- Deprem Yönetmeliğinde tanımlanan parametreler;
 - A_0 : Etkin yer ivmesi katsayısı
 - I : Bina önem katsayısı
 - T_A, T_B : Spektrum karakteristik periyotlar
 - $S(T)$: Spektrum katsayısı



<i>Deprem Bölgesi</i>	A_0
1	0.40
2	0.30
3	0.20
4	0.10

DEPREM YÜKLERİ

TABLO 2.3 – BİNA ÖNEM KATSAYISI (*I*)

<i>Binanın Kullanım Amacı veya Türü</i>	<i>Bina Önem Katsayısı (<i>I</i>)</i>
<u>1. Deprem sonrası kullanımı gereken binalar ve tehlikeli madde içeren binalar</u> a) Deprem sonrasında hemen kullanılması gerekli binalar (Hastaneler, dispanserler, sağlık ocakları, itfaiye bina ve tesisleri, PTT ve diğer haberleşme tesisleri, ulaşım istasyonları ve terminalleri, enerji üretim ve dağıtım tesisleri; vilayet, kaymakamlık ve belediye yönetim binaları, ilk yardım ve afet planlama istasyonları) b) Toksik, patlayıcı, parlayıcı, vb özellikleri olan maddelerin bulunduğu veya depolandığı binalar	1.5
<u>2. İnsanların uzun süreli ve yoğun olarak bulunduğu ve değerli eşyanın saklandığı binalar</u> a) Okullar, diğer eğitim bina ve tesisleri, yurt ve yatakhaneler, askeri kışlalar, cezaevleri, vb. b) Müzeler	1.4
<u>3. İnsanların kısa süreli ve yoğun olarak bulunduğu binalar</u> Spor tesisleri, sinema, tiyatro ve konser salonları, vb.	1.2
<u>4. Diğer binalar</u> Yukarıdaki tanımlara girmeyen diğer binalar (Konutlar, işyerleri, oteller, bina türü endüstri yapıları, vb)	1.0

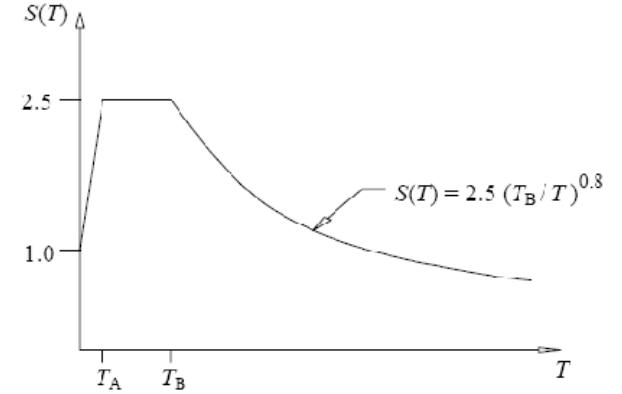
DEPREM YÜKLERİ

■ Spektrum Katsayısı, $S(T)$;

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

$$S(T) = 2.5 \quad (T_A < T \leq T_B)$$

$$S(T) = 2.5 \left(\frac{T_B}{T} \right)^{0.8} \quad (T_B < T)$$



TABLO 2.4 – SPEKTRUM KARAKTERİSTİK PERİYOTLARI (T_A , T_B)

<i>Tablo 6.2'ye göre Yerel Zemin Sınıfı</i>	T_A (saniye)	T_B (saniye)
Z1	0.10	0.30
Z2	0.15	0.40
Z3	0.15	0.60
Z4	0.20	0.90

DEPREM YÜKLERİ

- Taşıyıcı sistemin elastik olmayan davranışını gözönüne almak üzere, elastik deprem yükleri Deprem yükü Azaltma Katsayısı'na $R_a(T)$ bölünür;

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

- Burada T yapının doğal titreşim periyodu, R ise Taşıyıcı Sistem Davranış Katsayısı'dır.

DEPREM YÜKLERİ

■ Çelik Yapıları için Taşıyıcı Sistem Davranış Katsayıları, R

	S.D.Normal	S.D.Yüksek
– Çerçeveveli Sistemler	5	8
– Konsol Kolonlar	-	4
– Sadece Perdeli Sistemler;		
• Merkezi Çaprazlı Perdeler	4	5
• Dışmerkez Çaprazlı Perdeler	-	7
• Betonarme Perdeli	4	6
– Çerçeve+Perdeli Sistemler;		
• Merkezi Çaprazlı Perdeler	5	6
• Dışmerkez Çaprazlı Perdeler	-	8
• Betonarme Perdeli	4	7

DEPREM YÜKLERİ

- Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi ;
 - Tüm deprem bölgelerinde, yönetmelikte tanımlı düzenli yapı sınıfına giren binalarda 40 metre yüksekliğe kadar uygulanabilir.
 - Gözönüne alınan deprem doğrultusundaki, 1. doğal titreşim periyoduna göre aşağıdaki formül ile Taban Kesme Kuvveti hesaplanır ve katlara dağıtılır ;

$$V_t = \frac{WA(T_1)}{R_a(T_1)} \geq 0.10 A_o I W$$

- Tek katlı bir yapıda, çatı katı seviyesinden etki ettirilir.

YÜK KOMBİNASYONLARI

- Yük kombinasyonları, bağımsız yük durumlarının lineer birleştirilmesi ile elde edilen tasarım yükleridir.
- Yüklerin belirlenmesinden sonra Analiz ve tasarımda kullanılacak yük kombinasyonlarının belirlenmesi gerekir.
- Tasarım yöntemine ve kullanılan şartnameye göre belirlenmelidir.

YÜK KOMBİNASYONLARI (TS 648)

- İşletme ve tasarım durumlarında özet olarak;
 - SY
 - SY + HY + KY
 - SY + HY + KY + SF

 - SY ± RY + 0.5 KY
 - SY + HY ± RY + 0.5 KY

 - SY ± DY
 - SY + HY ± DY

SY : Sabit Yükler

HY : Hareketli Yükler

RY : Rüzgar Yükleri

DY : Deprem Yükleri

KY : Kar Yükleri

SF : Sıcaklık Etkileri

YÜK KOMBİNASYONLARI (AISC-ASD)

- İşletme ve tasarım durumlarında özet olarak;
 - SY
 - SY + HY

 - SY ± RY
 - SY + HY ± RY

 - SY ± DY
 - SY + HY ± DY

SY : Sabit Yükler
HY : Hareketli Yükler
RY : Rüzgar Yükleri
DY : Deprem Yükleri

YÜK KOMBİNASYONLARI (AISC-LRFD)

- Tasarım için özet olarak;
 - 1.4 SY
 - 1.2 SY + 1.6 HY

 - 0.9 SY $\pm$ 1.3 RY
 - 1.2 SY $\pm$ 1.3 RY
 - 1.2 SY + 0.5 HY $\pm$ 1.3 RY

 - 0.9 SY $\pm$ 1.0 DY
 - 1.2 SY $\pm$ 1.0 DY
 - 1.2 SY + 0.5 HY $\pm$ 1.0 DY

SY : Sabit Yükler

HY : Hareketli Yükler

RY : Rüzgar Yükleri

DY : Deprem Yükleri

YÜK KOMBİNASYONLARI (AASHTO std)

Col. No.	1	2	3	3A	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	
GROUP	γ	β FACTORS														%
		D	$(L+I)_n$	$(L+I)_p$	CF	E	B	SF	W	WL	LF	R+S+T	EQ	ICE		
SERVICE LOAD	I	1.0	1	1	0	1	β_E	1	1	0	0	0	0	0	100	
	IA	1.0	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	150	
	IB	1.0	1	0	1	1	β_E	1	1	0	0	0	0	0	**	
	II	1.0	1	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	125	
	III	1.0	1	1	0	1	β_E	1	1	0.3	1	1	0	0	125	
	IV	1.0	1	1	0	1	β_E	1	1	0	0	0	1	0	125	
	V	1.0	1	0	0	0	1	1	1	1	0	0	1	0	140	
	VI	1.0	1	1	0	1	β_E	1	1	0.3	1	1	1	0	140	
	VII	1.0	1	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	1	0	133
	VIII	1.0	1	1	0	1	1	1	1	0	0	0	0	0	1	140
	IX	1.0	1	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	1	150
	X	1.0	1	1	0	0	β_E	0	0	0	0	0	0	0	0	100
LOAD FACTOR DESIGN	I	1.3	β_D	1.67*	0	1.0	β_E	1	1	0	0	0	0	0	Not Applicable	
	IA	1.3	β_D	2.20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
	IB	1.3	β_D	0	1	1.0	β_E	1	1	0	0	0	0	0		
	II	1.3	β_D	0	0	0	β_E	1	1	1	0	0	0	0		
	III	1.3	β_D	1	0	1	β_E	1	1	0.3	1	1	0	0		
	IV	1.3	β_D	1	0	1	β_E	1	1	0	0	0	1	0		
	V	1.25	β_D	0	0	0	β_E	1	1	1	0	0	1	0		
	VI	1.25	β_D	1	0	1	β_E	1	1	0.3	1	1	1	0		
	VII	1.3	β_D	0	0	0	β_E	1	1	0	0	0	0	1		
	VIII	1.3	β_D	1	0	1	β_E	1	1	0	0	0	0	0		1
	IX	1.20	β_D	0	0	0	β_E	1	1	1	0	0	0	0		1
	X	1.30	1	1.67	0	0	β_E	0	0	0	0	0	0	0		0
Culvert																
Culvert																

Culvert

Culvert

D : Sabit Yükle
 L : Hareketli Yükle
 I : Dinamik katsayı
 CF : Merkezkaç Kuvveti
 E : Toprak Basıncı

W : köprüye etki eden Rüzgar yükleri
 WL : Taşıtlara etki eden Rüzgar yükleri
 RST : Büzülme ve Sıcaklık tesirleri
 EQ : Deprem yükleri

YÜK KOMBİNASYONLARI (EN 1990)

- Tasarım için özet olarak;
 - 1.35 SY
 - 1.35 SY + 1.5 HY
 - 1.35 SY ± 1.50 RY
 - 1.00 SY ± 1.50 RY
 - 1.35 SY + 1.35 HY ± 1.35RY
 - 1.00 SY ± 1.00 DY
 - 1.00 SY + 1.50x0.3 HY ± 1.00 DY

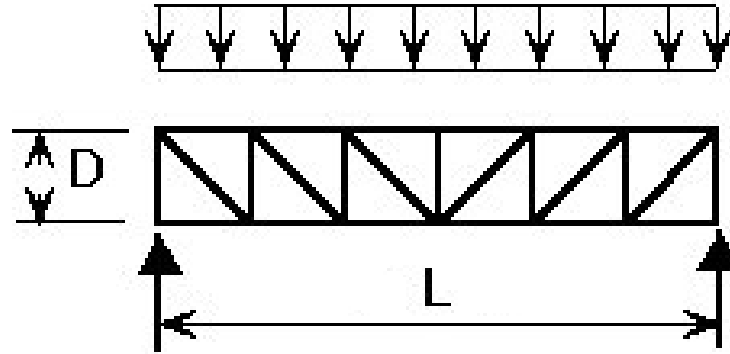
SY : Sabit Yükler
HY : Hareketli Yükler
RY : Rüzgar Yükleri
DY : Deprem Yükleri

YAPISAL ANALİZ

- Yüklerin ve taşıyıcı sistemin belirlenmesinden sonra, yapının matematiksel modeli oluşturularak bilgisayar programlarının da yardımı ile
 - elemanlarda oluşan iç kuvvetler
 - deformasyon değerlerielde edilir.
- Hiperstatik sistemlerde, analiz öncesinde ön boyutlandırma yapılması gerekmektedir.

ÖN BOYUTLANDIRMA

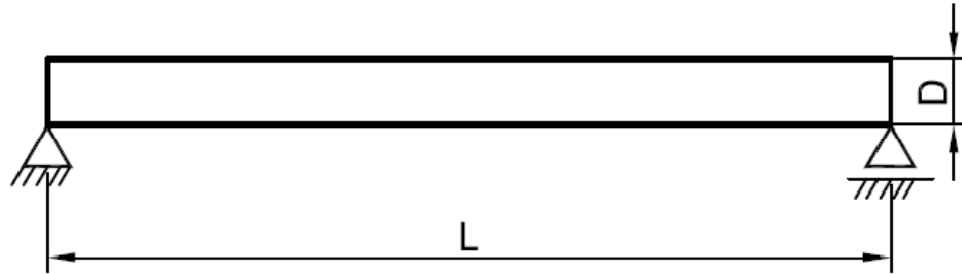
- Kiriş ve Makas elemanlarının ön boyutlandırmasında kullanılabilecek açıklık/yükseklik oranları ;



- | | |
|------------------------------------|--------------------|
| – Hazır I Profiller | $L/D : < 20$ |
| – Tek Yönlü Makaslar (Ağır yük) | $L/D : 12 \sim 15$ |
| – Tek Yönlü Makaslar (Orta yük) | $L/D : 15 \sim 18$ |
| – Tek Yönlü Makaslar (Hafif yük) | $L/D : 18 \sim 21$ |
| – Uzay çatı/İki Yönlü Izgara Makas | $L/D : 15 \sim 45$ |

L/D ORANI

- Tek açıklıklı kiriş/makas türü eğilme elemanları için en uygun Açıklık/yükseklik oranının tespit edilmesi ;



L : Kiriş açıklığı

D : Kiriş yüksekliği (başlık merkezleri arası mesafe)

q : Düzgün yayılı yük (Sabit + Hareketli)

A : Kiriş/Makas alt ve üst başlık alanı

$\sigma_{\text{çem}}$: Çelik emniyet gerilmesi (S235 veya St37 için 1.44 t/cm^2)

E : Çelik elastik modülüs değeri (2100 t/cm^2)

sehim sınırını $L/300$ kabul edebiliriz. (TS 648, Bölüm 2.4.2.4)

- Gerilme Kontrolü ;

$$\sigma_{\text{çem}} = M / W, \quad M = q L^2 / 8, \quad W = A \times D$$

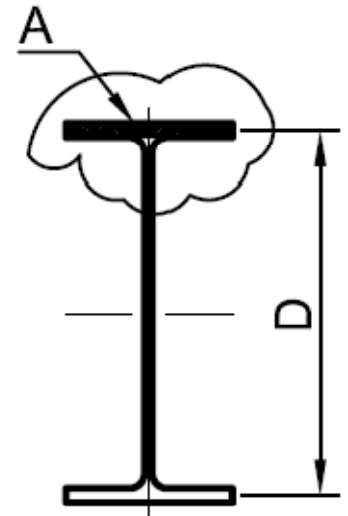
$q = 8 \sigma_{\text{çem}} \times A \times D / L^2$, değeri elde edilir.

- sehim Kriteri, L/300 için ;

$$L / 300 = 5/384 \times q \times L^4 / (E I)$$

$$I = 2 A (D/2)^2 = A D^2/2$$

$$q = 384 E I / (5 \times 300 \times L^3)$$



L/D ORANI

- Her iki kriter sonucu bulunan “q” değeri eşitlendiğinde ;

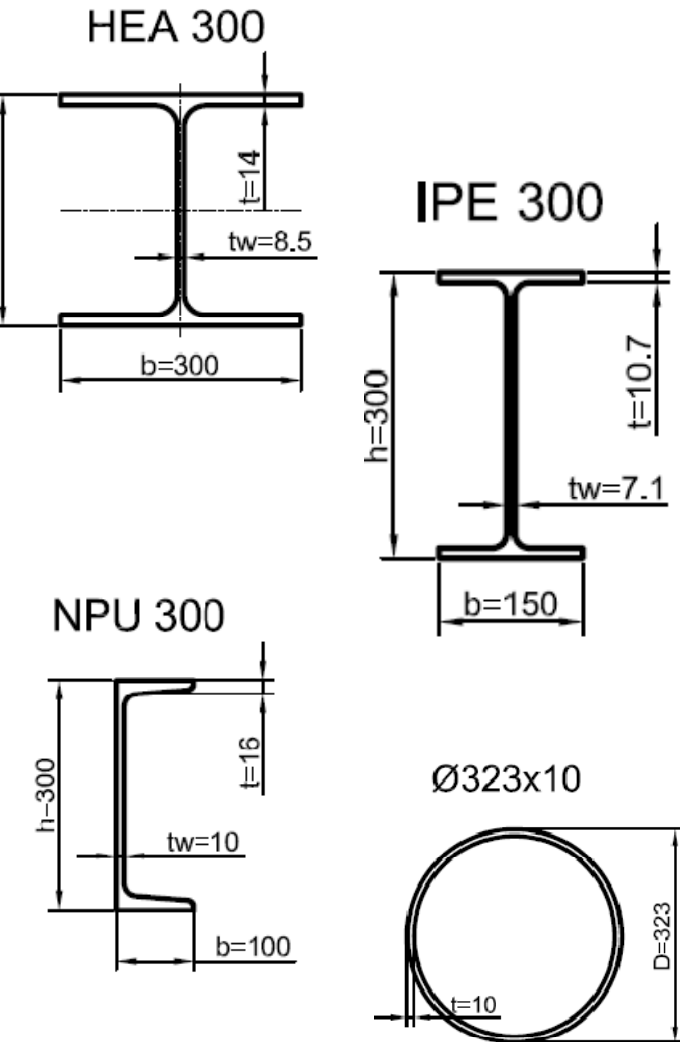
$$\frac{L}{D} = 0.016 \frac{E}{\sigma_{\text{çem}}}$$

- $\sigma_{\text{çem}} = 0.6 \sigma_{\text{akma}}$ ve L/300 sehimsin sınırı için ;
 - S235 (St37) için L/D değeri 23.3
 - S275 (St44) için L/D değeri 20.3
 - S355 (St52) için L/D değeri 15.6
- Örneğin 20 metre bir açıklık ve S235 malzemesi için kesit yüksekliği $20 \text{ m} / 23.3 = 0.86 \text{ metreden}$
büyük olduğu durumda **gerilme**,
küçük olduğu durumda ise **sehim**
kesit tasarımında etkin olacaktır.

ÖN BOYUTLANDIRMA-DBYBHY

- Yapının Süneklilik düzeyine göre çelik kiriş ve kolonların minimum enkesit koşulları, elemanların lokal stabilite problemlerine maruz kalmadan akma gerilmesine ulaşabilmeleri amacı ile deprem bölgelerinde mutlaka sağlanmalıdır.
- Genel olarak tüm hazır profiller bu minimum enkesit koşullarını sağlamakla birlikte kontrol edilmelidir.

ÖN BOYUTLANDIRMA-DBYBHY, Tablo4.3



Eleman Tanımı	Narinlik Oranları	Sınır Değerler	
		Süneklik Düzeyi Yüksek Sistem	Süneklik Düzeyi Normal Sistem
Eğilme ve Eksenel basınç etkisindeki I Kesitlerinde U Kesitlerinde	$b/2t$ b/t	$0.3\sqrt{E_s/\sigma_a}$	$0.5\sqrt{E_s/\sigma_a}$
Eğilme etkisindeki I Kesitleri U Kesitleri	h/t_w	$3.2\sqrt{E_s/\sigma_a}$	$5.0\sqrt{E_s/\sigma_a}$
Basınç etkisindeki T Kesitleri L Kesitleri	h/t_w	$0.3\sqrt{E_s/\sigma_a}$	$0.5\sqrt{E_s/\sigma_a}$
Eğilme ve eksenel basınç etkisindeki I Kesitleri U Kesitleri	h/t_w	$ N_d/\sigma_a A \leq 0.10$ için $3.2\sqrt{E_s/\sigma_a} \left(1 - 1.7 \left \frac{N_d}{\sigma_a A} \right \right)$	$ N_d/\sigma_a A \leq 0.10$ için $5.0\sqrt{E_s/\sigma_a} \left(1 - 1.7 \left \frac{N_d}{\sigma_a A} \right \right)$
		$ N_d/\sigma_a A > 0.10$ için $1.33\sqrt{E_s/\sigma_a} \left(2.1 - \left \frac{N_d}{\sigma_a A} \right \right)$	$ N_d/\sigma_a A > 0.10$ için $2.08\sqrt{E_s/\sigma_a} \left(2.1 - \left \frac{N_d}{\sigma_a A} \right \right)$
Eğilme veya eksenel basınç etkisindeki dairesel halka kesitler (borular)	D/t	$0.05 \frac{F_s}{\sigma_a}$	$0.08 \frac{F_s}{\sigma_a}$
Eğilme veya eksenel basınç etkisindeki dikdörtgen kutu kesitler	b/t veya h/t_w	$0.7\sqrt{E_s/\sigma_a}$	$1.2\sqrt{E_s/\sigma_a}$

ÖN BOYUTLANDIRMA-DBYBHY, Tablo4.3

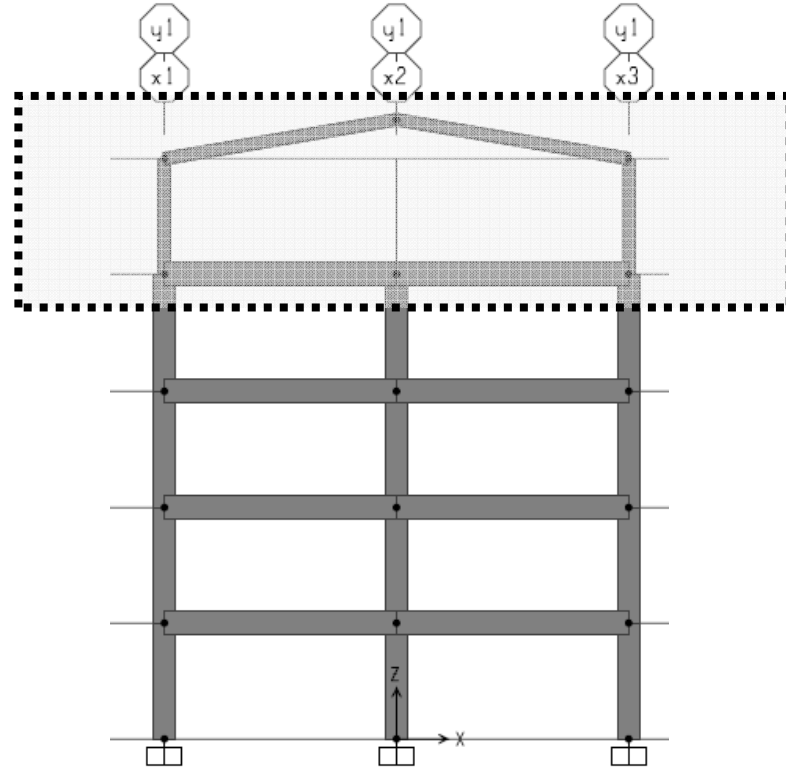
- Örnekler: S235 ($\sigma_a=2.4 \text{ t/cm}^2$, $E_s=2100 \text{ t/cm}^2$) için
 - $(E_s / \sigma_a)^{1/2} = 29.58$
- HEA 300, $h=290$, $b=300$, $t=14$, $t_w=8.5 \text{ mm}$
 - Başlık $b/2t = 300/2/14 = 10,71 > 0.3 \times 29.58 = 8.87$
 $< 0.5 \times 29.58 = 14.79$
Süneklilik düzeyi yüksek durumlarda kullanılamaz!.
 - Gövde $h/t_w = 290/8.5 = 34.12 < 3.2 \times 29.58 = 94.66$
Gövde koşulunu S.D.Y durumunda sağlıyor.

ÖN BOYUTLANDIRMA-DBYBHY, Tablo4.3

- Örnekler: S235 ($\sigma_a=2.4$ t/cm², $E_s=2100$ t/cm²) için
 - $(E_s / \sigma_a)^{1/2} = 29.58$
- IPE 300, h=300, b=150, t=10.7, tw=7.1 mm
 - Başlık $b/2t = 150/2/11 = 7.01 < 0.3 \times 29.58 = 8.87$
Süneklilik düzeyi yüksek koşulunu sağlıyor.
 - Gövde $h/tw = 300/7.1 = 42.25 < 3.2 \times 29.58 = 94.66$
Süneklilik düzeyi yüksek koşulunu sağlıyor.
- $\phi 323 \times 9$, D=323, t=10 mm
 - $D/t = 323 / 10 = 32.3 < 0.05 \times 2100 / 2.4 = 43.75$ OK.
Süneklilik düzeyi yüksek koşulunu sağlıyor.

MEVCUT BİNA ÜZERİNDE ÇELİK YAPI ANALİZİ

- Bu bölümde, sık karşılaşılan bir durum olarak, mevcut betonarme bir binanın üzerine, hafif olması gerekçesi ile yapılan çelik çatı analizi incelenecektir.



- Çerçeve aralıkları, 6 metre kabul edilmiştir.

YÜKLER

Betonarme Çerçeve için (C25) :

$$g = 0.700 \text{ t/m}^2, \quad q = 0.200 \text{ t/m}^2$$

(Kolon ve Kirişler : 40x60 cm)

Çelik Çatı için (S235) :

$$g = 0.050 \text{ t/m}^2, \quad q = 0.100 \text{ t/m}^2$$

(Kolon ve Kirişler : NPI 300)

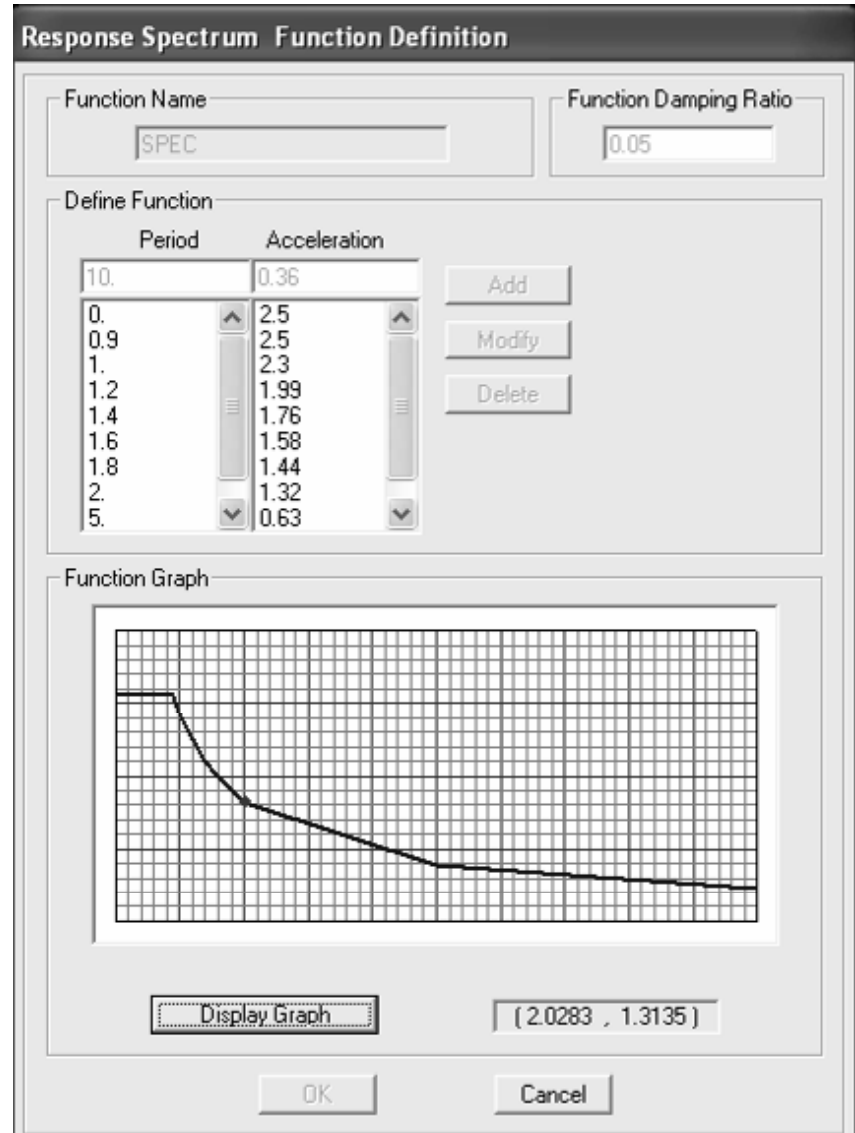
Deprem Parametreleri :

$$A = 0.4$$

$$I = 1.0$$

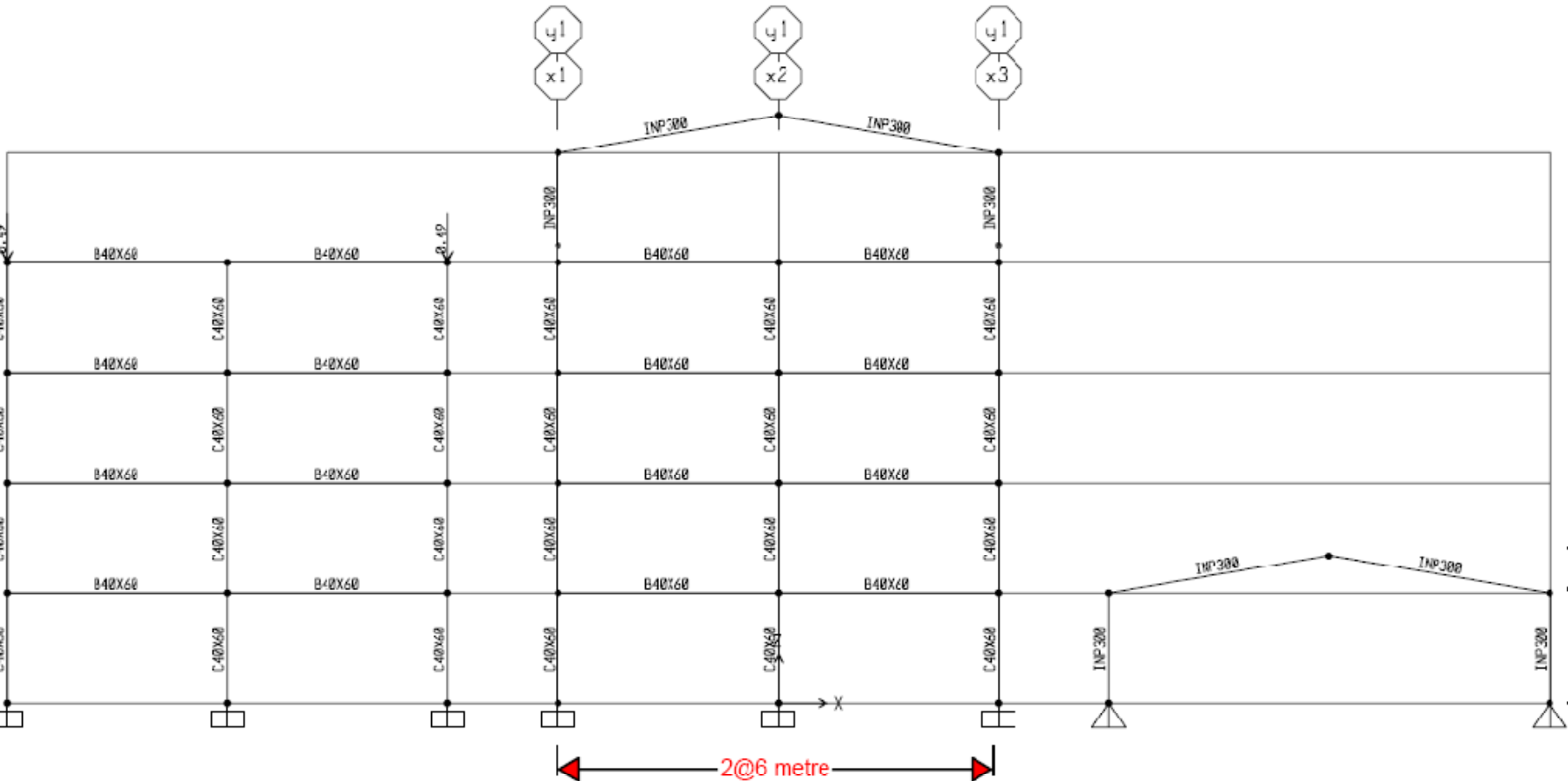
$$R = 4,$$

Zemin Sınıfı : Z4



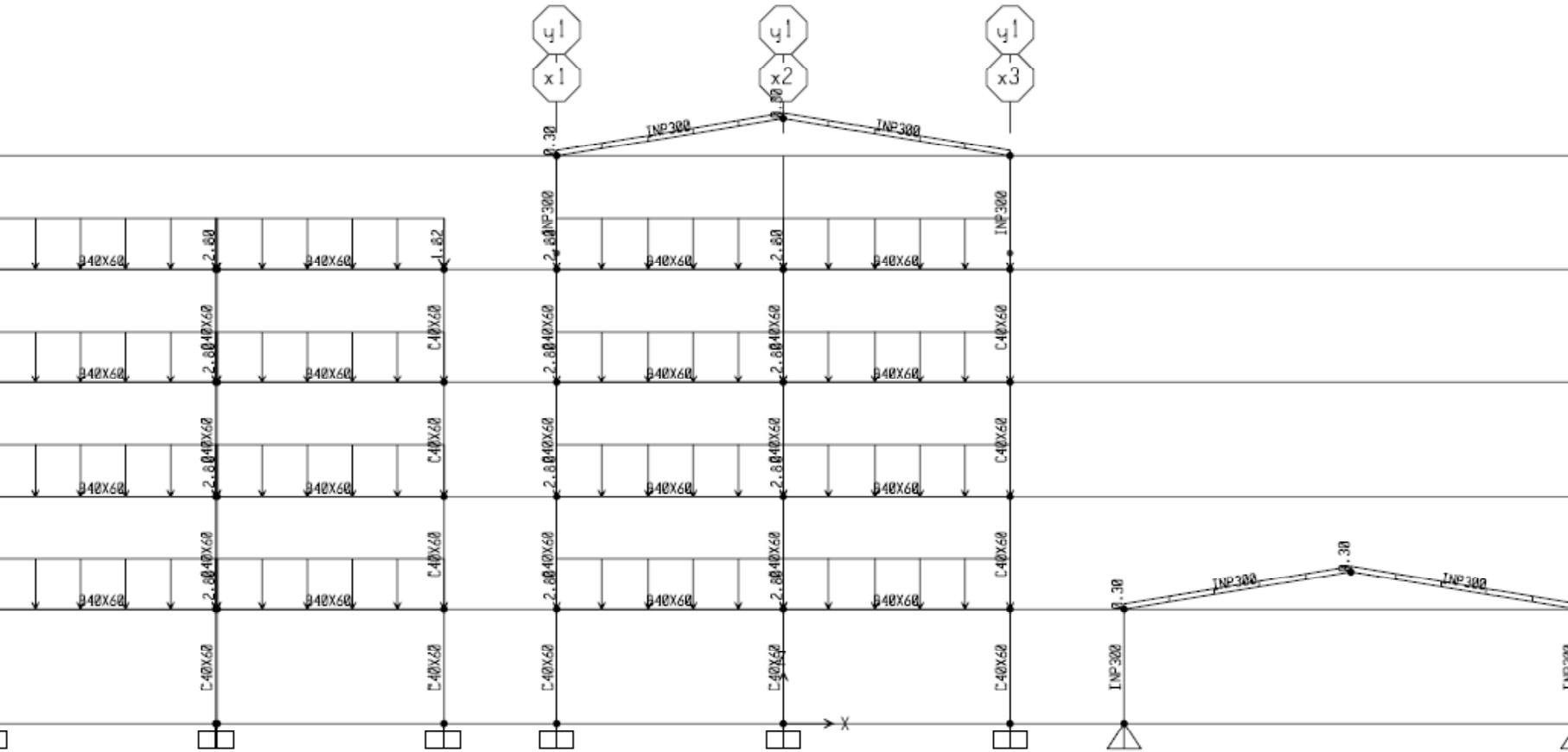
DURUM #1 - ANALİZ MODELİ

- Çelik kolon altları mafsalsal (pin) bağlantılı



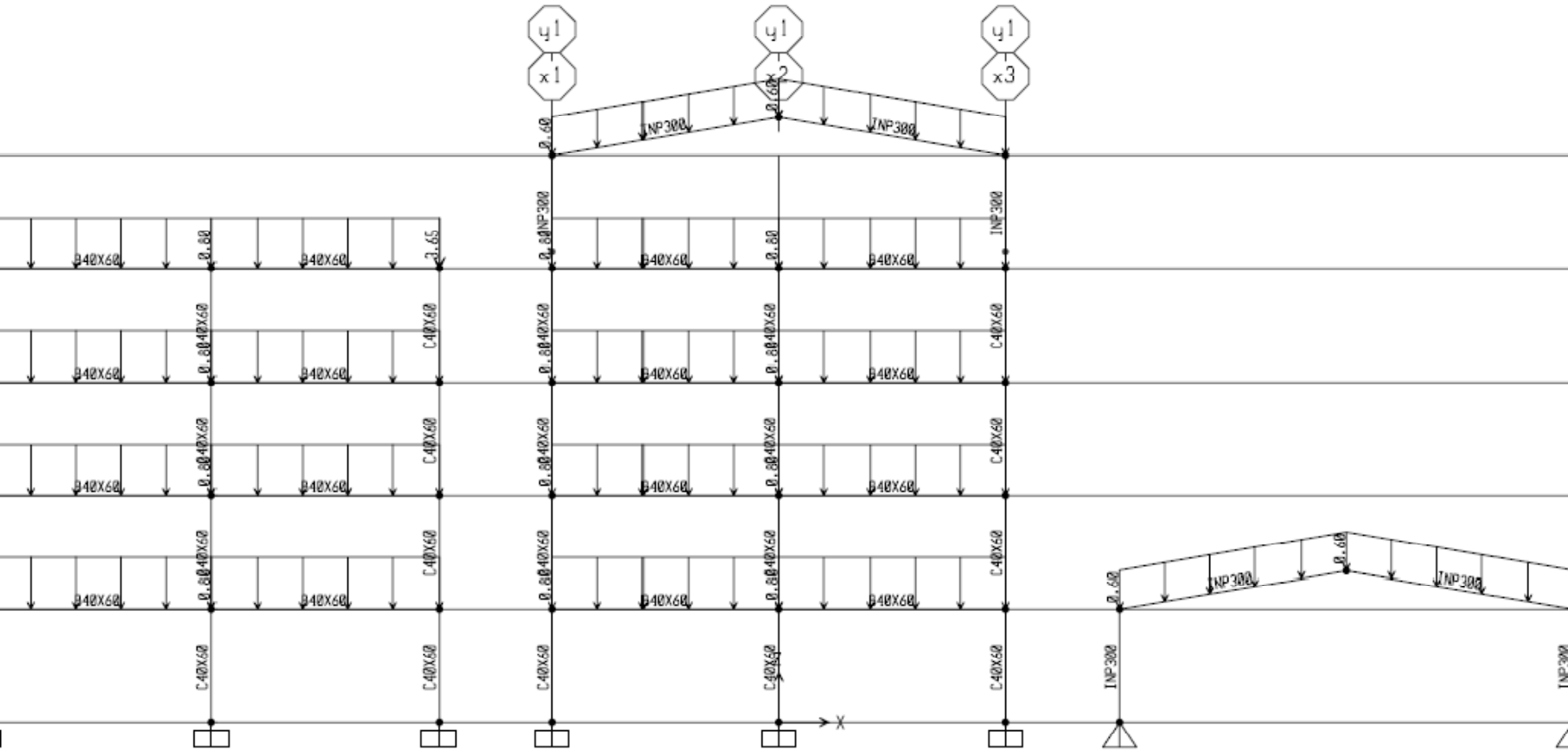
DURUM #1 - ANALİZ MODELİ

■ Sabit Yükler



DURUM #1 - ANALİZ MODELİ

■ Hareketli Yükler

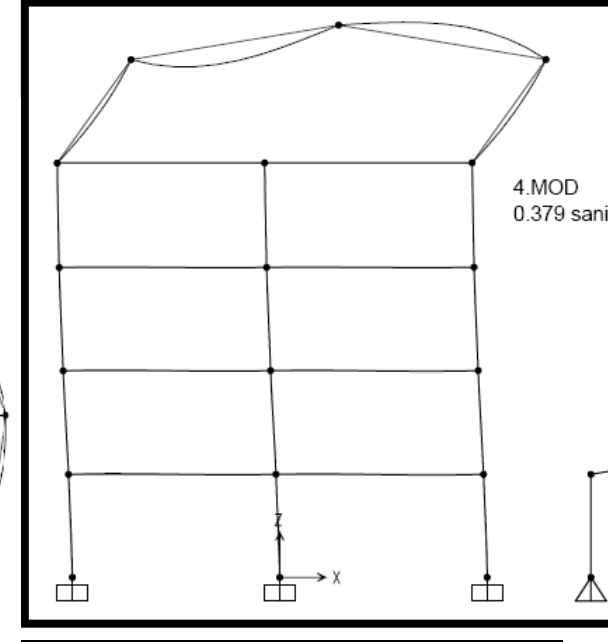
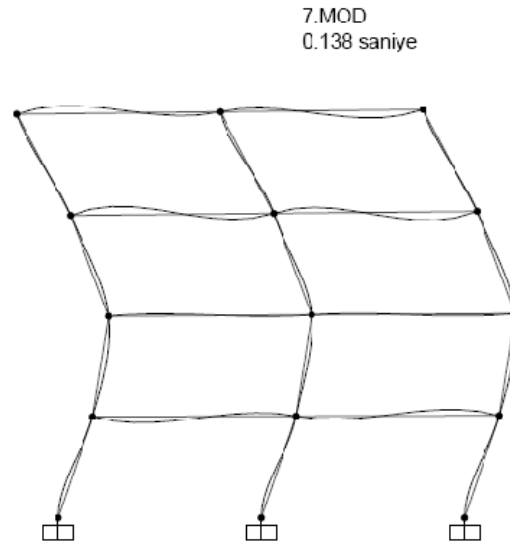
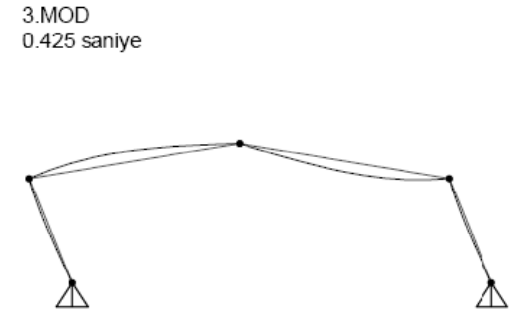
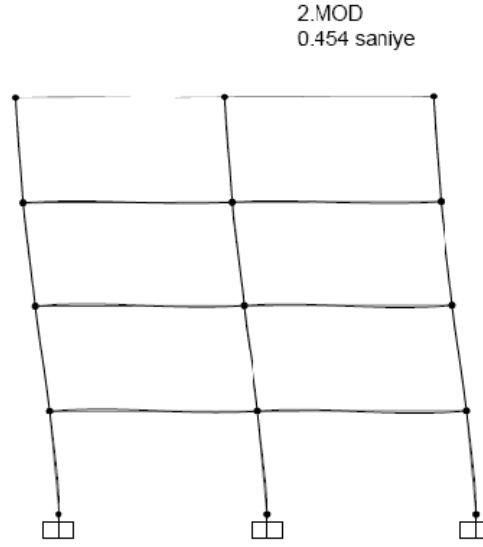
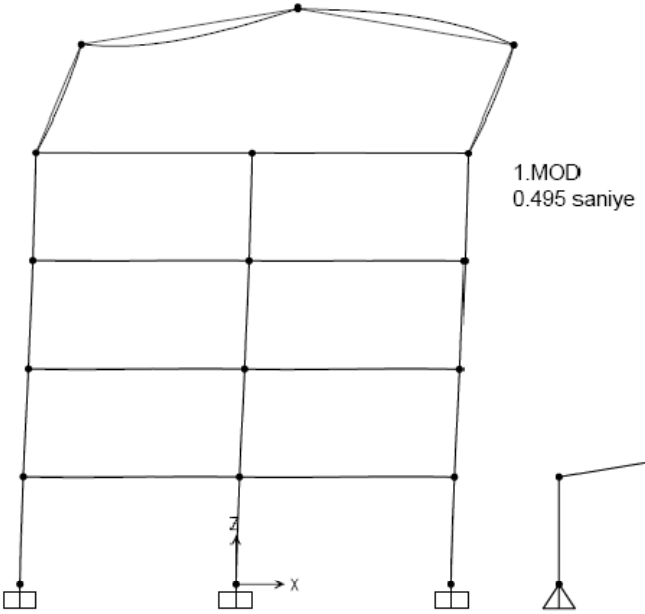


DURUM #1

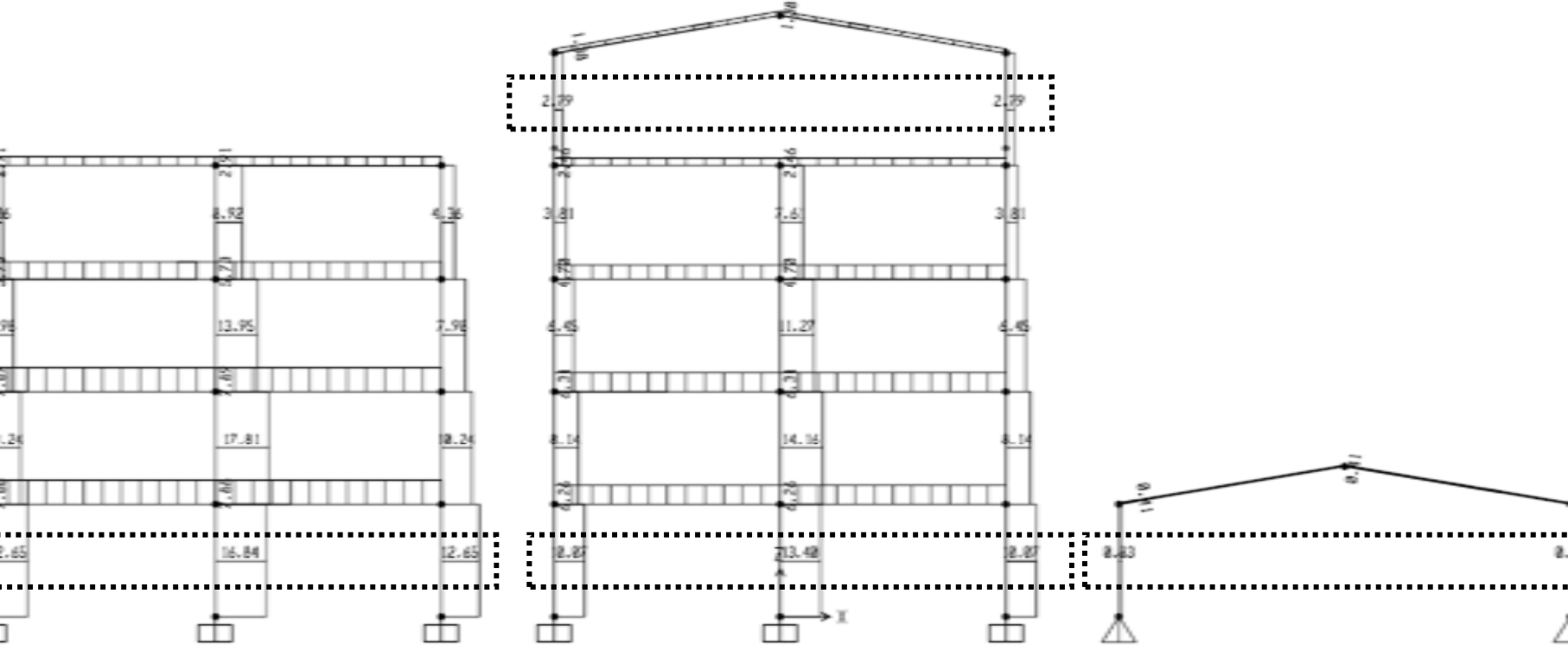
- Her bir Mod için Kütle Katılım Oranları;

KÜTLE KATILIM ORANLARI							
MOD No	Periyot (saniye)	UX	UY	UZ	SumUX	SumUY	SumUZ
1	0.495	28%	0%	0%	28%	0%	0%
2	0.454	41%	0%	0%	69%	0%	0%
3	0.425	2%	0%	0%	70%	0%	0%
4	0.379	13%	0%	0%	84%	0%	0%
5	0.258	0%	0%	1%	84%	0%	1%
6	0.258	0%	0%	1%	84%	0%	2%
7	0.138	6%	0%	0%	89%	0%	2%
8	0.135	5%	0%	0%	95%	0%	2%
9	0.074	2%	0%	0%	97%	0%	2%
10	0.073	2%	0%	0%	99%	0%	2%
11	0.057	0%	0%	25%	99%	0%	26%
12	0.057	0%	0%	24%	99%	0%	50%

DURUM #1 – MOD ŞEKİLLERİ



DURUM #1 – KESME DİYAGRAMI



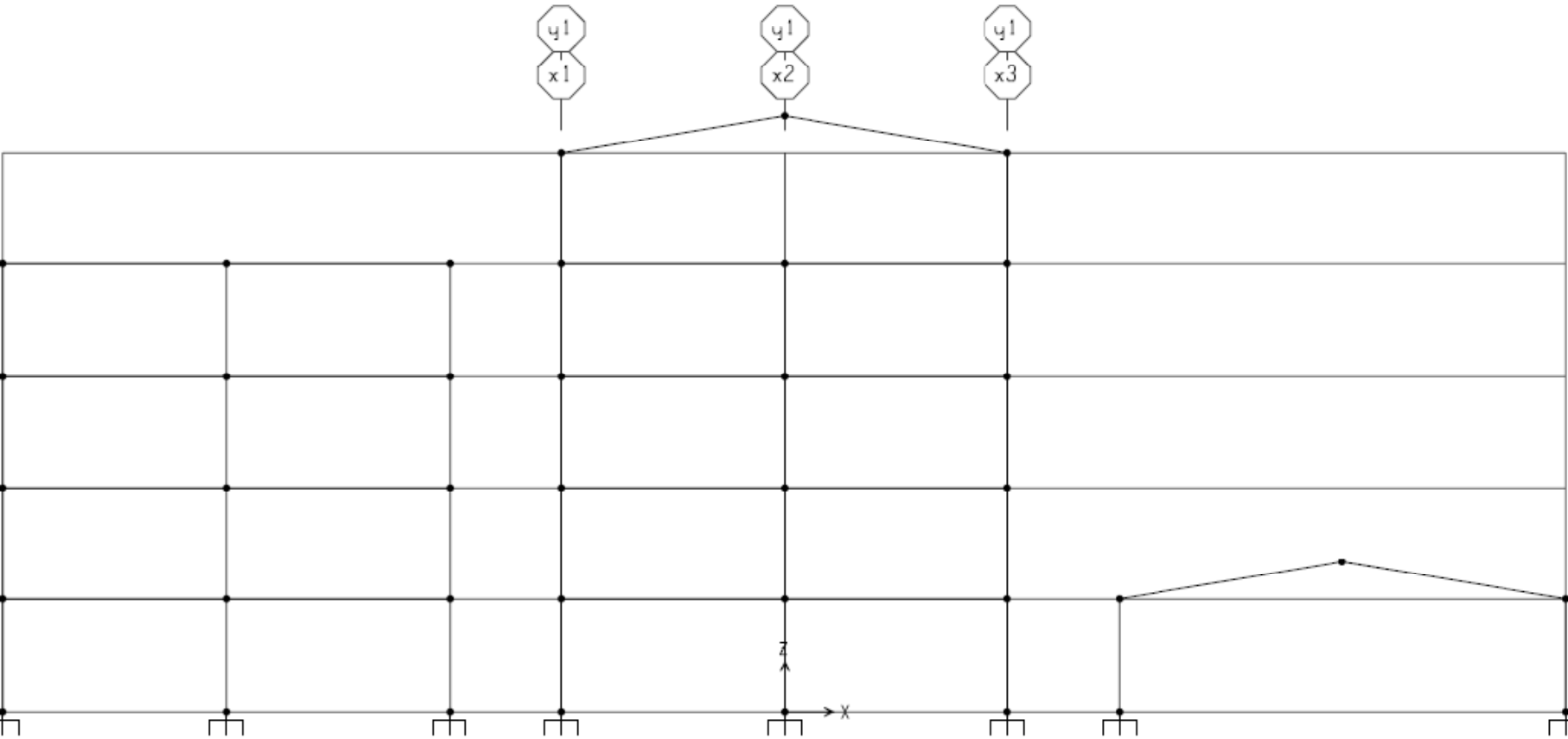
- Sol Çerçeve, $V=12.65+16.84+12.65 = 42.14$ ton
- Orta Çerçeve, $V=10.07+13.40+10.07 = 33.54$ ton (%20 Fark)
Çelik, $V=2.79 \times 2 = 5.58$ ton
- Sağ Çerçeve, $V=0.83 \times 2 = 1.66$ ton

DURUM #1 – DEĞERLENDİRME

- Çelik çerçeve için $W = 6.81$ ton
 - $V = W A I S(T) / R = 6.81 \times 0.4 \times 1 \times 2.5 / 4$
 $V = 1.70$ ton ~ 1.66 ton (Analiz Sonucu)
- ABYYHY-98, 6.11.2 'ye göre
 - $f_e = w_e A I (1 + H_i / H_N) = 6.8 \times 0.4 \times 1 \times (1 + 15 / 15)$
 $f_e = 5.45$ ton ~ 5.58 ton (Analiz Sonucu)
- DBYYBY-07, 2.11.1 'e göre
 - $f_e = 0.5 A I W_e (1 + 2 H_i / H_N) = 0.5 \times 0.4 \times 1 \times 6.8 (1 + 2 \times 15 / 15)$
 $f_e = 4.09$ ton

DURUM #2 - ANALİZ MODELİ

- Çelik kolon altları rijit (ankastre-fixed) bağlantılı

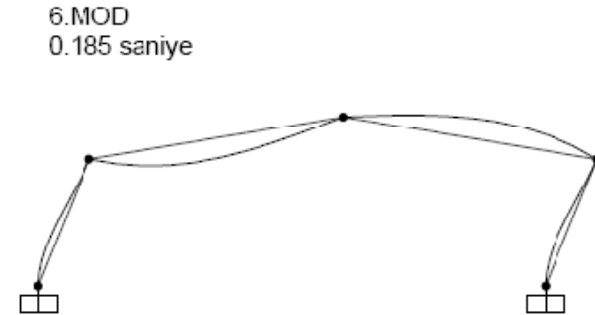
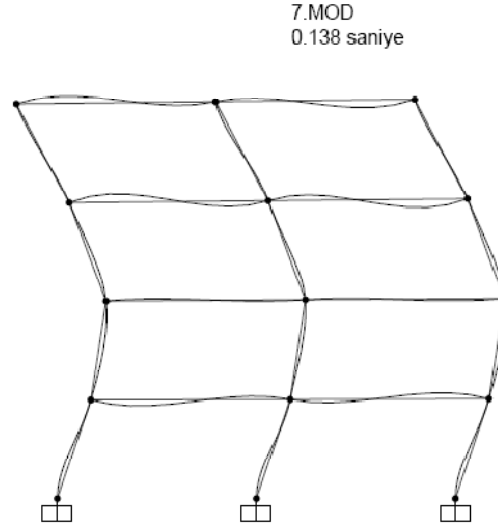
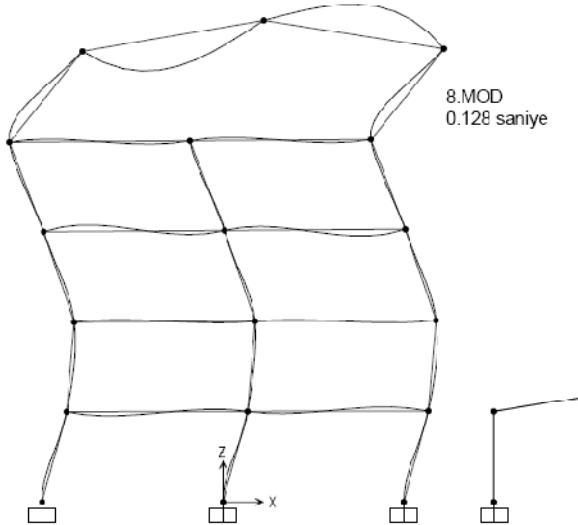
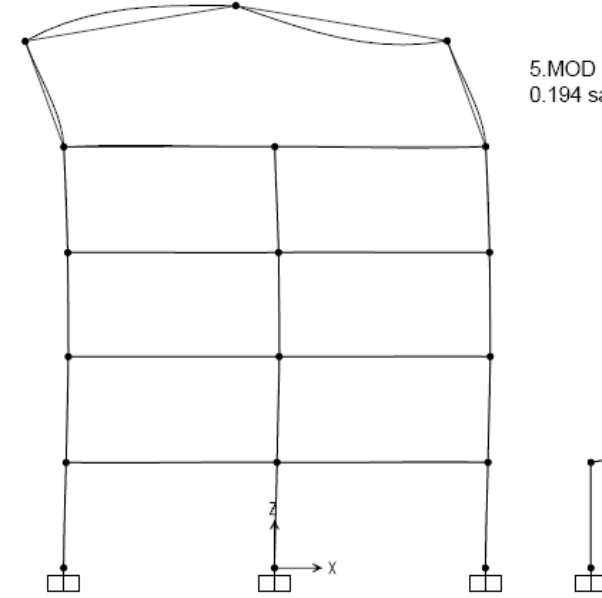
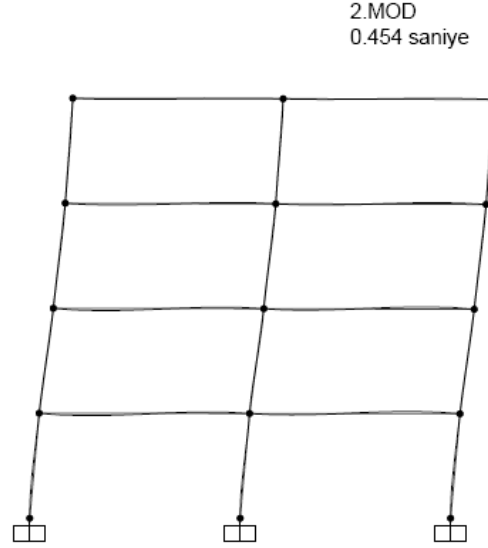
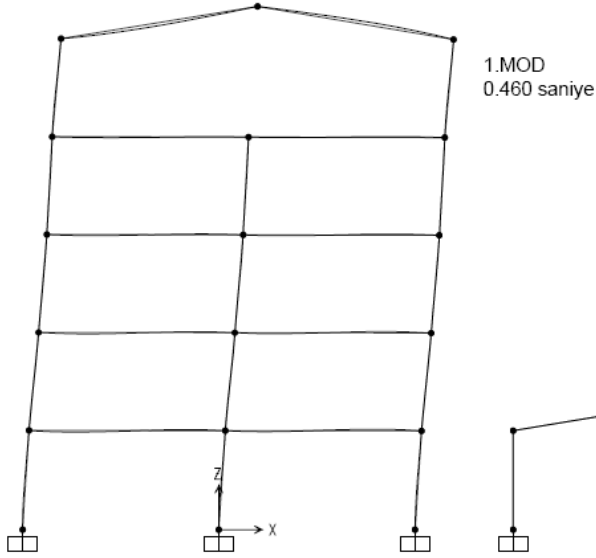


DURUM #2

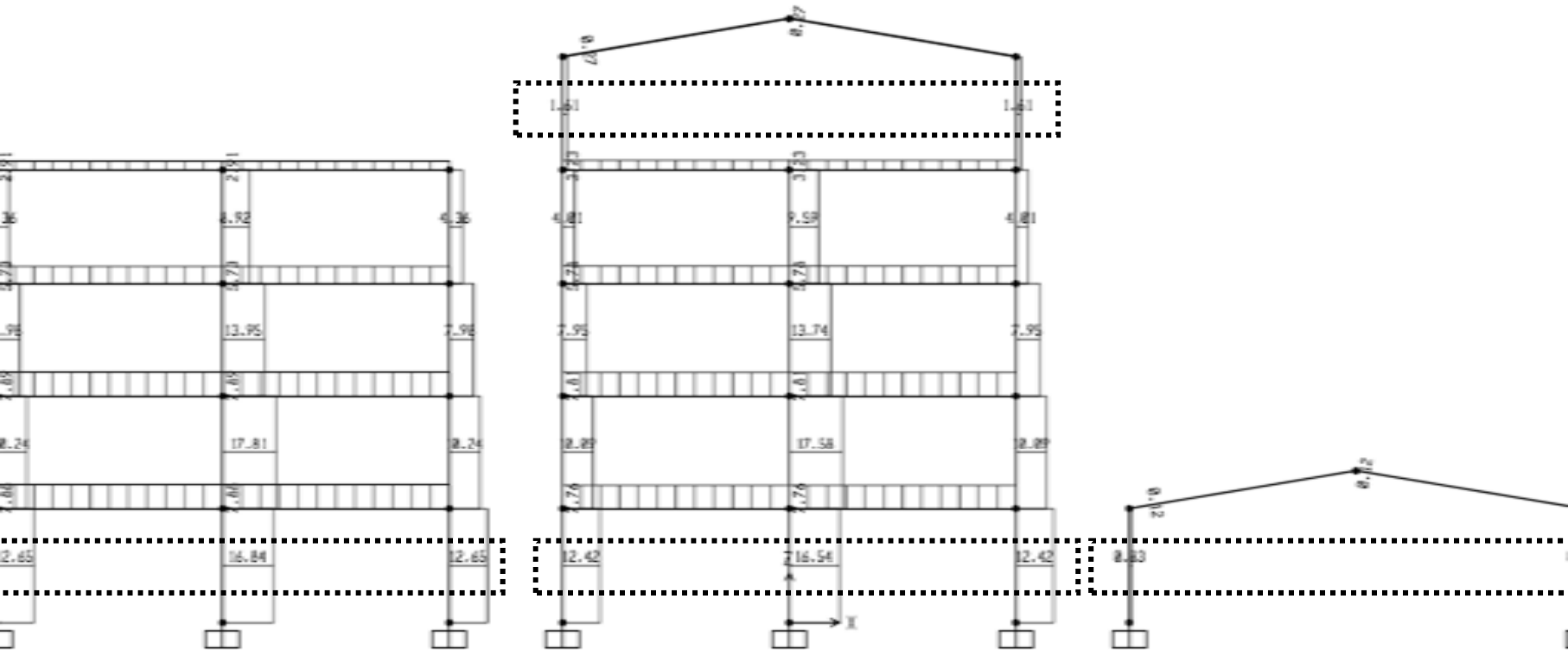
- Her bir Mod için Kütle Katılım Oranları;

KÜTLE KATILIM ORANLARI							
MOD No	Periyot (saniye)	UX	UY	UZ	SumUX	SumUY	SumUZ
1	0.460	40%	0%	0%	40%	0%	0%
2	0.454	41%	0%	0%	81%	0%	0%
3	0.232	0%	0%	1%	81%	0%	1%
4	0.230	0%	0%	1%	81%	0%	2%
5	0.194	2%	0%	0%	83%	0%	2%
6	0.185	2%	0%	0%	85%	0%	2%
7	0.138	6%	0%	0%	90%	0%	2%
8	0.128	4%	0%	0%	95%	0%	2%
9	0.074	2%	0%	0%	97%	0%	2%
10	0.072	2%	0%	0%	99%	0%	2%
11	0.057	0%	0%	25%	99%	0%	26%
12	0.057	0%	0%	24%	99%	0%	50%

DURUM #2 – MOD ŞEKİLLERİ



DURUM #2 – KESME DİYAGRAMI



- Sol Çerçeve, $V=12.65+16.84+12.65 = 42.14$ ton
- Orta Çerçeve, $V=12.42+16.54+12.42 = 41.38$ ton (%2 Fark)
Çelik, $V=1.61 \times 2 = 3.22$ ton < 5.58 ton (Durum #1)
- Sağ Çerçeve, $V=0.83 \times 2 = 1.66$ ton

İLGİLİ FORMÜLLER

- ABYYHY-98'e göre (Denk 6.22)

$$f_e = w_e A_o I (1 + H_i / H_N)$$

- DBYBHY-07'ye göre (Denk 2.21)

$$f_e = 0.5 A_o I w_e \left(1 + 2 \frac{H_i}{H_N} \right)$$

- ASCE 7-05'e göre (Denk 13.3-1)

$$F_p = \frac{0.4 a_p S_{DS} W_p}{\left(\frac{R_p}{I_p} \right)} \left(1 + 2 \frac{z}{h} \right) \quad (S_{DS} = 2.5 A_o)$$

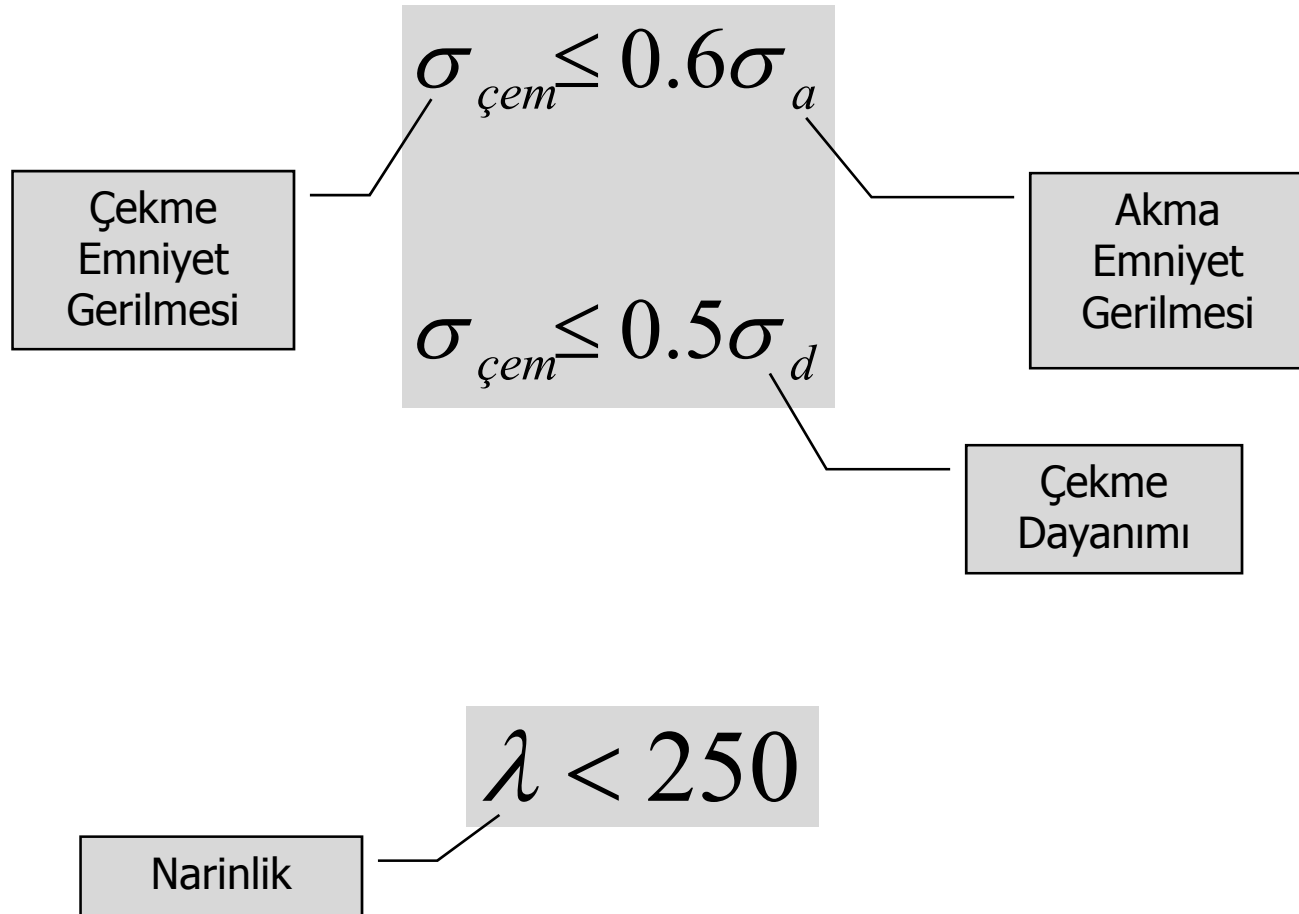
ÇELİK ELEMANLARIN TASARIMI

- Analiz sonucunda bulunan kuvvetler gözönüne alınarak, çelik elemanların gerilme ve stabilite kontrolleri yapılır.

- Bu bölümde
 - Çekme
 - Basınç
 - Eğilme
 - Eğilme + basınçetkilerine maruz elemanların tasarımları incelenecektir.

ÇEKME ELEMANLARI

■ Çekmeye Çalışan Çubuklar (TS 648)



BASINÇ ELEMANLARI

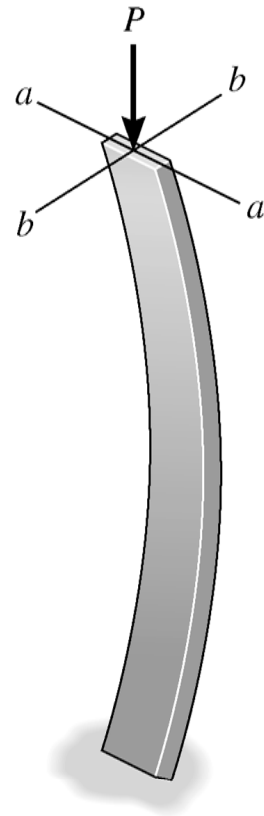
Basınca Çalışan Elemanlar

- Narinlik değeri, $\lambda = k L / i < 20$, olduğu durumlarda basınç emniyet gerilmesi çekme emniyet gerilmesine eşittir.
- Narinlik değeri, $\lambda > 20$, olduğu zaman basınca maruz elemanın burkulması dikkate alınarak basınç emniyet gerilmesi hesaplanır.

Basınç
Emniyet
Gerilmesi

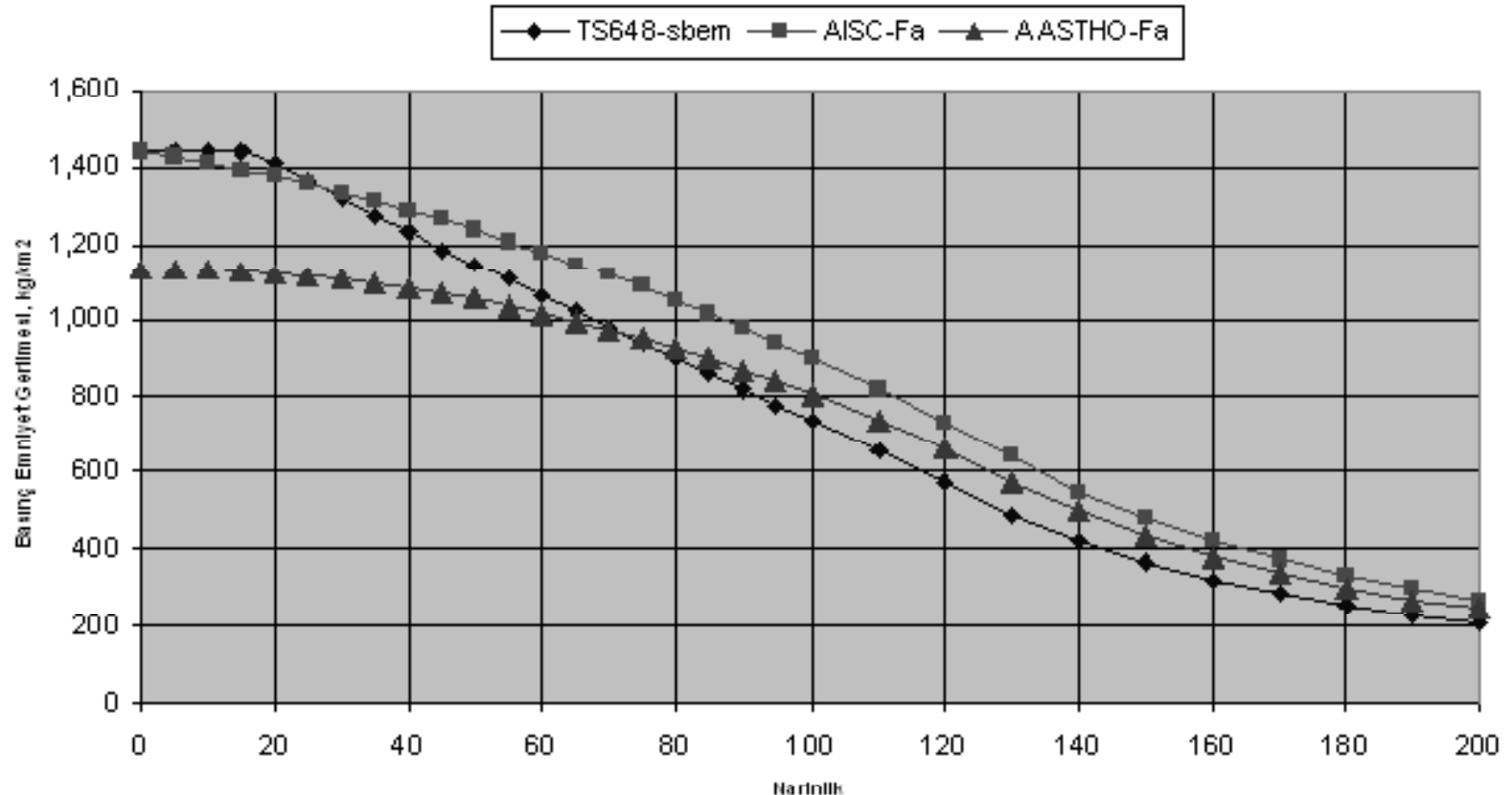
$$\sigma_{bem} = \frac{\sigma_{\text{çem}}}{w}$$

Burkulma
Katsayısı



BASINÇ ELEMANLARI

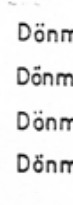
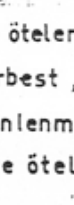
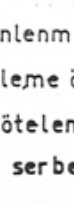
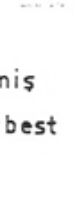
- Narinliğe bağlı olarak değişen basınç emniyet gerilmesi;

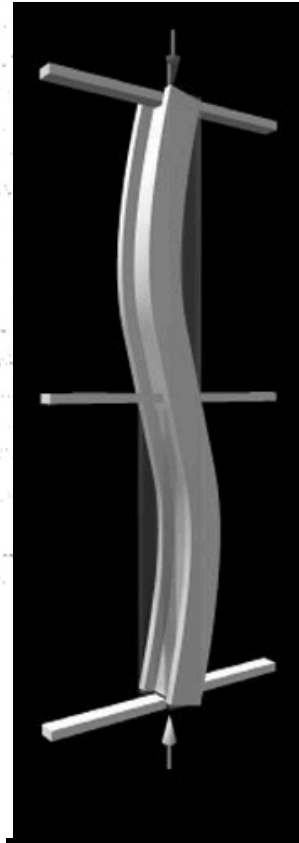
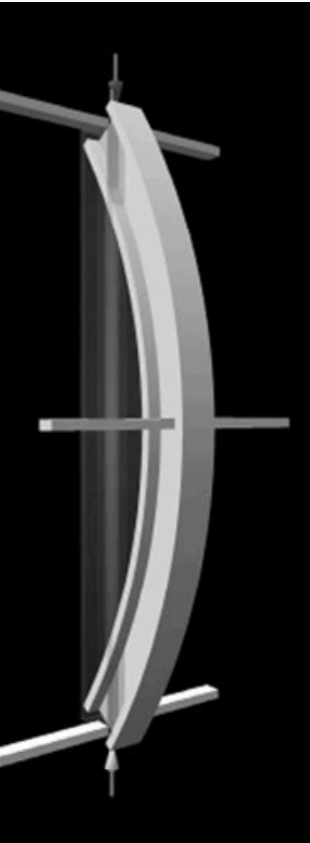


BASINÇ ELEMANLARI

■ Burkulma Boyu

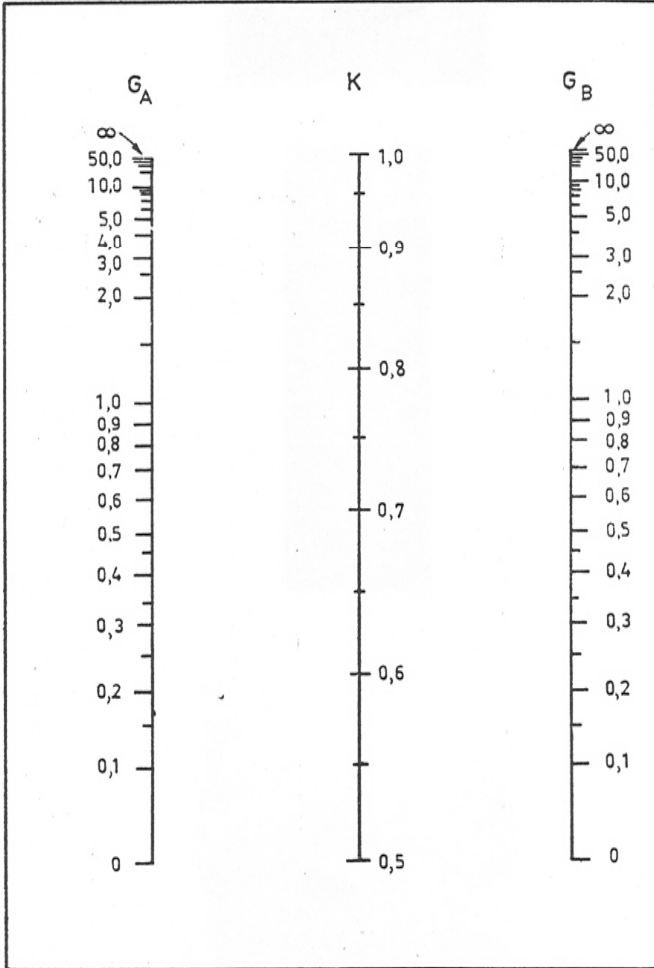
ÇİZELGE — 3 Basınç Çubuklarında Burkulma Boyu

Kesikli çizgilerle basınç çubuğunun burkulma şekli gösterilmiştir.	(a)	(b)	(c)	(d)	(e)	(f)
Teorik burkulma boyu	$0,5 \cdot s$	$0,7 \cdot s$	$1,0 \cdot s$	$1,0 \cdot s$	$2,0 \cdot s$	$2,0 \cdot s$
Tavsiye edilen burkulma boyu S_k	$0,65 \cdot s$	$0,8 \cdot s$	$1,2 \cdot s$	$1,0 \cdot s$	$2,10 \cdot s$	$2,0 \cdot s$
Bilgi						
			Dönme ve öteleme önlenmiş	Dönme serbest, öteleme önlenmiş	Dönme önlenmiş, öteleme serbest	Dönme ve öteleme serbest



BASINÇ ELEMANLARI

ÇİZELGE — 4 Öteleme Önlenmiş Basınç Çubuklarında Burkulma Boyunun Hesabında Kullanılan K Değeri İçin Nomogram



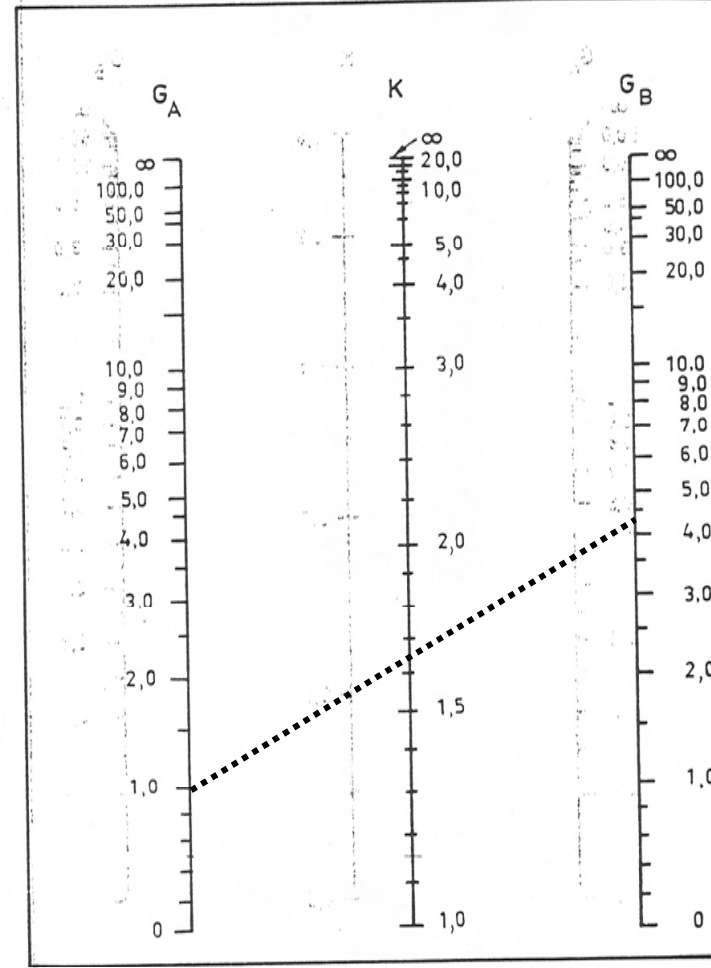
Öteleme Önlenmiş

$$G = \frac{\sum \frac{I_C}{L_C}}{\sum \frac{I_B}{L_B}}$$

Rijit, $G = 1$

Mafsalsal, $G = 10$

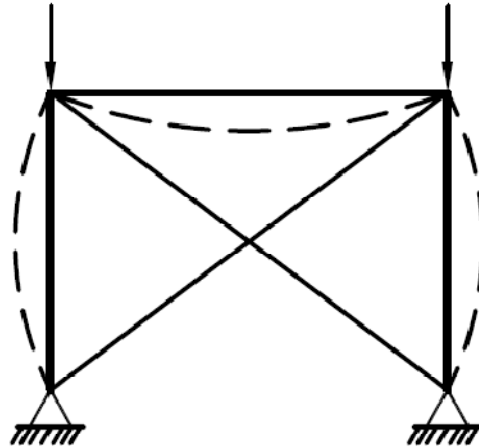
ÇİZELGE — 5 Öteleme Önlenmemiş Basınç Çubuklarında Burkulma Boyunun Kullanılan K Değeri İçin Nomogram



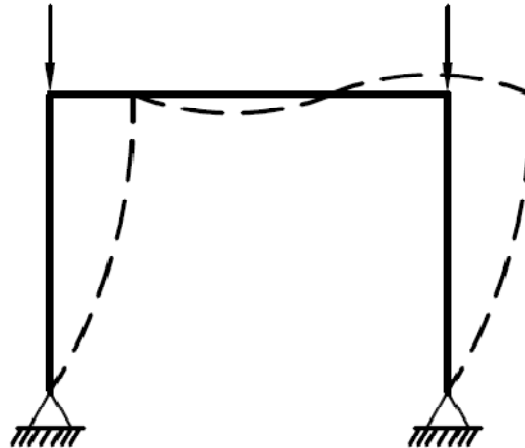
Öteleme Önlenmemiş

BASINÇ ELEMANLARI

- Yanal Ötelenmenin önlenmiş olduğu sistem;

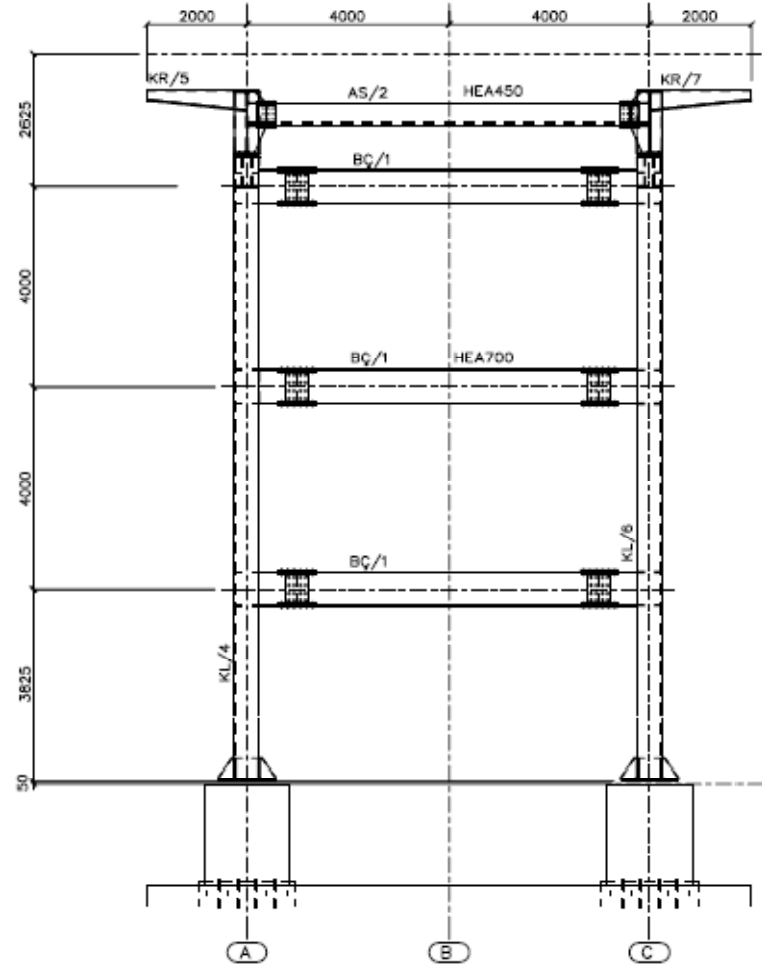
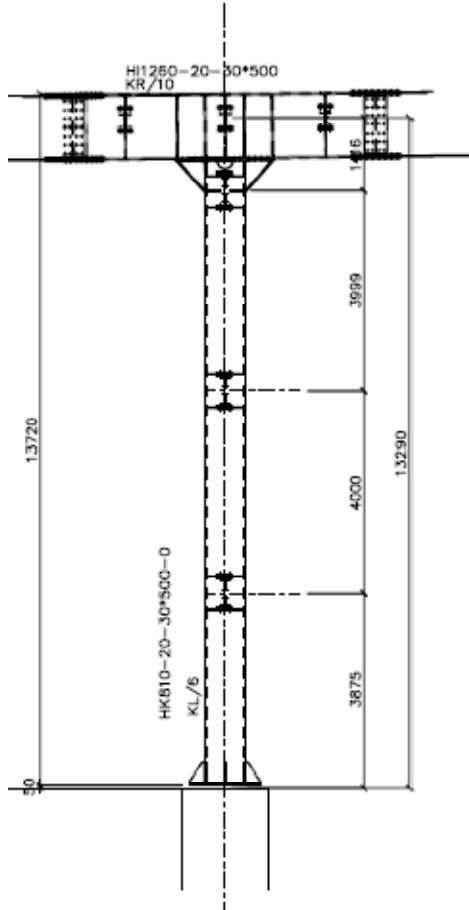


- Yanal Ötelenmenin önlenmemiş olduğu sistem;



BASINÇ ELEMANLARI-ÖRNEK

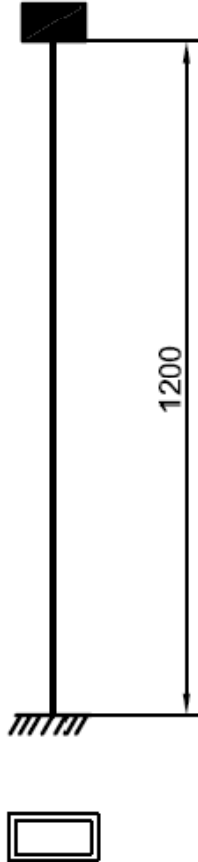
- Etkili burkulma boyu ve basınç emniyet gerilmesi hesapları ile ilgili bir örnek ;



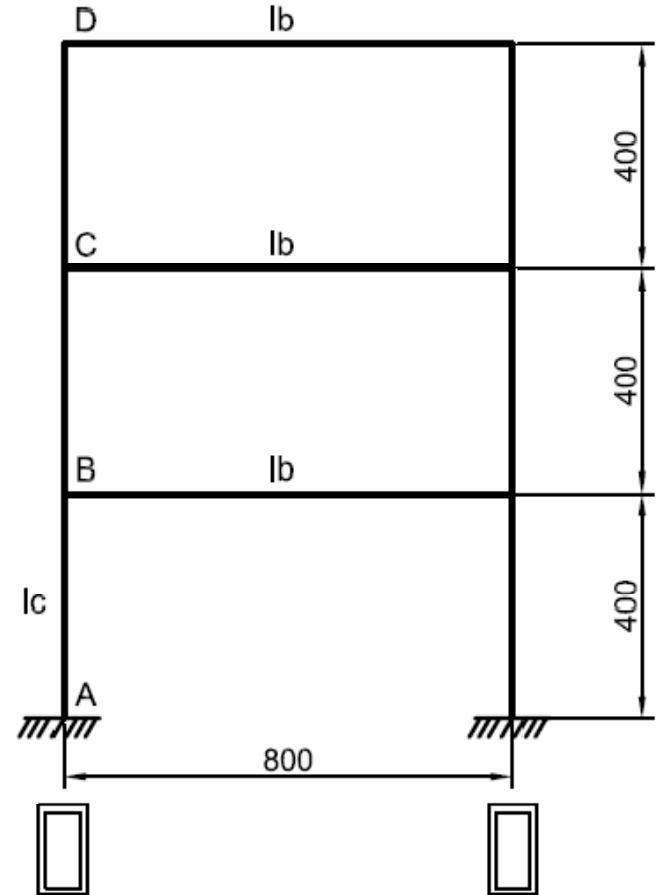
BASINÇ ELEMANLARI-ÖRNEK

- Burkulma Analizi Modelleri ;

KOLON KUVVETLİ YÖNÜ



KOLON ZAYIF YÖNÜ



BASINÇ ELEMANLARI-ÖRNEK

- Kolonun Kuvvetli Yönü için ;
 - Kolon Boyu, $L = 1200$ cm
 - Etkili boy katsayısı, $k = 1.2$ (TS 648, Çizelge-3c)
 - Atalet yarıçapı, $i = 31.55$ cm
 - Narinlik, $\lambda = k L / i = 1200 \times 1.2 / 31.55 = 45$

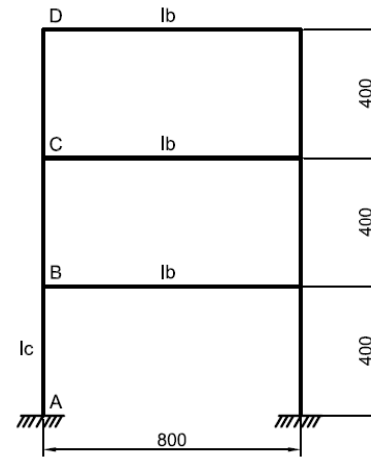
St 52 (S355) için, $\lambda_p = 107$

$$\sigma_{bem} = 1.651 \text{ t/cm}^2$$

$$\sigma_{\zeta em} = 2.160 \text{ t/cm}^2 \quad (0.6 \sigma_{akma})$$

BASINÇ ELEMANLARI-ÖRNEK

- Kolonun Zayıf Yönü için ;
 - G değerleri yardımı ile narinlikler hesaplanacaktır.
 - Yanal ötelenme önlenmemiştir.
 - $I_b = 215300 \text{ cm}^4$, $I_c = 235400 \text{ cm}^4$
 - $G_A = 1$ (Ankastre-rijit bağlantı)
 - $G_B = G_C = 2 \times (235400/400) / (215300/800) = 4.37$
 - $G_D = (235400/400) / (215300/800) = 8.75$



BASINÇ ELEMANLARI-ÖRNEK

- AB arasındaki kolon için
 - Kolon Boyu, $L = 400$ cm
 - Etkili boy katsayısı, $k = 1.662$ (TS 648, Çizelge-5)
 - Atalet yarıçapı, $i = 19.55$ cm
 - Narinlik, $\lambda = k L / i = 400 \times 1.662 / 19.55 = 34$
- BC arasındaki kolon için
 - Kolon Boyu, $L = 400$ cm
 - Etkili boy katsayısı, $k = 2.417$ (TS 648, Çizelge-5)
 - Atalet yarıçapı, $i = 19.55$ cm
 - Narinlik, $\lambda = k L / i = 400 \times 2.417 / 19.55 = 49$

St 52 (S355) için, $\lambda_p = 107$

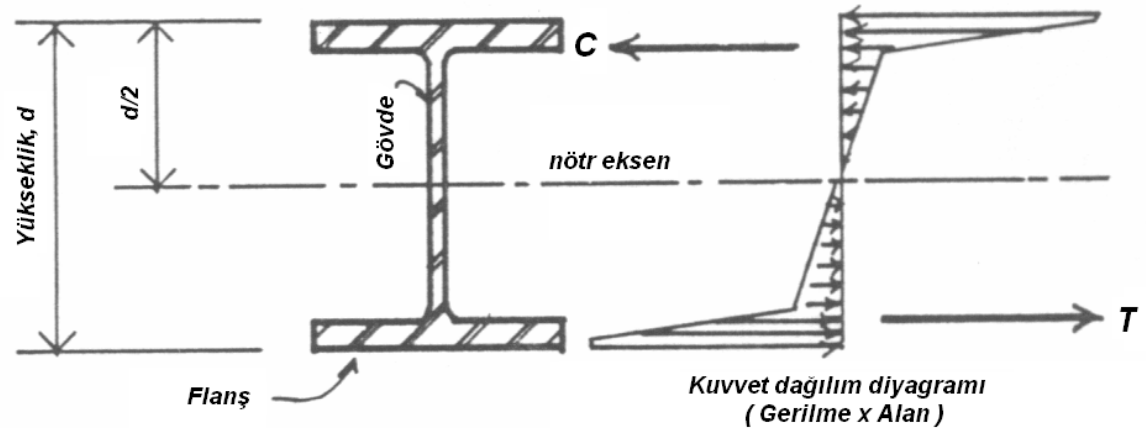
$$\sigma_{bem} = 1.589 \text{ t/cm}^2$$

EĞİLME ELEMANLARI

Eğilmeye Çalışan Elemanlar :

- Eğilmeye çalışan elemanlarda, momenti oluşturan çekme ve basınç kuvvetlerinden dolayı gerilme kontrolleri yapılır.

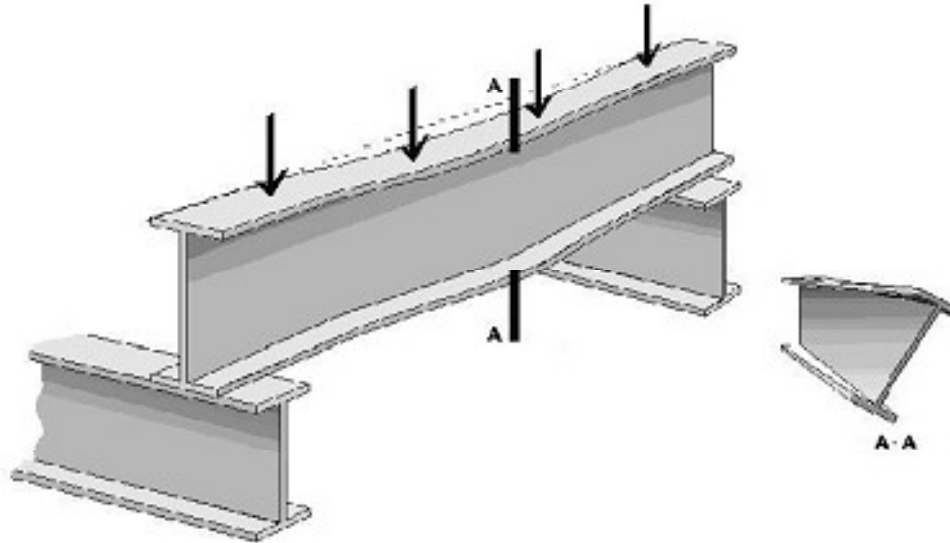
$$\sigma = M y / I$$



- Basınç kuvvetine maruz yüzeyin yanıl burkulmasının önleendiği durumlarda, $\sigma < \sigma_{\text{çem}}$ kontrolü yeterlidir.

EĞİLME ELEMANLARI

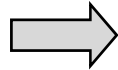
- Basınç başlığının yeterli sayıda mesnet ile tutulmadığı durumda, kolonlarda olduğu gibi burkulma problemi meydana gelir. (LTB : Lateral Torsional Buckling)



EĞİLME ELEMANLARI

- Kirişlerdeki bu özel duruma “Yanal Burkulma” denir, ve kesitteki gerilme “Yanal Burkulma Emniyet Gerilmesi, σ_B ” ile kontrol edilir.

$$\frac{s}{i_y} \leq \sqrt{\frac{300000000 \cdot C_b}{\sigma_a}}$$



$$\sigma_B = \left[\frac{2}{3} - \frac{\sigma_a \cdot \left(\frac{s}{i_y} \right)^2}{900000000 \cdot C_b} \right] \times \sigma_a < 0.6 \sigma_a$$

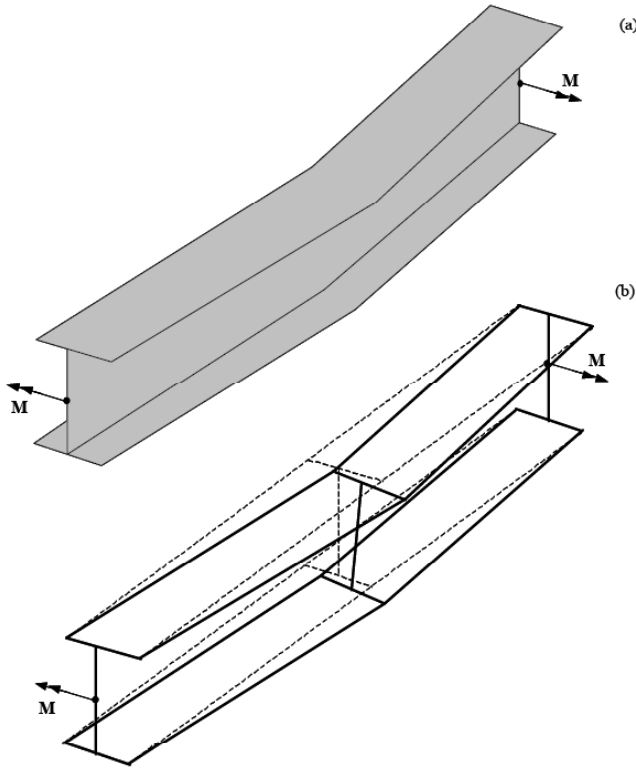
$$\frac{s}{i_y} \geq \sqrt{\frac{300000000 \cdot C_b}{\sigma_a}}$$



$$\sigma_B = \frac{100000000 \cdot C_b}{\left(\frac{s}{i_y} \right)^2}$$

EĞİLME ELEMANLARI

- Eğer basınç başlığı dolu ve yaklaşık dikdörtgen enkesite sahip ve enkesitin çekme başlığı enkesitinden daha ufak değilse, Yanal burkulma emniyet gerilmesi :



$$\sigma_B = \frac{840000 \cdot C_b}{s \cdot d / F_b}$$

EĞİLME ELEMANLARI

- M1: Uç Momentlerden Küçüğü
- M2: Uç Momentlerden Büyüğü

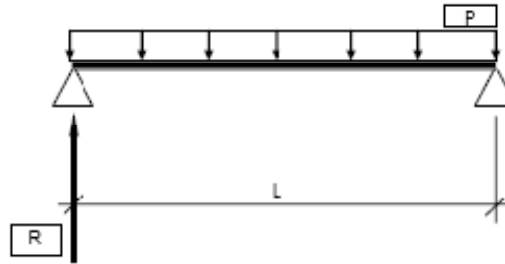
$$C_b = 1.75 + 1.05 \left(\frac{M1}{M2} \right) + 0.3 \left(\frac{M1}{M2} \right)^2 \leq 2.3$$

- Maksimum Moment uç momentlerden fazla ise C_b : 1.0 alınır

EĞİLME ELEMANLARI-ÖRNEK

ANALİZ MODELİ

☒ Yayılı Yükleme	P =	0.708	t/m	0.68	t/m	KIRIS ARALIĞI	1.50	METRE	YAYILI YUK	0.45	t/m ²
☐ Tekil Yük-1	Q ₁ =	0.00	ton								
☐ Tekil Yük-2	Q ₂ =	0.00	ton								
☐ Tekil Yük-3	Q ₃ =	0.00	ton								
☐ Tekil Yük-4	Q ₄ =	0.00	ton								
Teklî Yük-4 mesafesi, a		150	cm								



Basınç başlığı serbest

$$C_b = 1$$

NPI 220

Açıklık, L	500.0	cm
Elastisite, E	2100	t/cm ²

TASARIM KUVVETLERİ

	Yayılı	Teklî Yük-1	Teklî Yük-2	Teklî Yük-3	Teklî Yük-4	TOPLAM	
Açıklık Momenti, M	2.21	0.00	0.00	0.00	0.00	2.21	t-m
Reaksiyon, R	1.8	0.0	0.0	0.0	0.0	1.8	ton
Açıklıktaki Eğilim, δ	0.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.89	cm
						L / 559	

Gerilme, σ_b = 793.6 kg/cm²

SEÇİLEN KESİT ÖZELLİKLERİ

NPI	220
I _x	3,060 cm ⁴
W _x	278 cm ³
F	40 cm ²
G	31.0 kg/m

Yanal Burkulma Kontrolü, $\sigma_{b_k} = 840 \text{ cB } F_b / > / d -$

Flans Genisliği, b =	9.80	cm
Flans Kalınlığı, t =	1.22	cm
Kesit Yükekliği, d =	22.0	cm
cb =	1.00	
s =	500	cm

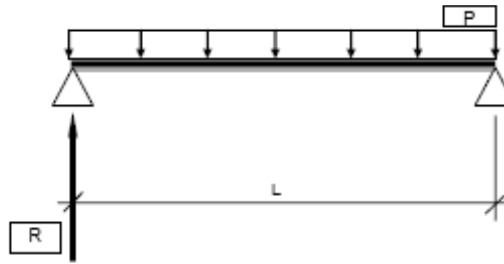
913 kg/cm²



EĞİLME ELEMANLARI-ÖRNEK

ANALİZ MODELİ

☒ Yayılı Yükleme	P =	0.687	t/m	0.68	t/m	KIRIS ARALIGI	1.50	METRE	YAYILI YUK	0.45	t/m ²
☐ Tekil Yük-1	Q ₁ =	0.00	ton								
☐ Tekil Yük-2	Q ₂ =	0.00	ton								
☐ Tekil Yük-3	Q ₃ =	0.00	ton								
☐ Tekil Yük-4	Q ₄ =	0.00	ton								
Tekil Yük-4 mesafesi, a		150	cm								



Basınç başlığı ortada
tutulu, $C_b = 1.75$

NPI 180

Ağırlık, L	500.0	cm
Elastisite, E	2100	t/cm ²

TASARIM KUVVETLERİ

	Yayılı	Tekil Yük-1	Tekil Yük-2	Tekil Yük-3	Tekil Yük-4	TOPLAM	
Ağırlık Momenti, M	2.18	0.00	0.00	0.00	0.00	2.18	t-m
Reaksiyon, R	1.7	0.0	0.0	0.0	0.0	1.7	ton
Ağırlıktaki Seçim, δ	1.9	0.0	0.0	0.0	0.0	1.86	cm
						L / 268	

Gerilme, $\sigma_b = 1352.7$ kg/cm²

SEÇİLEN KESİT ÖZELLİKLERİ

NPI	▼ 180 ▼
I_x	1,450 cm ⁴
W_x	161 cm ³
F	28 cm ²
G	21.0 kg/m

Yanal Burkulma Kontrolü, $\sigma_b = 840 \text{ cb Fb} / s / d =$

1393 kg/cm²

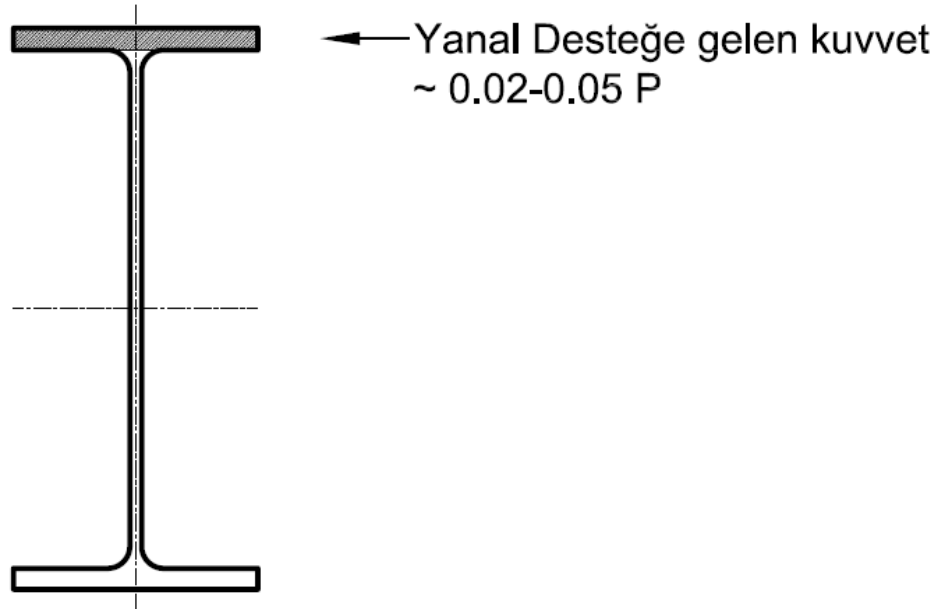
Flans Genisliği, b =	8.20	cm
Flans Kalınlığı, t =	1.04	cm
Kesit Yukekliği, d =	18.0	cm
cb =	1.75	
s =	500	cm



EĞİLME ELEMANLARI

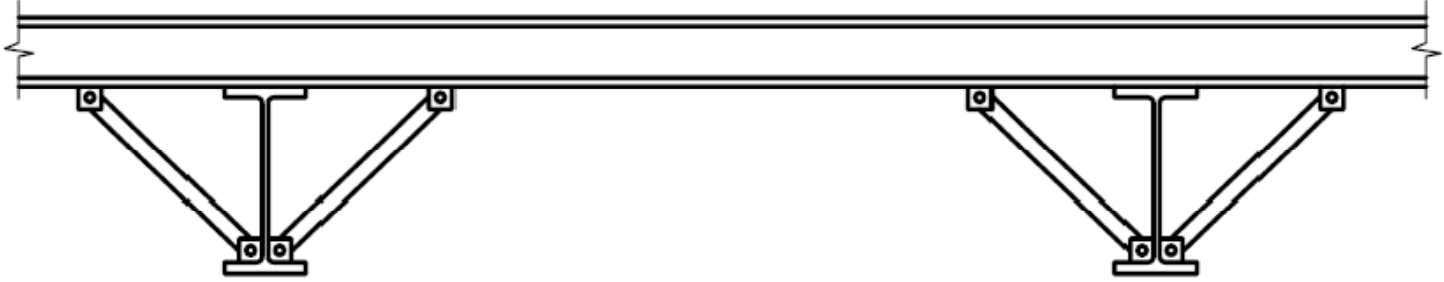
- Burkulmayı engellemek için kullanılacak yanıl desteklerin tasarımı, pratikte, basınç kuvvetinin %2~%5 arasında bir değır dikkate alınır ;

$$P = \text{Basınç başlığı alanı} \times \text{Gerilme}$$

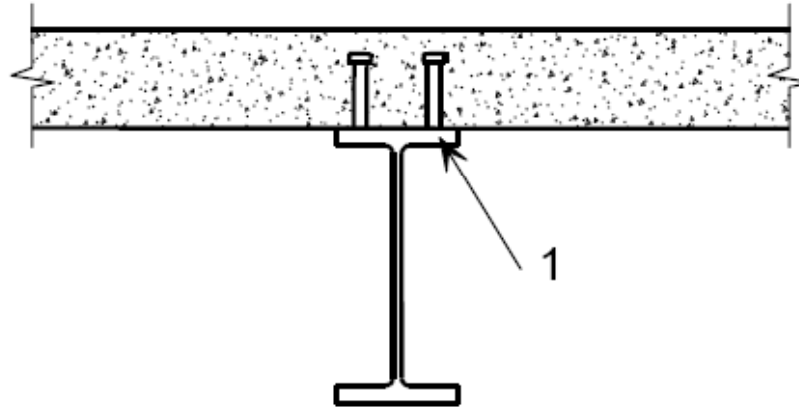


YANAL BURKULMA (EN 1993-1-1, 6.3.5.2)

- Moment yada moment ve eksenel kuvvet taşıyan elemanlar için (yanal burkulma ve burulma) mesnetlenme ;

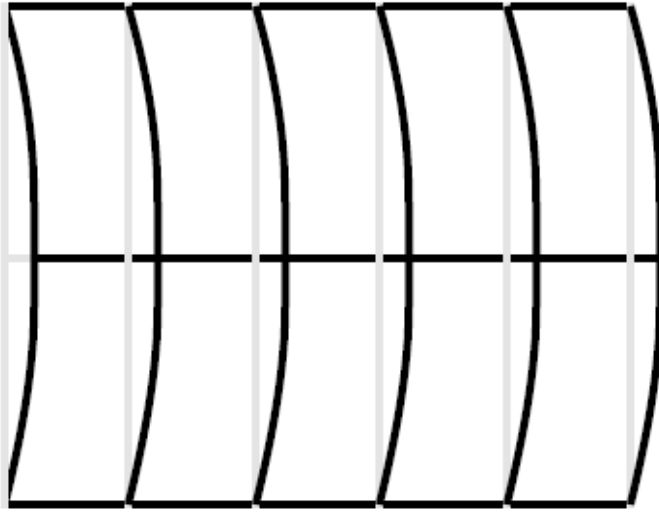


- Moment yada moment ve çekme kuvveti taşıyan elemanlar için mesnetlenme; (1 : basınç başlığı)



YANAL BURKULMA

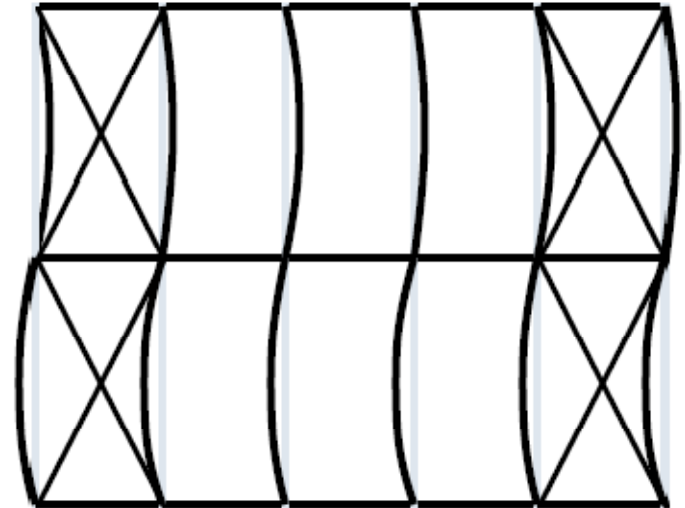
- Çatı yada Döşeme Sistemleri;



Basınç başlığı ortada
tutulu değil;

$$C_b = 1.0$$

s = kiriş açıklığı



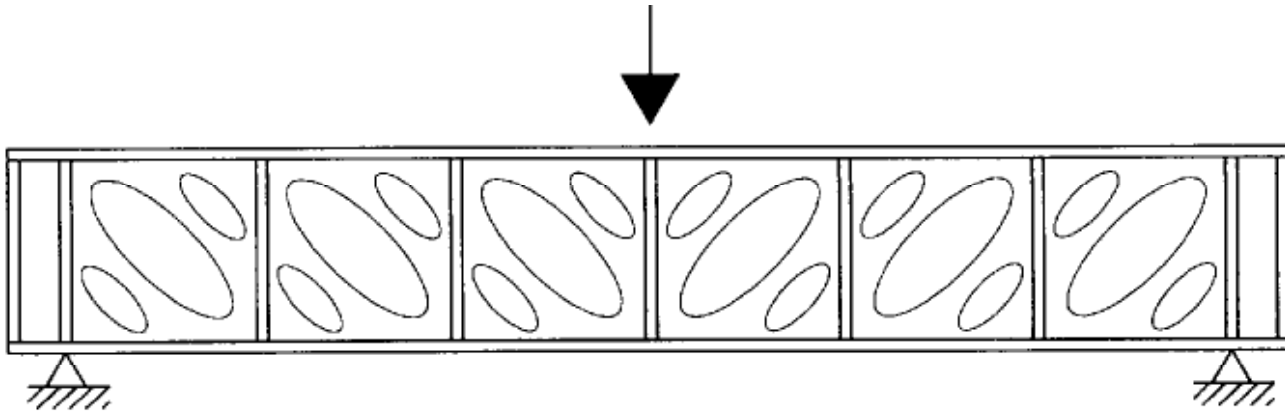
Basınç başlığı ortada
tutulu;

$$C_b = 1.75$$

s = kiriş açıklığı / 2

EĞİLME ELEMANLARI-KESME

- Sac plakalar ile yapılan derin I tipi kirişlerde, D/t (gövde yüksekliği/gövde kalınlığı) oranının çok olması durumunda kesme kuvvetinden dolayı gövde plakasında burkulma sorunu (gövde buruşması) olabilir.



EĞİLME ve BASINÇ ELEMANLARI

- Basınç ve iki yönde eğilmeye çalışan elemanlarda aşağıdaki eşitsizliğin sağlanması kontrol edilerek boyutlandırma yapılır.

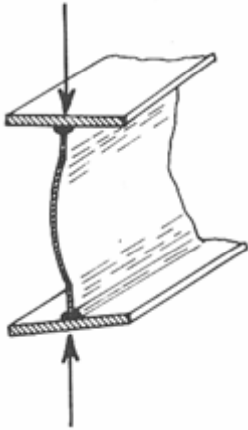
$$\sigma_{eb} = P/A$$

$$\sigma_{bx} = My/I_x$$

$$\frac{\sigma_{eb}}{\sigma_{bem}} + \frac{\sigma_{bx}}{\sigma_{Bx}} + \frac{\sigma_{by}}{\sigma_{By}} \leq 1$$

BURKULMA TÜRLERİ

- Eleman kesitindeki (başlık ve gövde enkesit koşulları)



(a) Hollow section



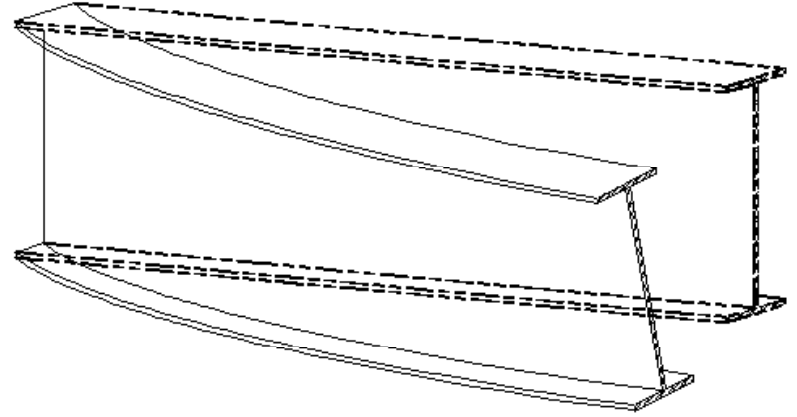
(b) Concrete infill



(c) Elastic infill

BURKULMA TÜRLERİ

- Elemandaki (basınç burkulması, kirişlerde yanal burkulma)



- Hepside basınç kuvvetinin yol açtığı stabilite problemleridir.

SERVİS KONTROLLERİ

- Çelik elemanların gerilme ve stabilite kontrolleri dışında ayrıca işletme durumuna ilişkin koşulların sağlanması (kullanılabilirlik) gerekmektedir ;

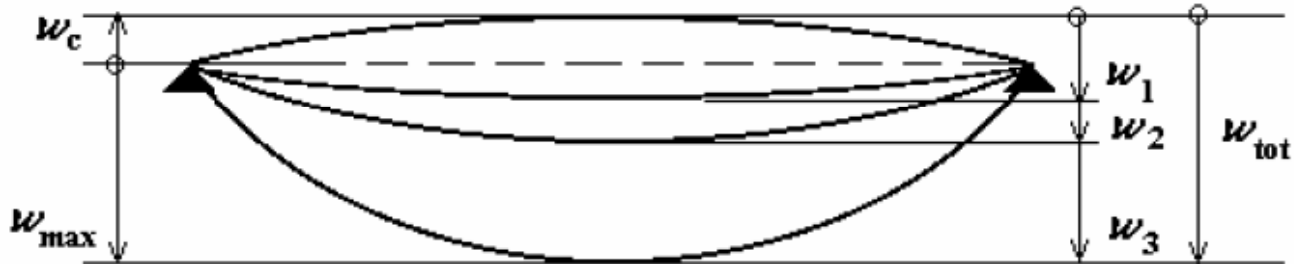
- Bunlar ;
 - **sehim**
 - **Titreşim**
 - Yorulma
 - Yangına dayanım
 - Korozyon

sehim-DEPLASMAN LİMİTLERİ

■ TS 648

Açıklığı 5 metreden büyük olan kirişlerde $L/300$
Konsollarda $L/250$

■ EN 1990:2002, Fig A1.1 (Ulusal Ek'te tanımlanmalı)



w_c : Yüklemeden önce yapılan ters sehim
 w_1 : Sabit Yüklemler altındaki ani sehim
 w_2 : Sabit yükler altında uzun dönem sehim
 w_3 : Hareketli yükler altında ani sehim
 w_{tot} : Toplam sehim, $w_1+w_2+w_3$
 w_{max} : Maksimum sehim

sehim-DEPLASMAN LİMİTLERİ

■ ENV 1993-1-1:1992, Tablo 4.1

Durum	Limitler	
	$w_{\max}$	w_3
Çatılar-genel	L/200	L/250
Çatılar-bakım dışında sıkça yürünen	L/250	L/300
Döşemeler-genel	L/250	L/300
Döşemeler ve çatılar, kırılğan kaplamalı yada flexible olmayan bölmelerin olduğu	L/250	L/350
Döşemeler-kolon taşıyan	L/400	L/500
Toplam deplasmanın yapının görünütüsünü etkilediği durumlarda	L/250	-

sehim-DEPLASMAN LİMİTLERİ

■ IBC 2003, Tablo 1600.4

	HY	Kar veya Rüzgar	SY+HY
Çatı Elemanları			
- Asma tavan taşıyan	L / 360	L / 360	L / 240
- Asma tavan taşımayan	L / 240	L / 240	L / 180
- Altı kaplamasız	L / 180	L / 180	L / 120
- Metal kaplama taşıyan	L / 150	-	L / 60
Döşeme Elemanları	L / 360	-	L / 240
Dış duvar ve İç Bölme Elemanları			
- Kırılğan kaplamalı	-	L / 240	-
- Flexible kaplamalı	-	L / 120	-
- Metal kaplama taşıyan tali elemanlar	-	L / 90	-

TİTREŞİM KONTROLÜ (Eurocodes)

- ENV 1993-1-1

Kiriş Doğal Frekansı, (Düzgün yayılı yük, basit mesnetli)

$$f = \frac{18}{\sqrt{\delta_{SW}}} \quad (Hz) > 3 \sim 5 \quad Hz$$

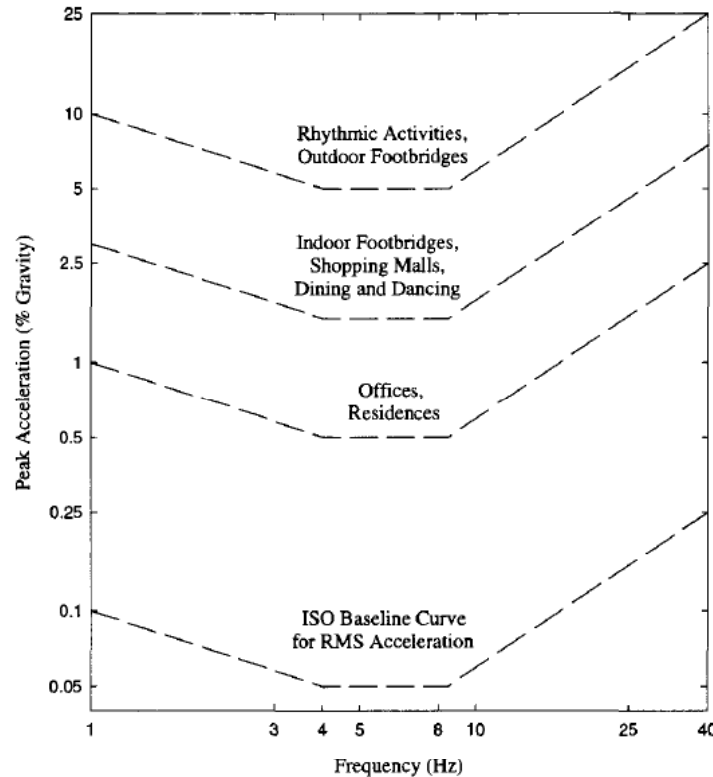
3 Hz : Ofis ve Konut

5 Hz : Jimnastik ve dans salonları

δ_{SW} : Ölü Yük ve %10 Hareketli Yük Kombinasyonundan oluşan düşey deplasman, mm

TİTREŞİM KONTROLÜ (AISC)

- AISC Design Guide-11, Vibrations
 - Düşey frekans ile ivme değeri hesaplanarak, maksimum ivme değeri ile karşılaştırılır.



TİTREŞİM KONTROLÜ (AISC)

- Aşağıdaki formül yardımı ile sistemin tahmin edilen maksimum ivmesi bulunarak, limit değerin altında kaldığı doğrulandığında titreşim problemin olmayacağı kabul edilir.

$$\frac{a_p}{g} = \frac{P_o \exp(-0.35f_n)}{\beta W} \leq \frac{a_o}{g}$$

a_p/g	= Tahmini maksimum düşey ivme,g
f_n	= Döşeme sisteminin doğal frekansı, Hz (Zati+Sabit)
a_o/g	= Kullanım alanına göre Figürdeki limit değer
P_o	= Sabit Kuvvet, Döşemeler için 0.29 kN, Yaya köprüleri için 0.41 kN
W	= Döşeme sisteminin ağırlığı, kN (Zati+Sabit Yükler)
β	= Modal sönümleme oranı

TİTREŞİM KONTROLÜ (AISC)

- Tavsiye edilen parametreler ve ivme limitleri ;

Table 4.1 Recommended Values of Parameters in Equation (4.1) and a_o/g Limits			
	Constant Force P_o	Damping Ratio β	Acceleration Limit $a_o/g \times 100\%$
Offices, Residences, Churches	0.29 kN (65 lb)	0.02–0.05*	0.5%
Shopping Malls	0.29 kN (65 lb)	0.02	1.5%
Footbridges—Indoor	0.41 kN (92 lb)	0.01	1.5%
Footbridges—Outdoor	0.41 kN (92 lb)	0.01	5.0%
* 0.02 for floors with few non-structural components (ceilings, ducts, partitions, etc.) as can occur in open work areas and churches, 0.03 for floors with non-structural components and furnishings, but with only small demountable partitions, typical of many modular office areas, 0.05 for full height partitions between floors.			

TİTREŞİM KONTROLÜ (AISC)

■ Örnek ;

– Yaya Köprüsü

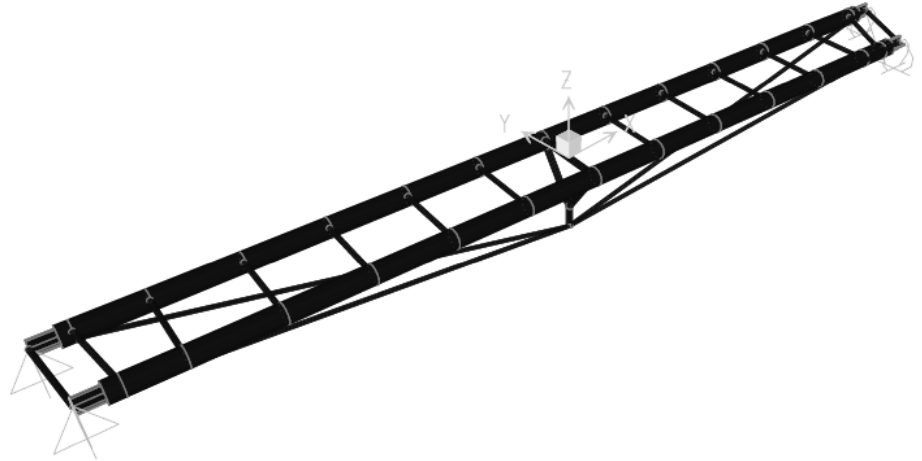
$$a_0/g = \%5 \text{ g}$$

$$P_0 = 0.41 \text{ kN}$$

$$\beta = 0.01$$

$$W = 290 \text{ kN}$$

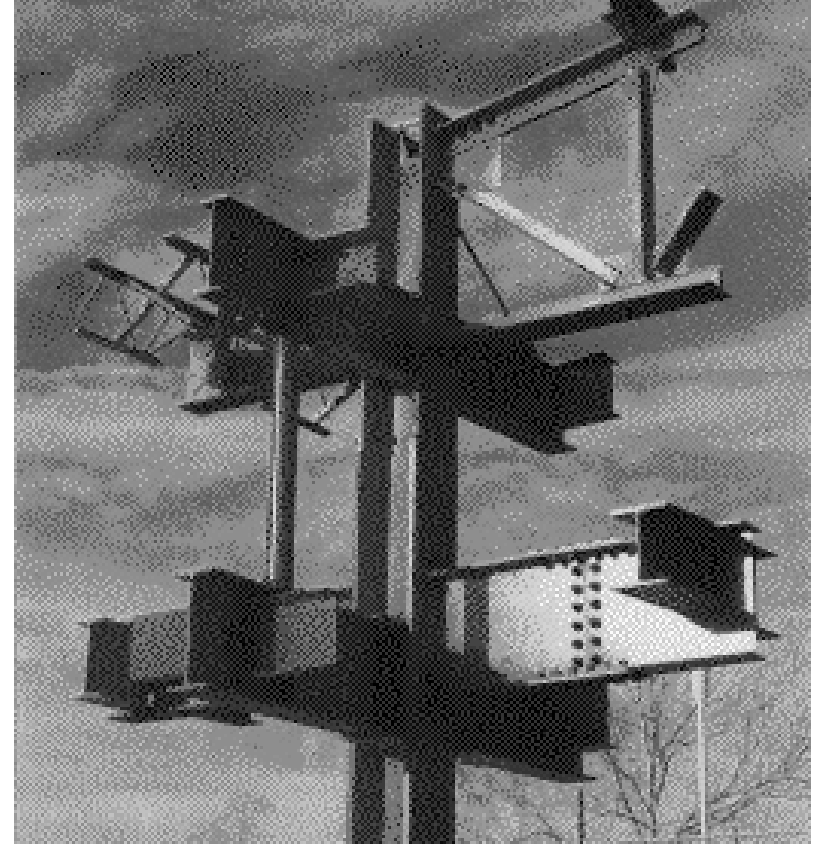
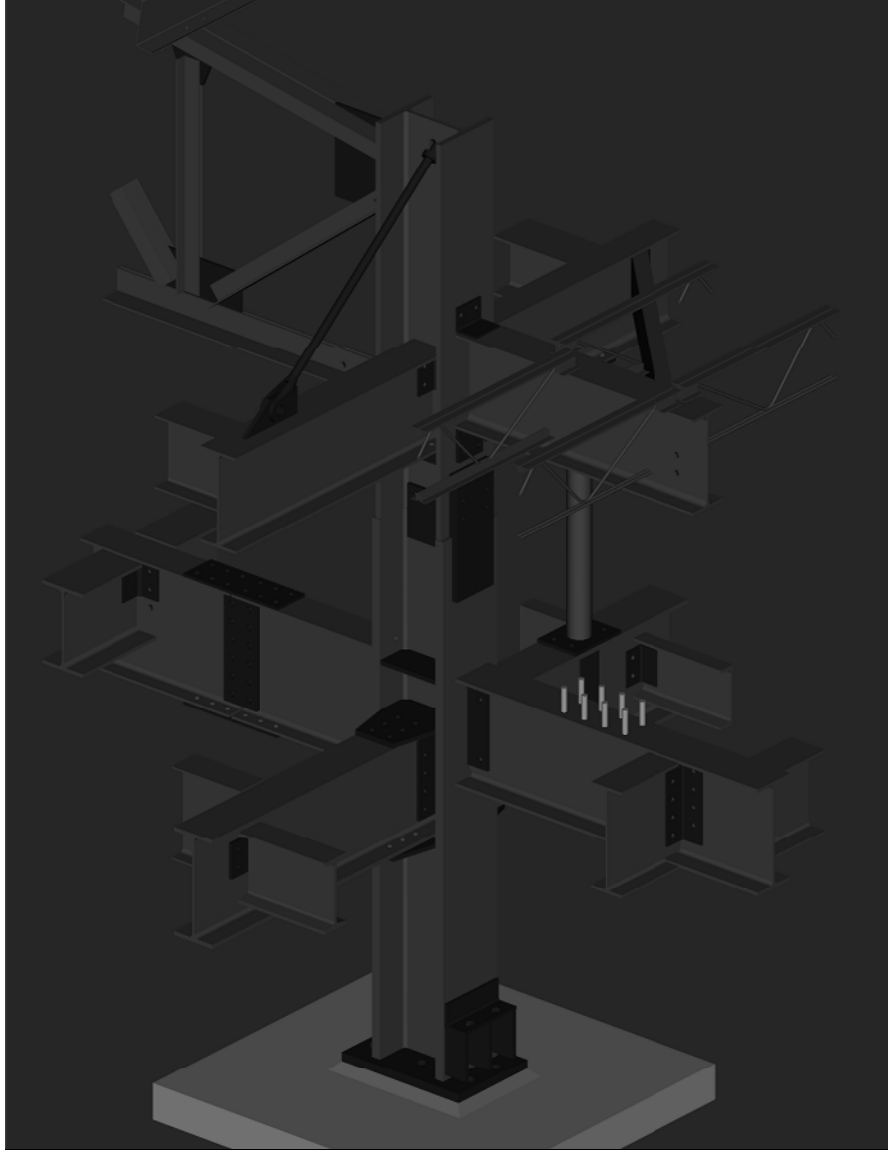
$$f_n = 4.16 \text{ Hz}$$



$$\frac{a_p}{g} = \frac{P_0 e^{(-0.35 f_n)}}{\beta W} \leq \frac{a_0}{g} = 0.05$$

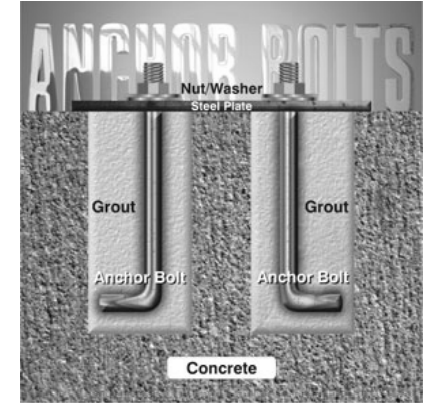
$$\frac{a_p}{g} = \frac{0.41 e^{(-0.35 \cdot 4.16)}}{0.01 \cdot 290} = 0.033 \leq \frac{a_0}{g} = 0.05$$

BAĞLANTI DETAYLARI



BAĞLANTILAR-BİRLEŞİMLER

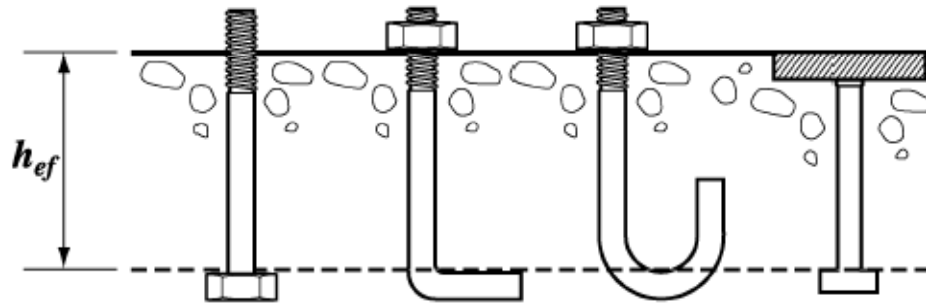
- Bağlantı için kullanılan malzemeler;
 - Ankraj Bulonları
 - Başlıklı Kayma Çivileri
 - Bulonlar (Civatalar) ve Somunlar
 - Kaynak



ANKRAJ BULONLARI

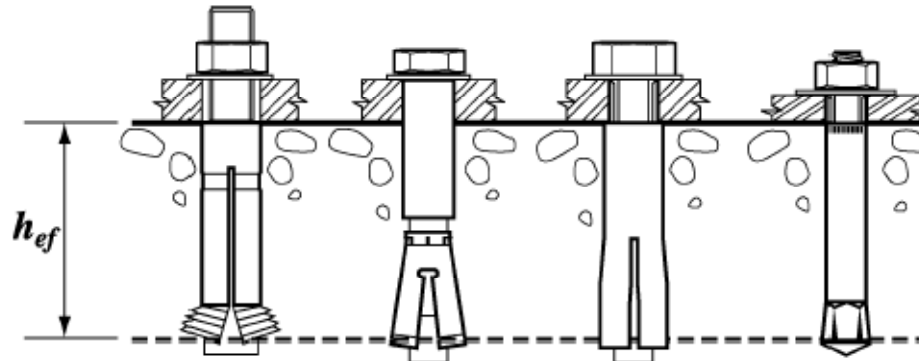
■ Ankraj Bulonları

- Beton dökümünden önce yerleştirilen ankrajlar;



(b) Cast-in-place anchors

- Beton dökümünden sonra yapılan ankrajlar;



(a) Post-installed anchors

ANKRAJ BULONLARI

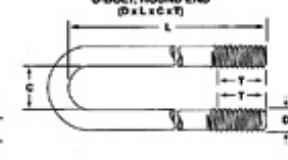
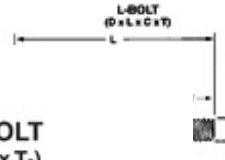
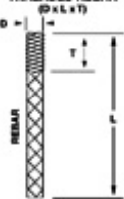
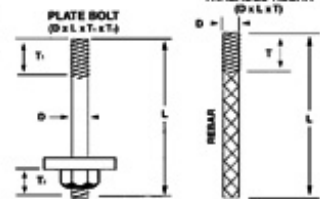
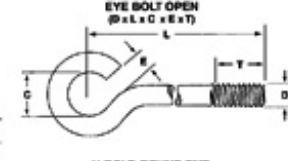
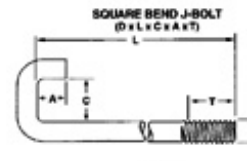
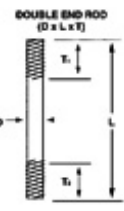
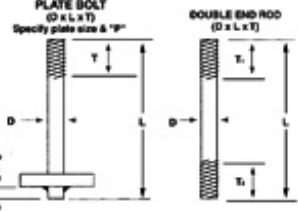
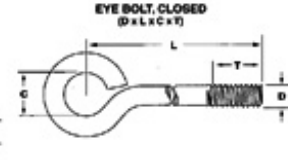
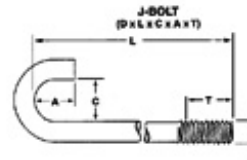
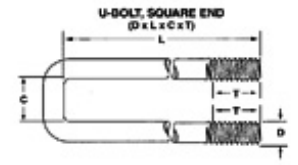
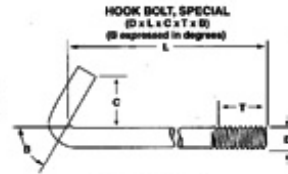
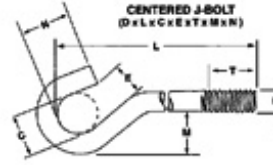
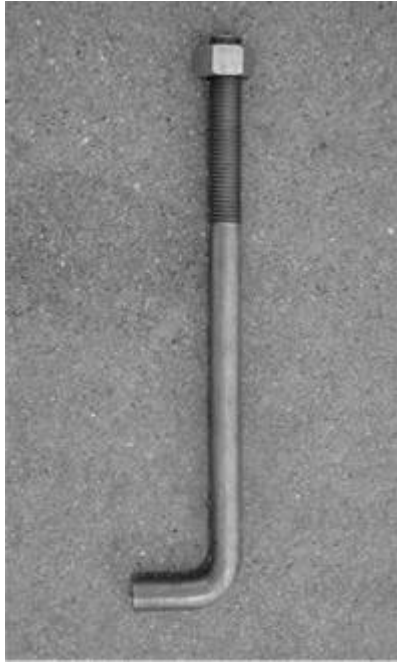
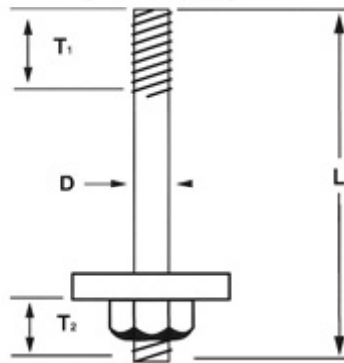


PLATE BOLT
(D x L x T₁ x T₂)



Order Procedure Example:
100 pcs U-BOLT SQUARE BEND
D=1/2", L=6", C=3-1/2", T=4"



ANKRAJ BULONLARI

- Ankraj Bulonları (Beton Dökümünden Önce)
 - Genellikle 4.6 ve 5.6 kalite kullanılır. Çelik malzemesinden de üretilebilir. (St37, St52 vb.)
 - Terminoloji ;
 - 4.6 :Min.Çekme Dayanımı, $F_u = 400 \text{ MPa}$
Akma Dayanımı, $F_y = 240 \text{ MPa}$
anlamındadır. ($F_y = 400 \times 0.6 = 240 \text{ MPa}$)

ANKRAJ BULONLARI (AISC-ASD, Tablo 1-B ve 1-C)

- Ankraj Hesaplarında Kullanılan emniyet gerilmeleri;

Çekme emniyet gerilmesi;

$$F_t = 0.33 F_u$$

Kesme gerilmesi (kesme yüzeyi dışdibinde ise);

$$F_v = 0.17 F_u$$

Kesme gerilmesi (kesme yüzeyi dışdibinde oluşmuyorsa)

$$F_v = 0.22 F_u$$

Ezilme gerilmesi;

$$F_p = 1.20 F_u$$

ANKRAJ BULONLARI

■ Ankraj Bulonları

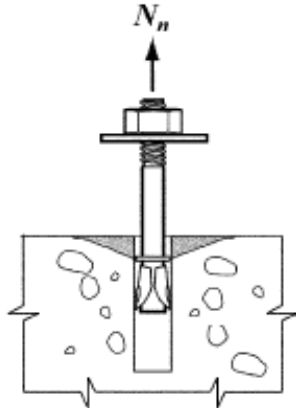
- Beton dökümünden sonra yapılan ankrajlar mekanik ve kimyasal olmak üzere ikiye ayrılırlar.
- Genelde üretici firmaların tavsiye ettiği kapasite değerleri kullanılır.
- ACI 318-05, Amerikan Betonarme Şartnamesi EK-D, de detaylı hesap kriterleri verilmiştir.

ANKRAJ BULONLARI

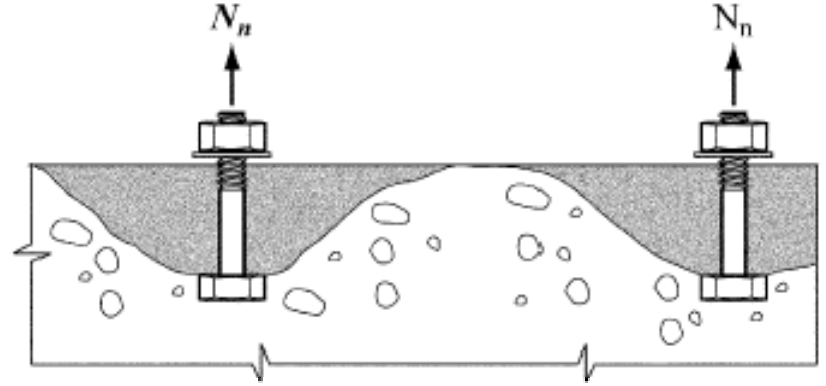
■ Kısa Ankraj Bulonları, tasarım esasları;



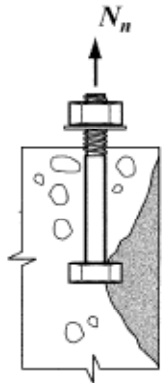
Bulon Kopması



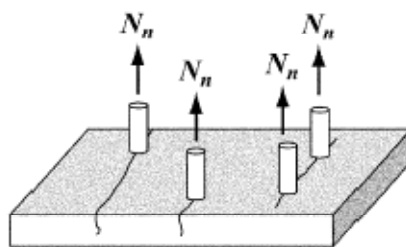
Bulon Sıyrılması



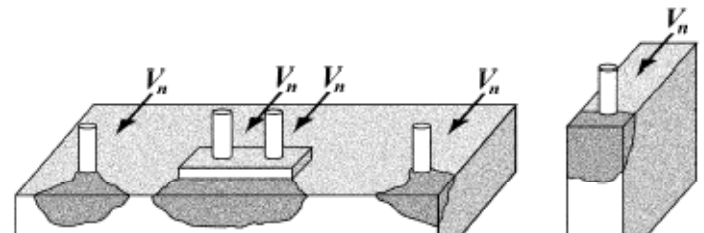
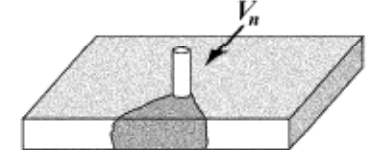
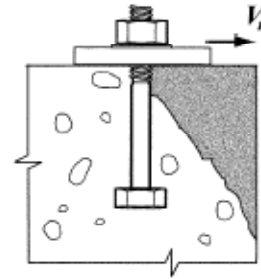
Betonun konik kopması



(iv) Side-face blowout



(v) Concrete splitting



BAŞLIKLİ KAYMA ÇİVİLERİ

- Çelik kirişler ve betonarme arasındaki bağlantıyı sağlamak amacı ile yaygın olarak çakma kayma çivileri kullanılır.
- Standard çaplar, 19 ve 22 mm
- Mekanik özellik;
 - Minimum Çekme Dayanımı, F_u = 415 MPa
 - Akma Dayanımı, F_y = 345MPa



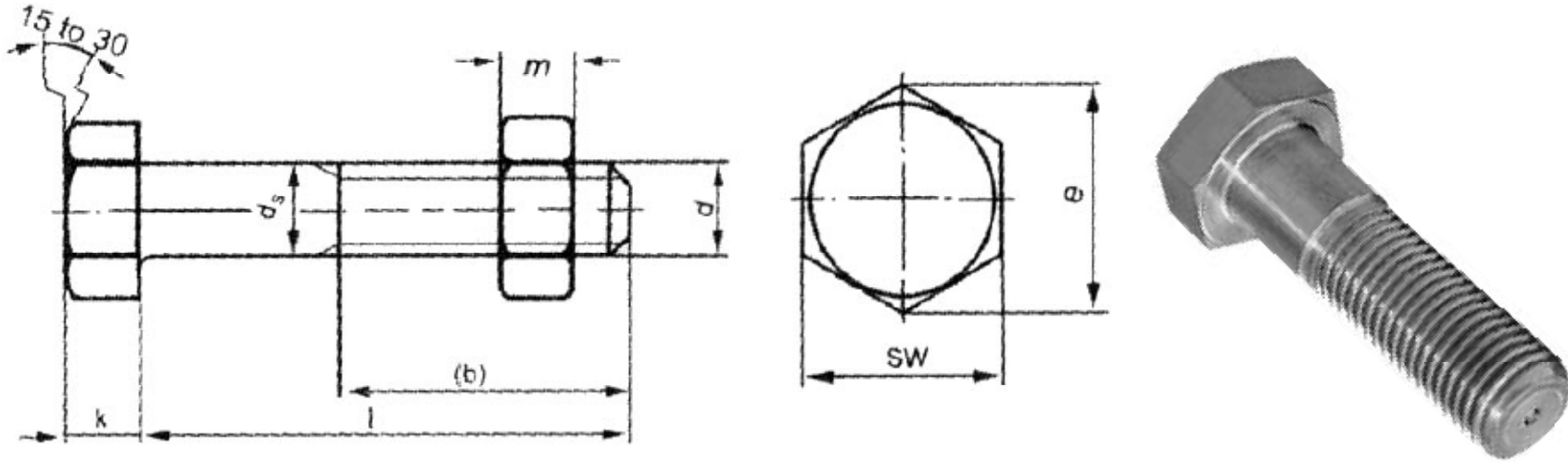
BULONLAR (CİVATALAR)

- Çelik elemanların birbirleri ile bağlantısında ve genelde şantiyedeki montajlarında yüksek mukavemetli bulon kullanılır.

- Bulon sınıfları;
 - 8.8 (Avrupa), A325 (Amerika, ASTM)
 - 10.9 (Avrupa), A490 (Amerika, ASTM)

- Mekanik Özellikler;
 - 8.8 Min.Çekme Dayanımı, F_u = 800 MPa
 - Akma Dayanımı, F_y = 640 MPa
 - 10.9 Min.Çekme Dayanımı, F_u = 1000 MPa
 - Akma Dayanımı, F_y = 900 MPa

6 KÖŞEBAŞLI CİVATA (DIN 7990)



Thread size / Anma çapı		M12	M16	M20	M22	M24	M27	M30
Pitch / Diş adımı	P	1.75	2.00	2.50	2.50	3.00	3.00	3.50
Wire dia / Tel çapı	min.	11.3	15.3	19.16	21.16	23.16	26.16	29.16
Head heigh / Kafa yüksekliği	k	8	10	13	14	15	17	19
	+/-	0.16	0.18	0.22	0.22	0.22	0.35	0.42
Head with/Anahtar a	sw	19	24	30	32	36	41	46
Diagonal / Köşegen	e	20.88	26.17	32.95	35.03	39.55	45.20	50.85
Nut heigh/ Somun y.	m	8	13	16	18	19	22	24
Thread length / Diş uzunluğu	b	17.75	21	23.5	25.5	26	29	30.5

BULONLAR (AISC-ASD ve AASHTO Std)

- Birleşimlerde kullanılan emniyet gerilmeleri ;

Kullanım Yeri	A325 (8.8)				A490 (10.9)			
	AISC/ASD		AASHTO ^{***}		AISC/ASD		AASHTO ^{***}	
	ksi	MPa	ksi	MPa	ksi	MPa	ksi	MPa
Çekme	44	300	38	260	54	375	47	325
Kesme - Sürtünme Kuvvetli Birleşimler*	17	120	15	103	22	150	19	130
Kesme- Dayanmalı birleşimler/kesme dışdibinde ise	21	145	19	130	28	195	24	165
Kesme- Dayanmalı birleşimler/kesme dışdibinde değil ise	30	205	24	165	40	275	30	205
Ezilme ^{**}	1.2 F _u		1.35 F _u		1.2 F _u		1.35 F _u	

* A Sınıfı Yüzey (sürtünme katsayısı 0.33) ve standard delik çapları için geçerli.

** F_u : Bağlanan çelik eleman çekme dayanımı

*** AASHTO Tablo 10.32.3B ve 10.32.3C

BULONLAR (AISC-ASD ve AASHTO Std)

- AISC-ASD standardında, kesme ve çekme kuvvetlerine göre boyutlandırılan bulonların hesaplarında diş dibi değil normal bulon çapı esas alınır. Emniyet gerilmeleri buna göre verilmiştir.
- M20 cıvata için, $A = 3.14 \times 20^2 / 4 = 314 \text{ mm}^2$

BULONLAR

- Avrupa normlarında ise her durumda diş-dibi kesit alanı esas alınır.
- Diş dibi kesit alanı, A_s

$$A_s = 0.7854[D - 0.9743P]^2$$

D : Bulon çapı, mm

P : Diş adımı, mm

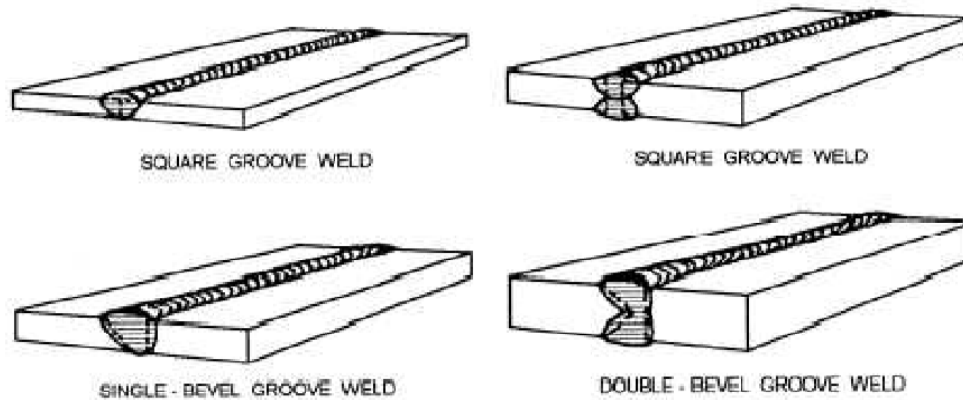
M20 civata ve $P=2.5$ mm için, $A_s = 243 \text{ mm}^2$.

KAYNAKLI BİRLEŞİMLER

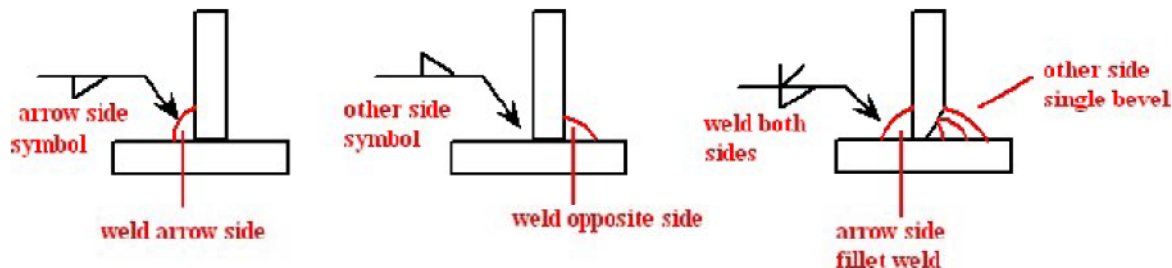
- Çelik elemanların, fabrika veya şantiye ortamında, birleştirilmesi amacı ile kullanılır.
- Standardlar : TS 3357, AWS D1.1
- Kaynak elektrod tipleri ve Mekanik Özellikler ;
 - E70XX için (70 ksi çekme dayanımı) ;
Çekme dayanımı, $F_u = 480 \text{ Mpa}$
Akma dayanımı, $F_y = 400 \text{ MPa}$
 - E60XX için (60 ksi çekme dayanımı) ;
Çekme dayanımı, $F_u = 415 \text{ Mpa}$
Akma dayanımı, $F_y = 330 \text{ Mpa}$
- Köşe kaynakları için Kesme emniyet gerilmesi;
 - $F_v = 0.3 F_u$

KAYNAKLI BİRLEŞİMLER

- Kaynak çeşitleri ;
 - Yarım nüfuziyetli küt kaynaklar (Partial Penetration)
 - Tam nüfuziyetli küt kaynaklar (Full Penetration)



- Köşe Kaynakları



KAYNAKLI BİRLEŞİMLER

- Kaynak Yöntemleri ;
 - SMAW : Örtülü Elektrod Kaynağı
(**S**hilded **M**etal **A**rc **W**elding)
 - GMAW : Gazaltı Kaynağı (MIG/MAG : Avrupa)
(**G**as **M**etal **A**rc **W**elding)
(**M**etal **I**ncert **G**as)
 - SAW : Tozaltı Kaynağı
(**S**ubmerged **A**rc **W**elding)

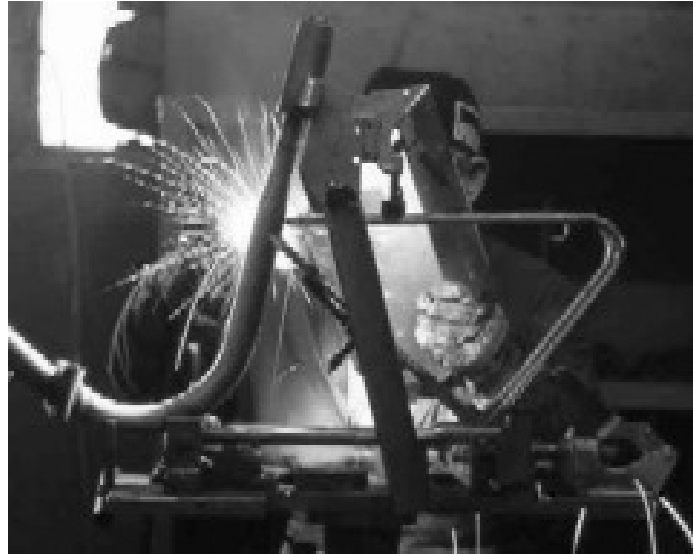
ÖRTÜLÜ ELEKTROD KAYNAĞI (SMAW)

- Örtülü elektrod ark kaynağı, kaynak için gerekli ısının, örtü kaplı tükenen bir elektrod ile iş parçası arasında oluşan ark sayesinde ortaya çıktığı, elle yapılan bir ark kaynak yöntemidir.



GAZALTI KAYNAĞI (GMAW)

- Gazaltı kaynağı, kaynak için gerekli ısıнын, tükenen bir elektrod ile iş parçası arasında oluşan ark sayesinde ortaya çıktığı bir ark kaynak yöntemidir.
- Kaynak bölgesine sürekli şekilde beslenen (sürülen), masif haldeki tel elektrod ergiyerek tükendikçe kaynak metalini oluşturur.



TOZALTI KAYNAĞI (SAW)

- Tozaltı kaynağı, kaynak için gerekli ısıнын, tükenen elektrod (veya elektrodlar) ile iş parçası arasında oluşan ark (veya arklar) sayesinde ortaya çıktığı bir ark kaynak yöntemidir.
- Ark bölgesi kaynak tozu tabakası ile, kaynak metali ve kaynağa yakın ana metal de ergiyen kaynak tozu (cüruf) ve kaynak dikişi tarafından korunur



KAYNAKLI BİRLEŞİMLER

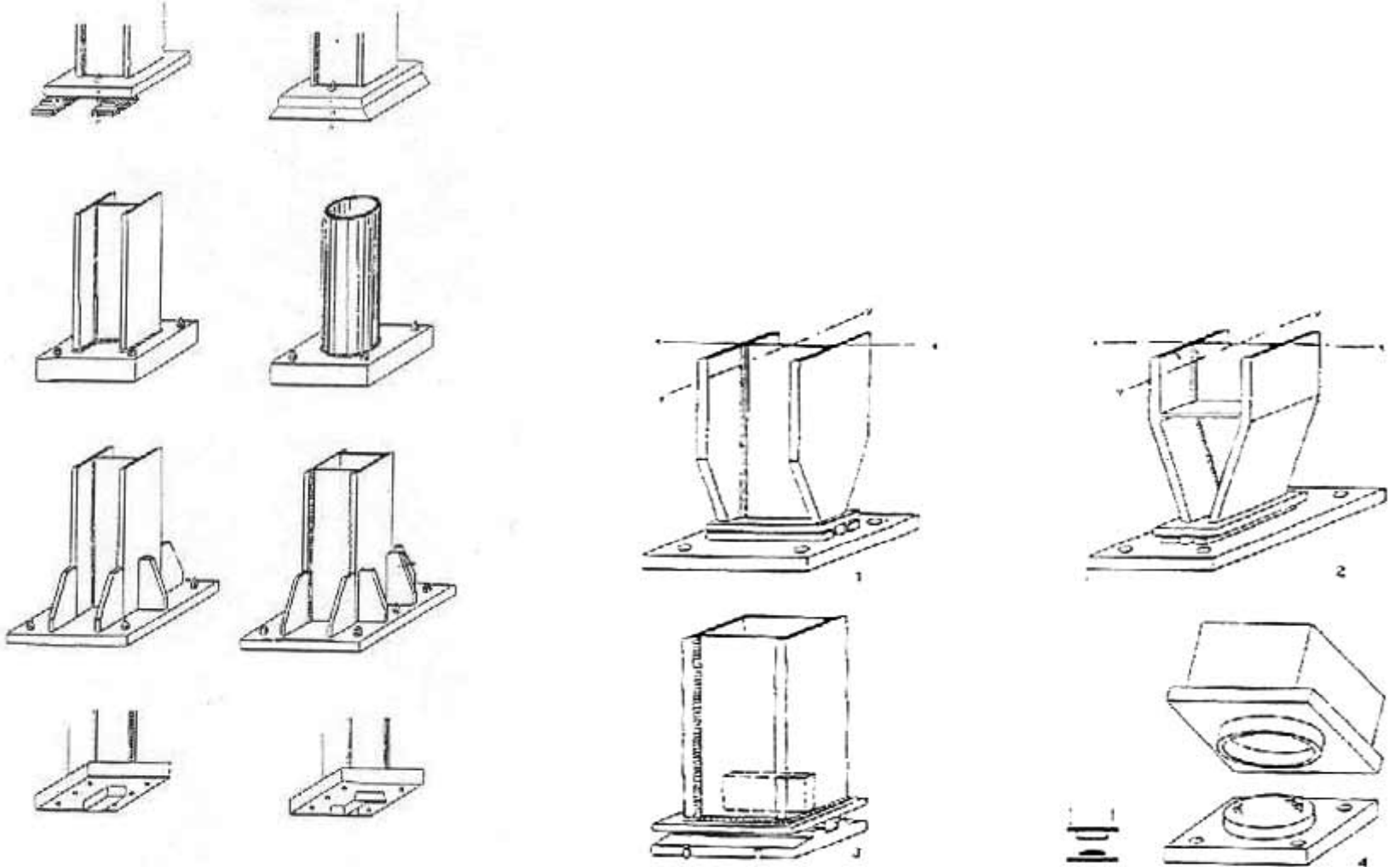
- Kaynak Yöntemine göre Küt kaynaklar için kaynak ağzı ölçüleri değişkenlik gösterir.

Single-V-groove weld (2)
Butt joint (B)
Corner joint (C)

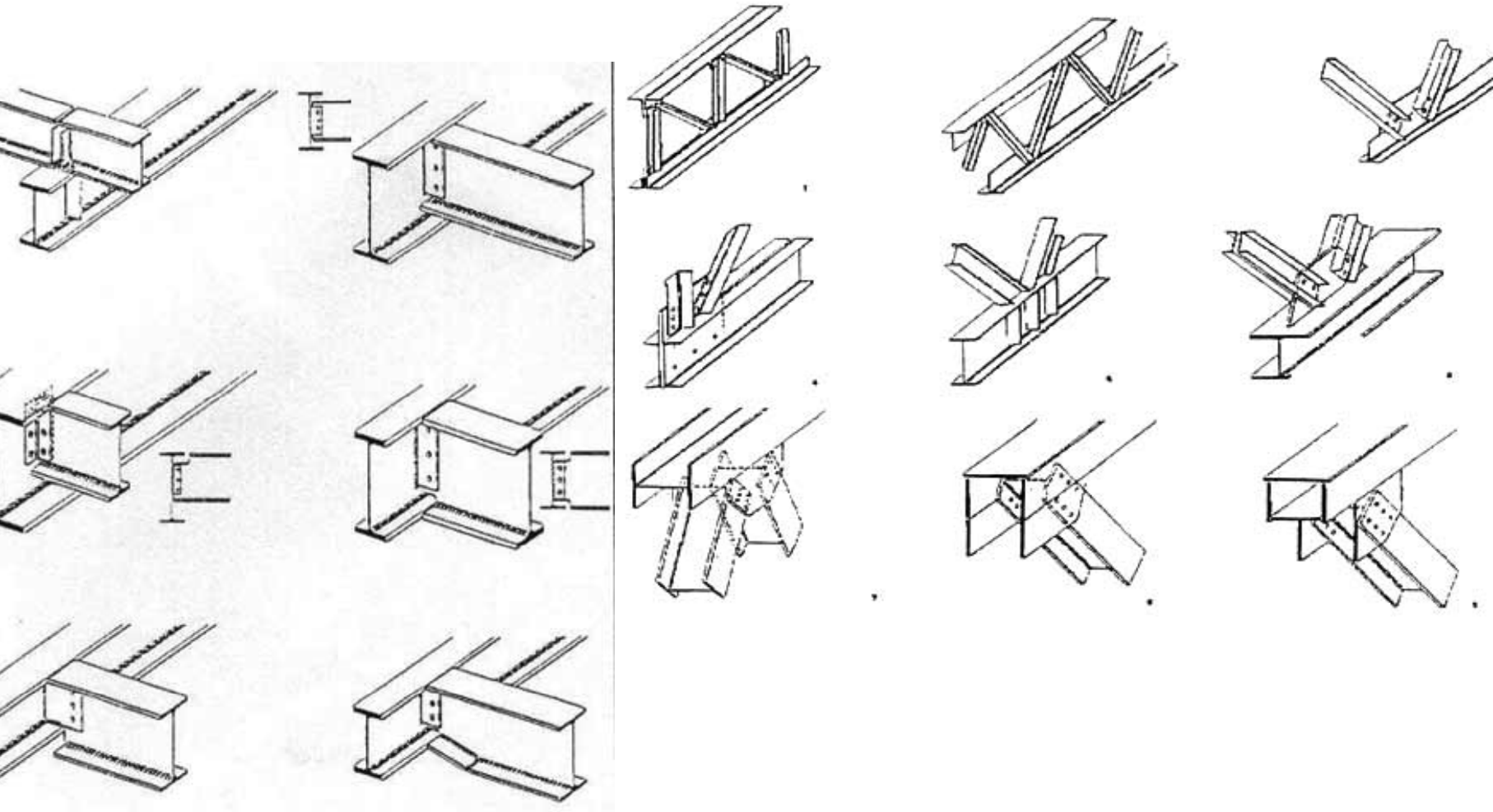
ALL DIMENSIONS IN mm

Welding Process	Joint Designation	Base Metal Thickness (U = unlimited)		Groove Preparation			Allowed Welding Positions	Weld Size (E)	Notes			
		T ₁	T ₂	Root Opening Root Face Groove Angle	Tolerances							
					As Detailed (see 3.12.3)	As Fit-Up (see 3.12.3)						
SMAW	BC-P2	6 min	U	R = 0 f = 1 min $\alpha = 60^\circ$	0, +2 +U, -0 +10°, -0°	+3, -2 ± 2 +10°, -5°	All	S	2, 5, 6, 10			
GMAW FCAW	BC-P2-GF	6 min	U	R = 0 f = 3 min $\alpha = 60^\circ$	0, +2 +U, -0 +10°, -0°	+3, -2 ± 2 +10°, -5°	All	S	1, 2, 6, 10			
SAW	BC-P2-S	11 min	U	R = 0 f = 6 min $\alpha = 60^\circ$	± 0 +U, -0 +10°, -0°	+2, -0 ± 2 +10°, -5°	F	S	2, 6, 10			

BAĞLANTI DETAYLARI



BAĞLANTI DETAYLARI



BAĞLANTI DETAYLARI



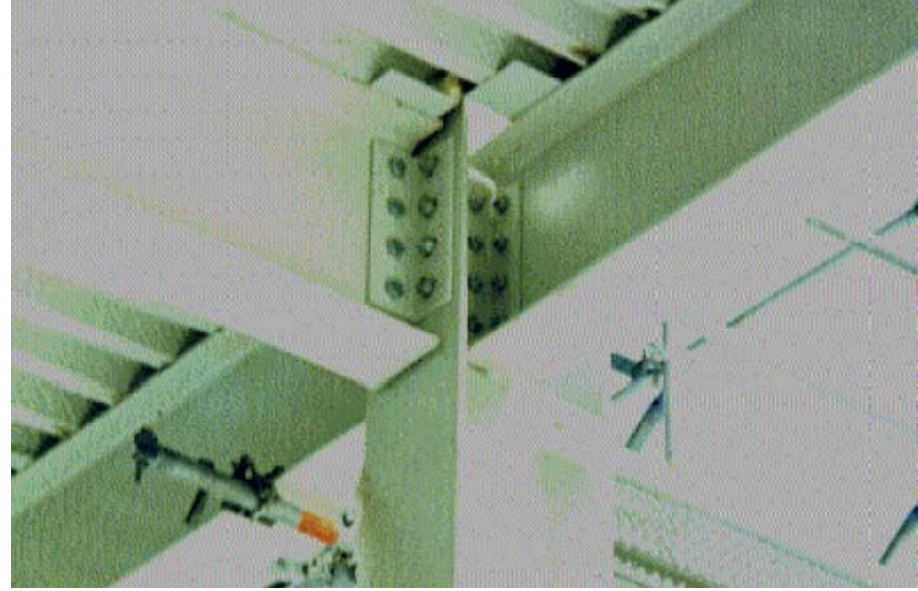
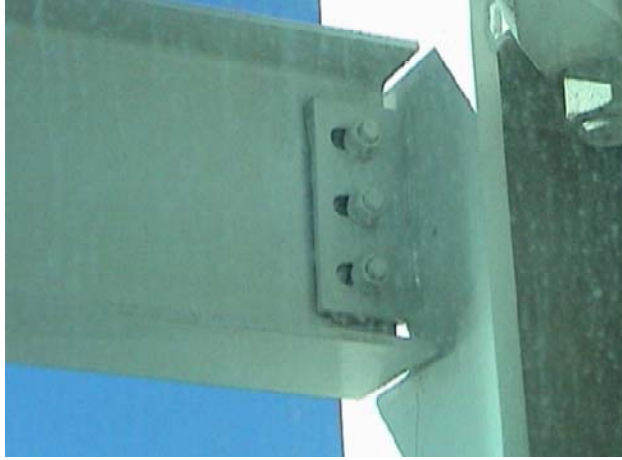
BAĞLANTI DETAYLARI



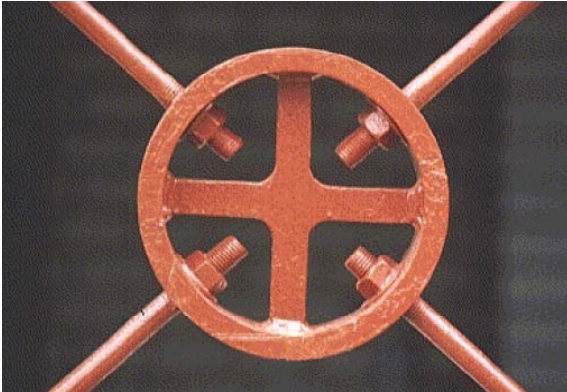
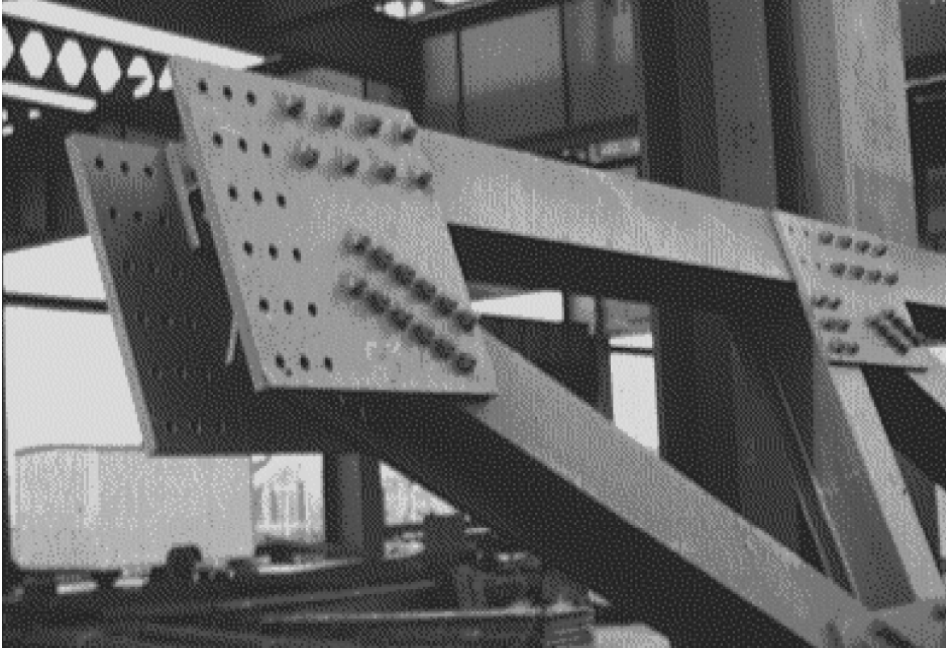
BAĞLANTI DETAYLARI



BAĞLANTI DETAYLARI



BAĞLANTI DETAYLARI



KAYNAKLAR

- Nuri Akkaş, Çetin YILMAZ, “Analysis and Design of Steel Structures”, 1985
- Katholieke Universiteit Leuven, Web Sitesi (<http://www.kuleuven.be/bwk/materials/Teaching/master/toc.htm>)
- Web Sitesi; (<http://stalforbund.com/Eurokoder/eurokode3.htm>)
- Web Sitesi; (<http://www.oerlikon.com.tr>)

SORULAR ?

TEŞEKKÜRLER