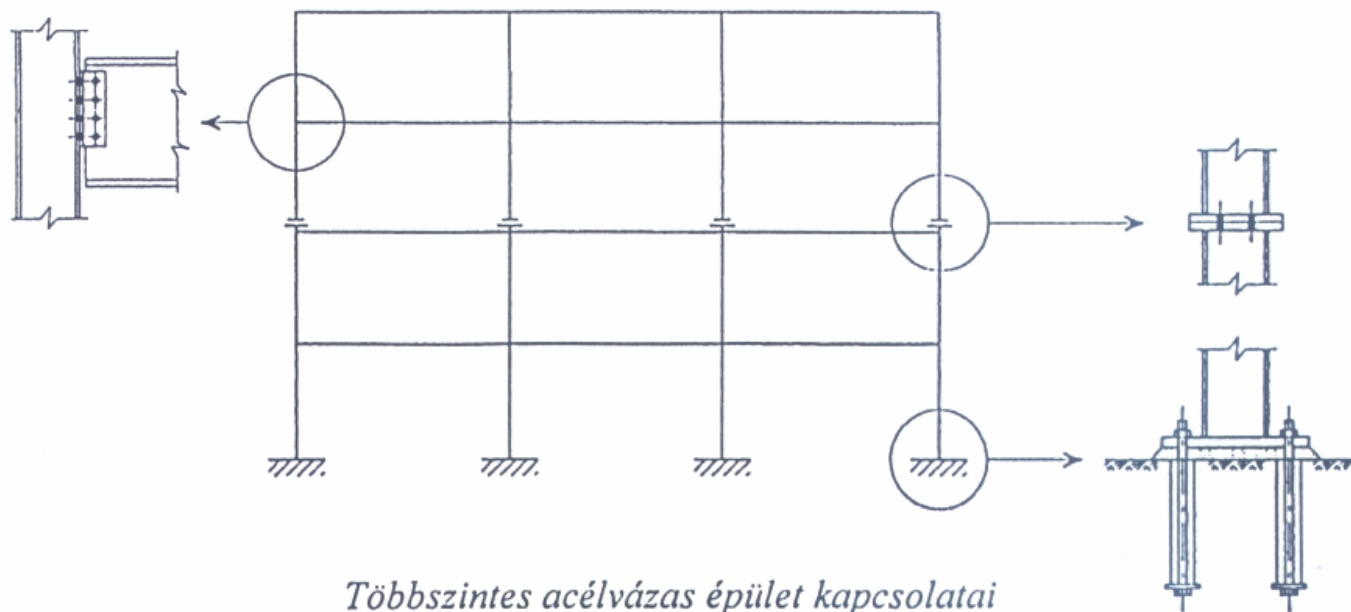


10. Előadás

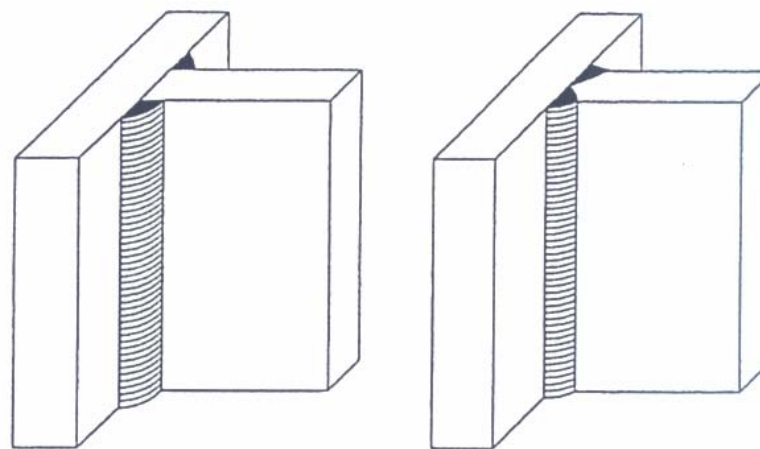
Többszintes acélvázás rendszerek kapcsolatai

- Szerkezet és kapcsolat kölcsönhatása
- Kísérletek szerepe

Acélvázás épület kapcsolatai



Hegesztési varratok

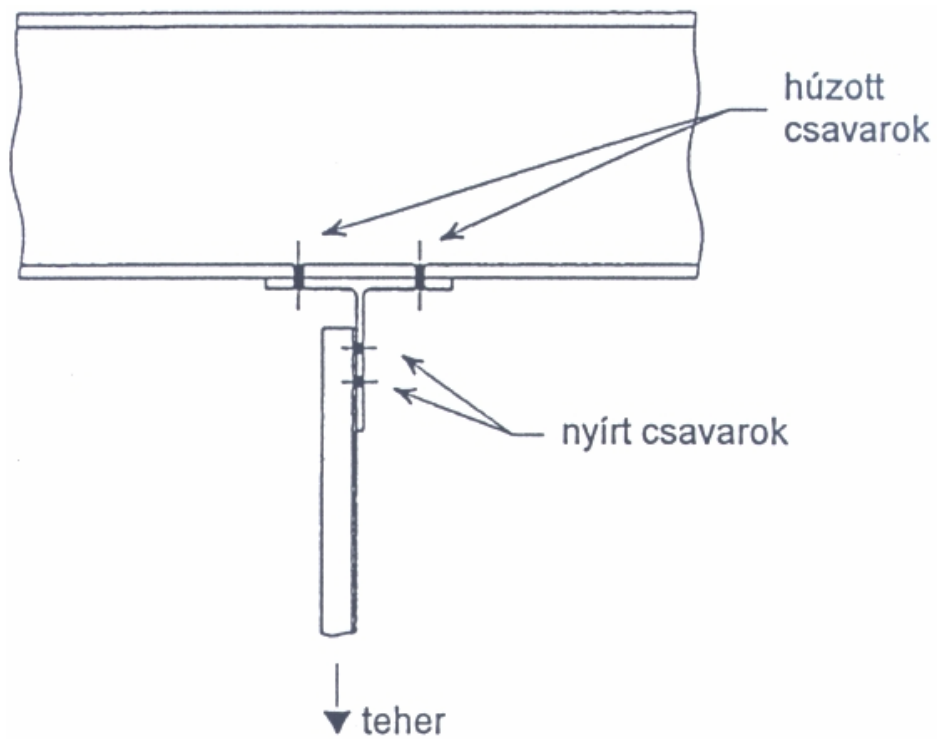


(a) Sarokvarrat

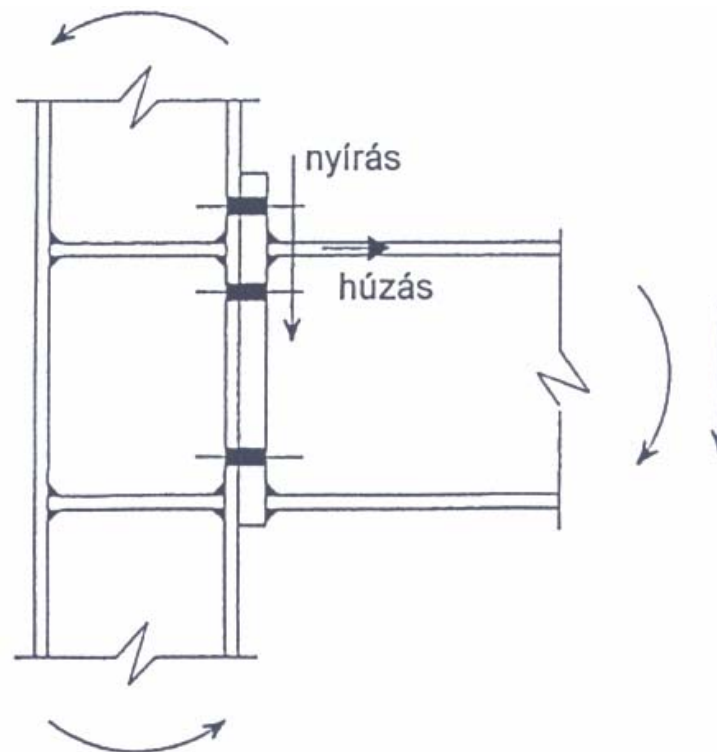
(b) Tompavarrat

A T kötés kialakítási módjai

Csavarok

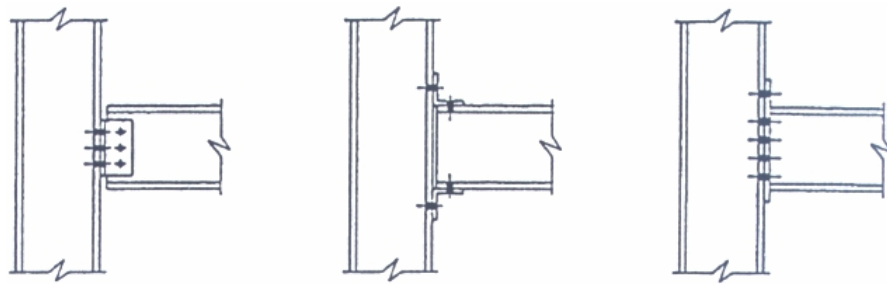


Csak húzott és csak nyírt csavarok



Húzásra és nyírásra egyaránt igénybe vett csavarok

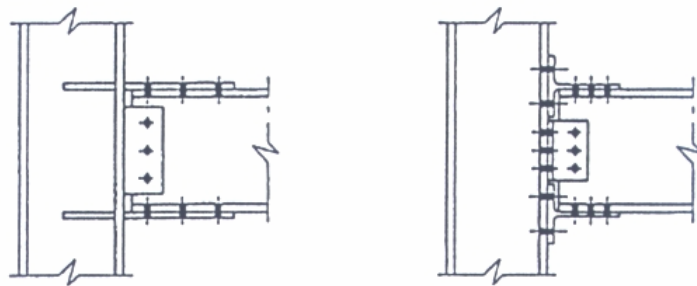
Más kapcsolóelemek



gerincbekötő szögacélok

övbekötő szögacélok

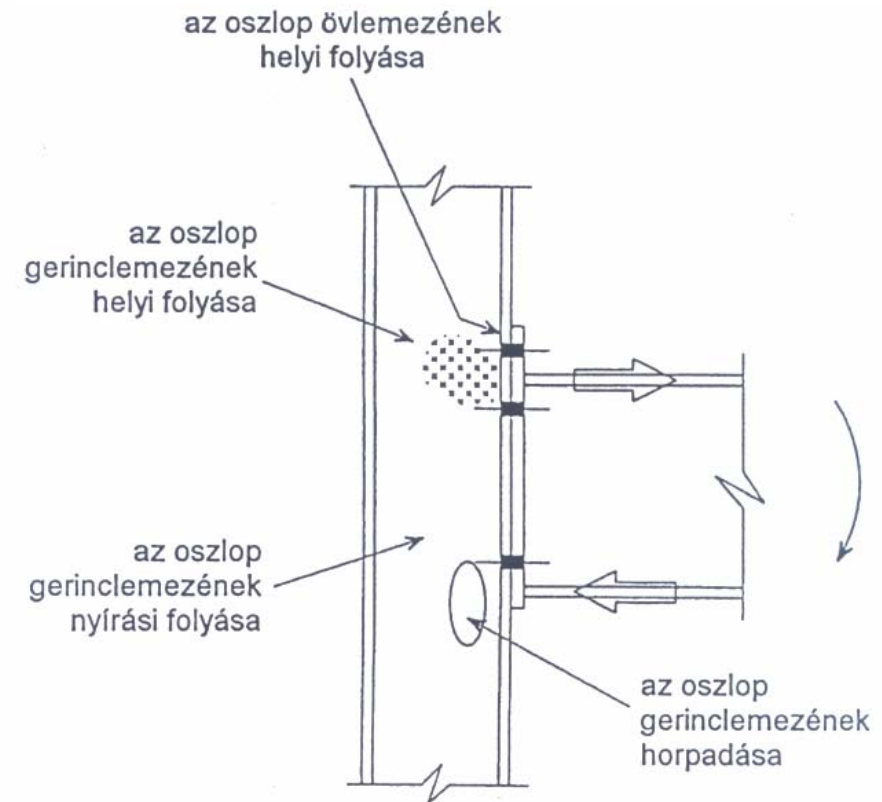
homloklemez



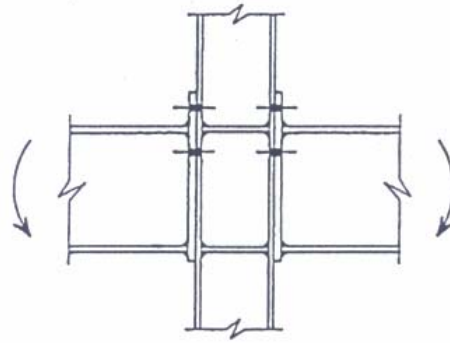
átkötőlemezek

T idomok

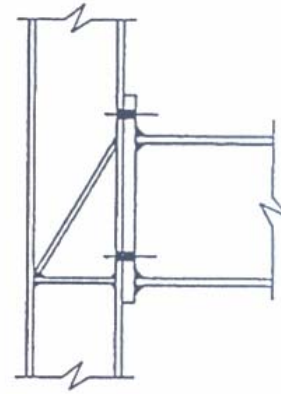
Csavarozott kapcsolatok alkotóelemei



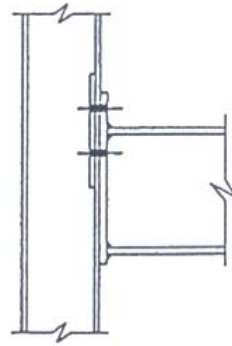
Erősítetlen oszlop–gerenda kapcsolat helyi tönkremeneteli formái



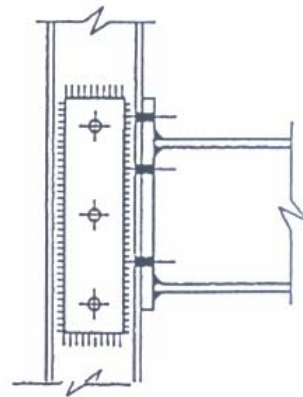
gerincmervítő bordák



gerincmervítő bordák



övlemez-erősítő lemez
(övalátétlemez)

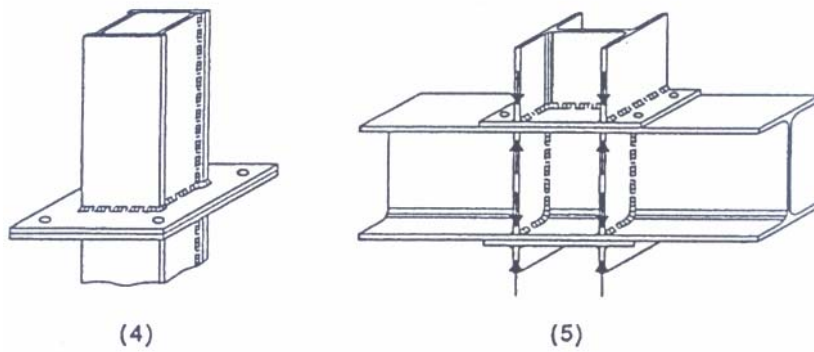
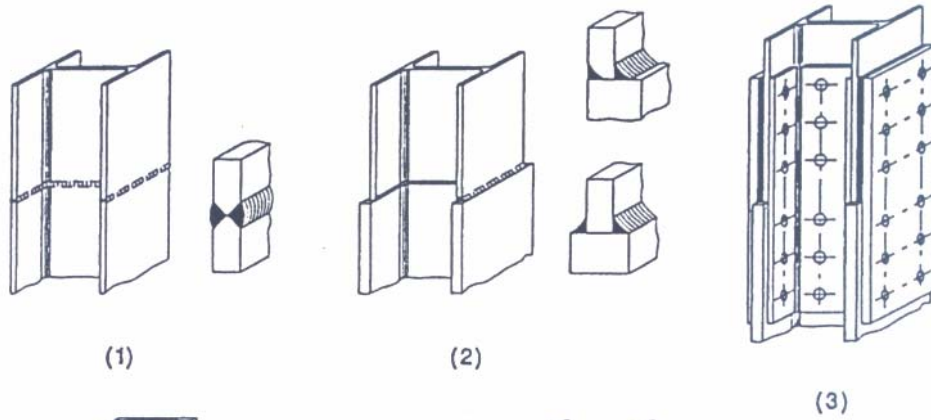


gerinclemez-erősítő lemez
(gerinchízaló lemez)

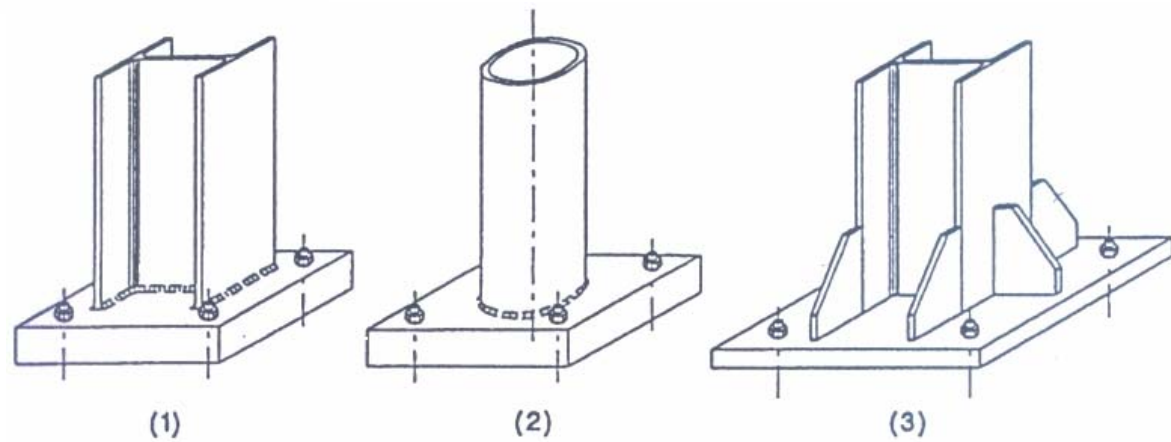
Az oszlop–gerenda kapcsolatok potenciálisan gyenge területeinek megerősítési lehetőségei

A kapcsolatok típusai

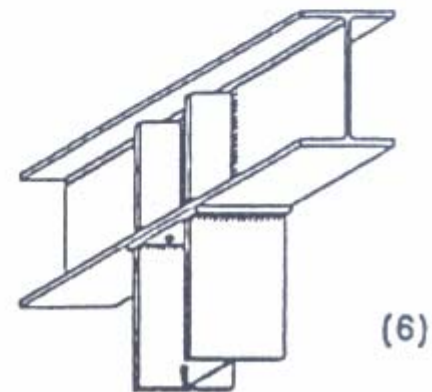
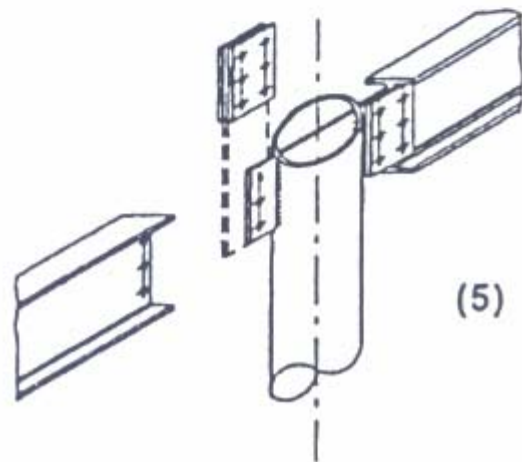
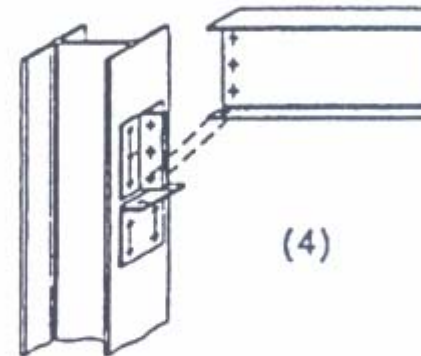
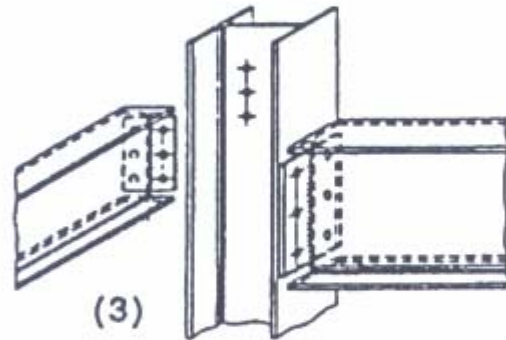
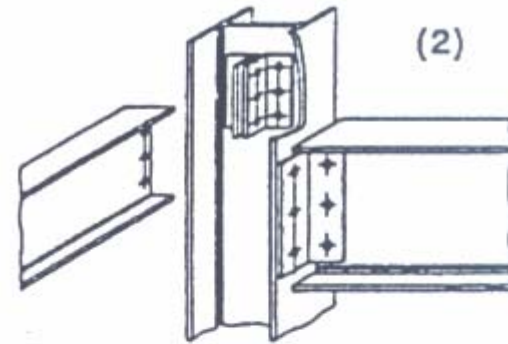
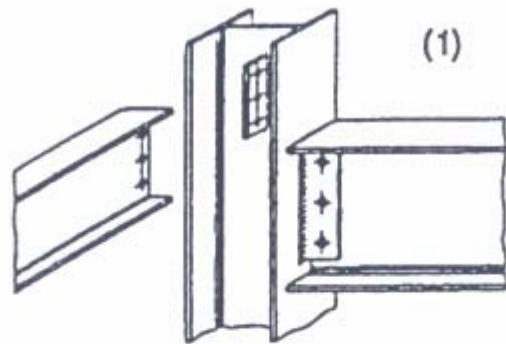
Oszlopillesztések



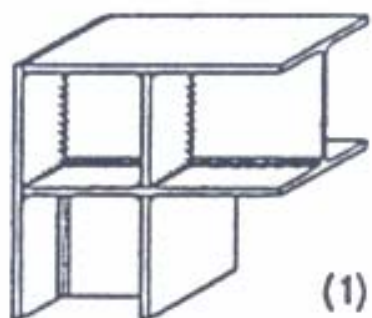
Oszloptalpak



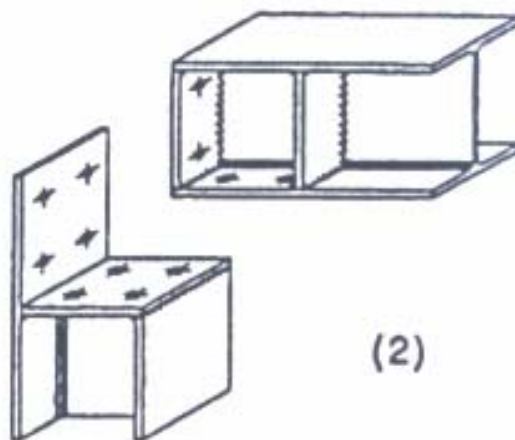
Csuklós oszlop–gerenda kapcsolat



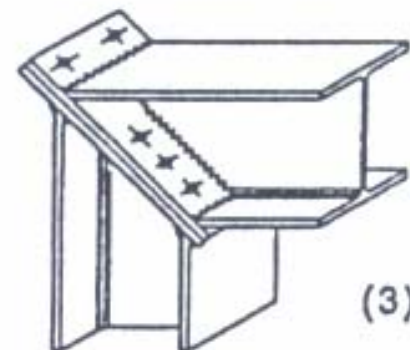
Nyomatékálló oszlop-gerenda kapcsolatok



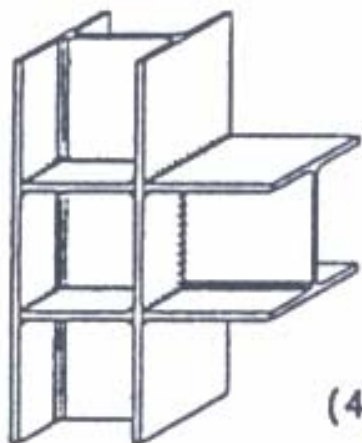
(1)



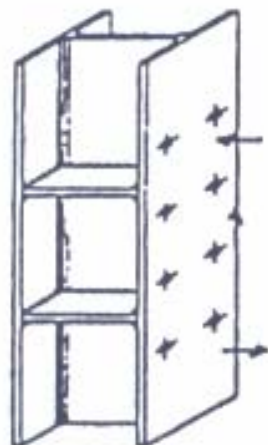
(2)



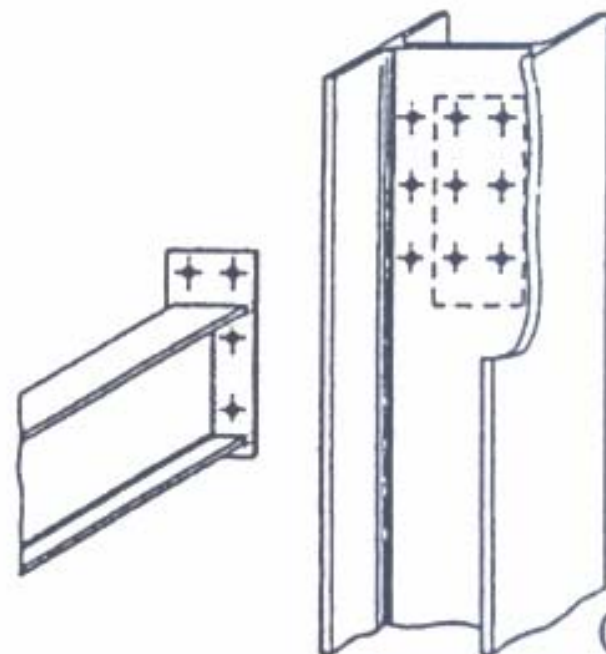
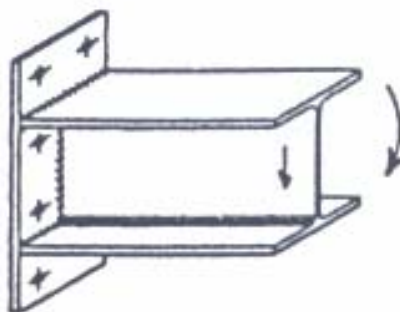
(3)



(4)

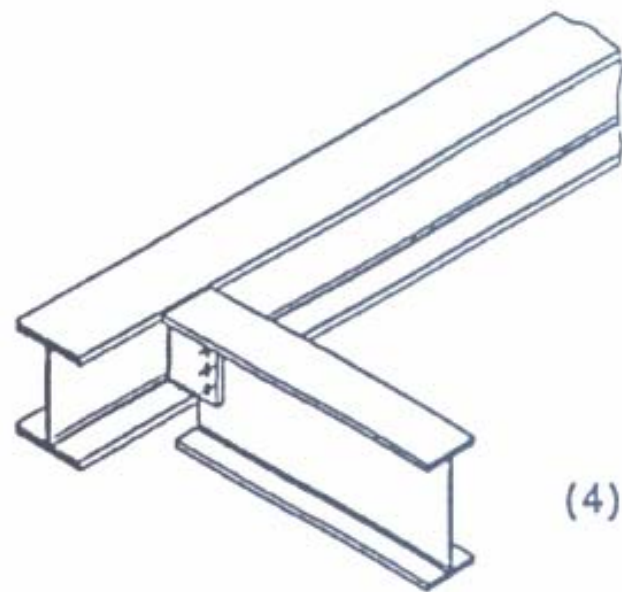
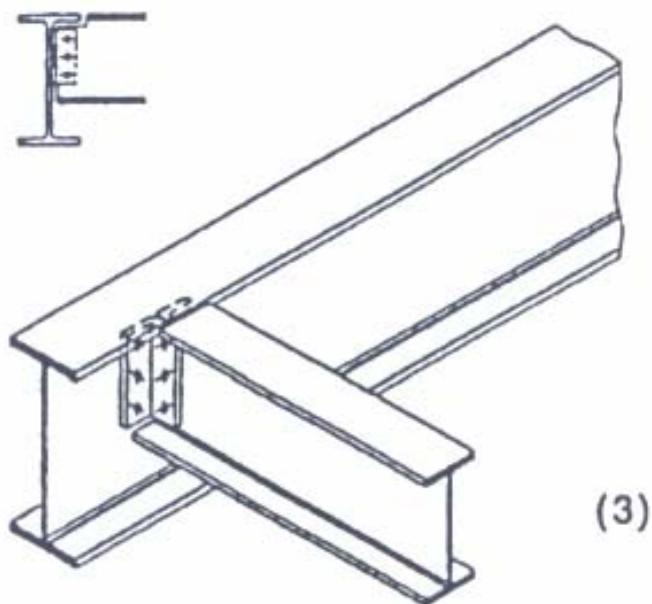
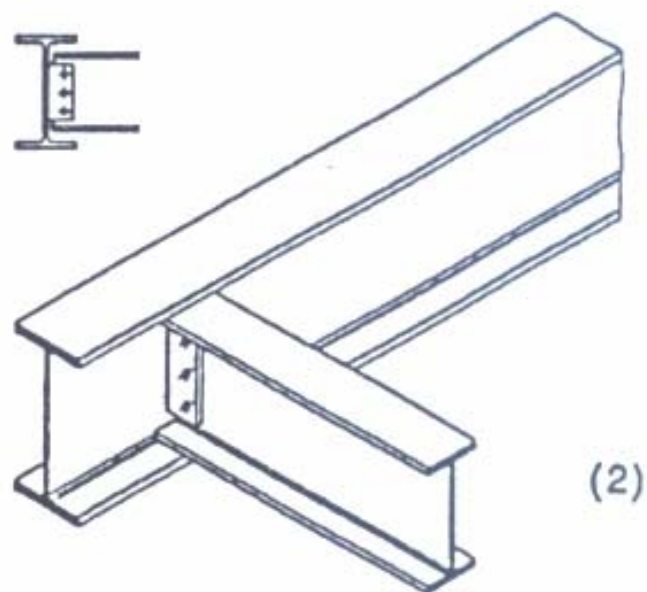
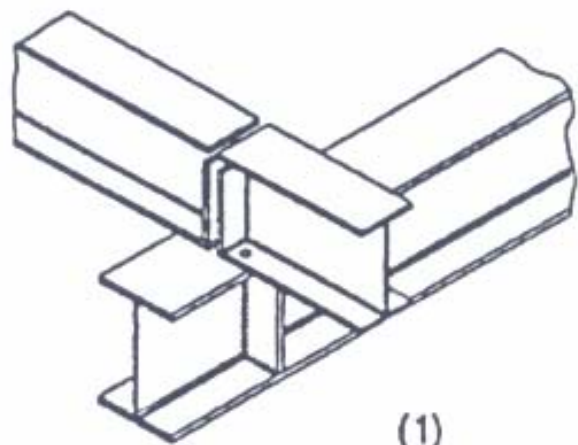


(5)

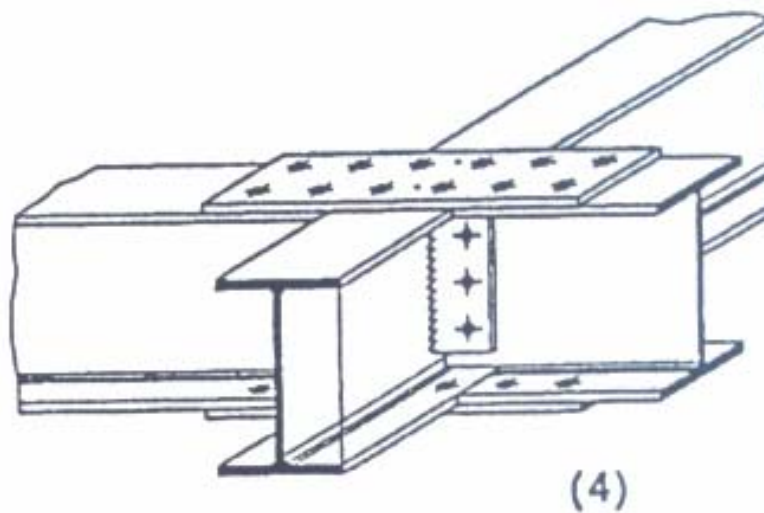
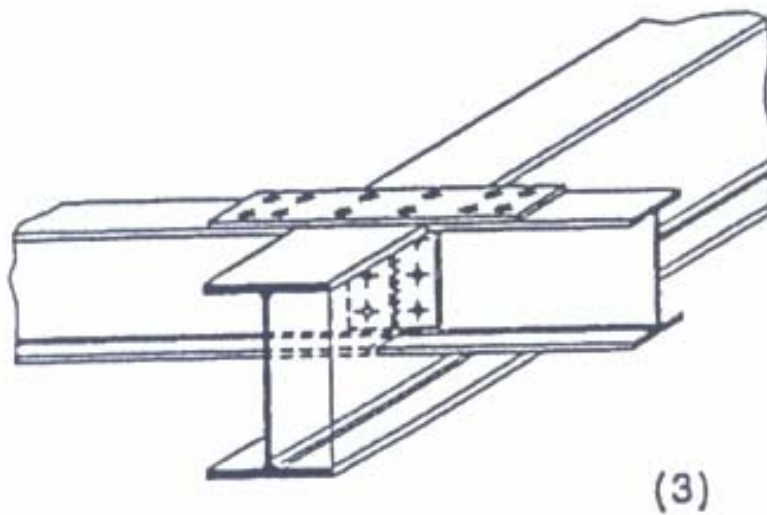
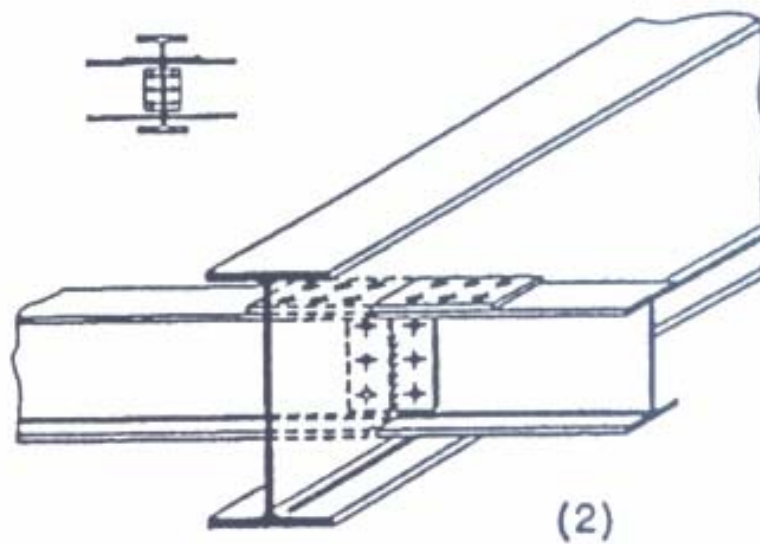
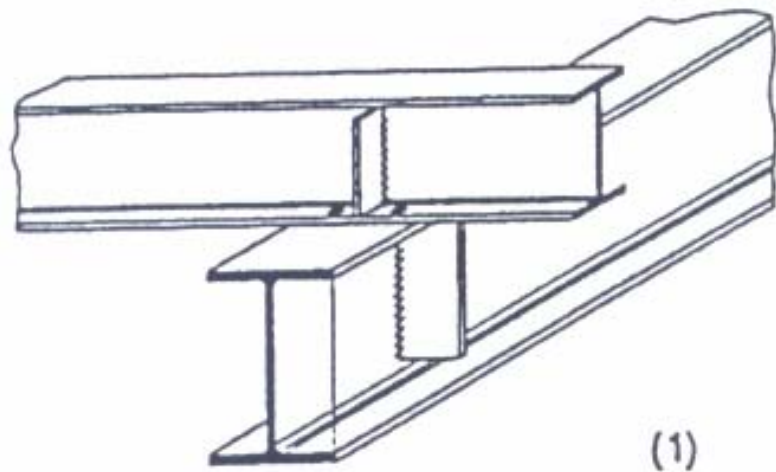


(6)

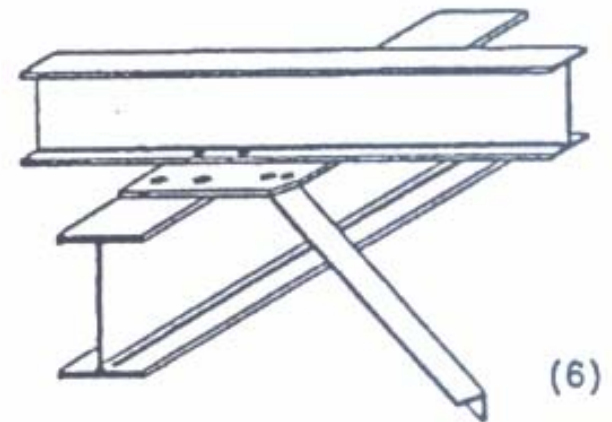
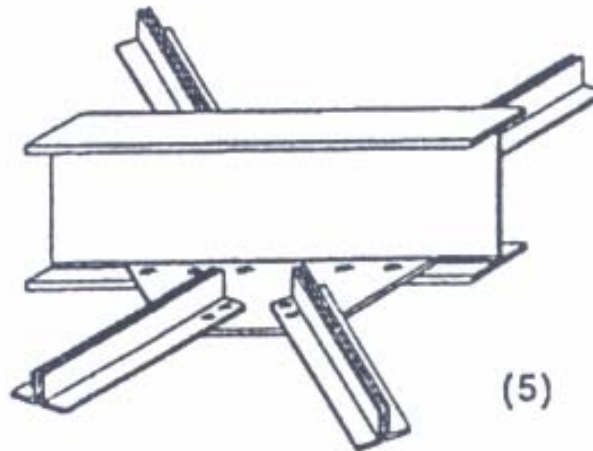
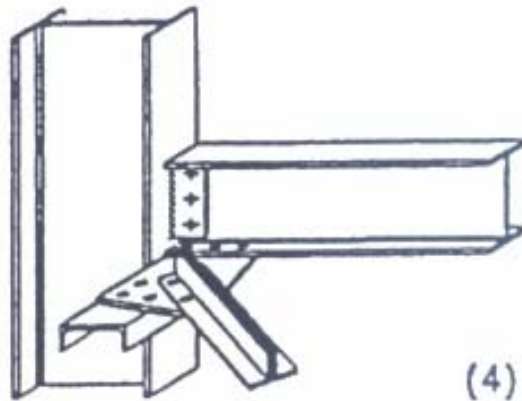
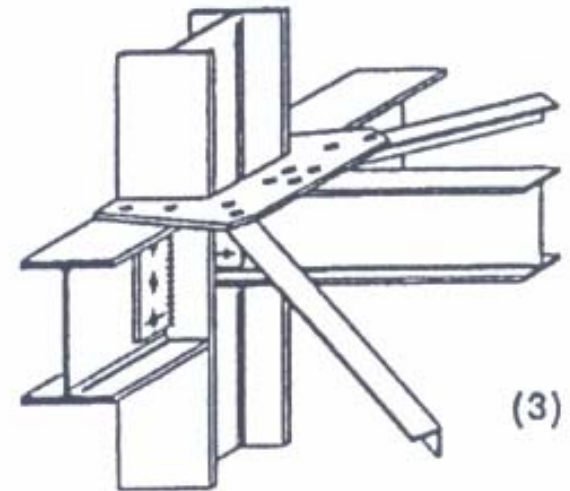
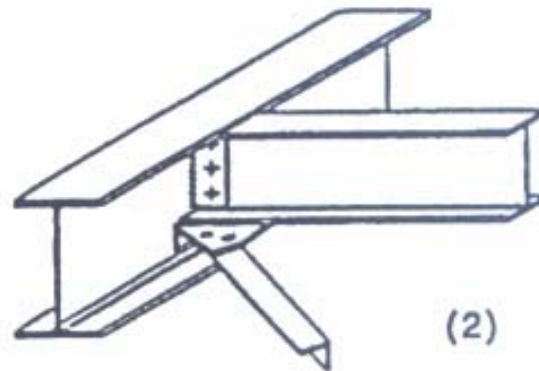
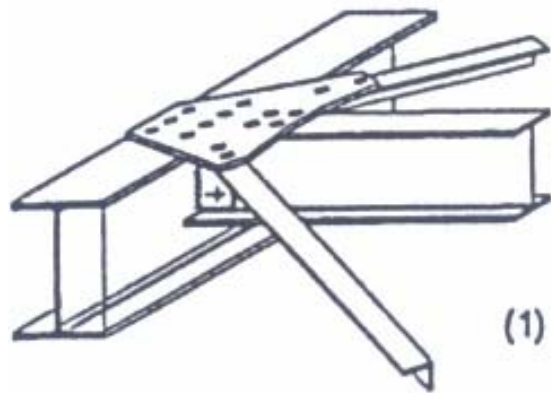
Csuklós gerenda-gerenda kapcsolatok



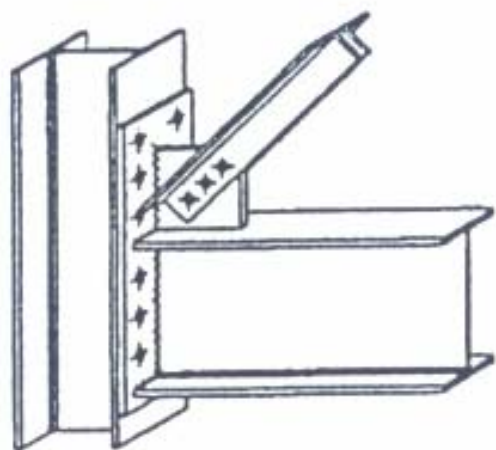
Nyomatékálló gerenda-gerenda kapcsolatok



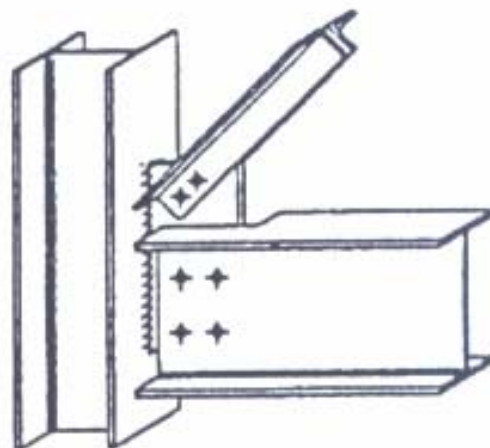
A szélrács kapcsolatai



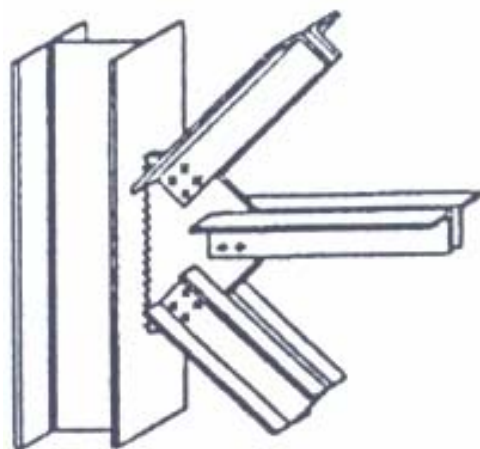
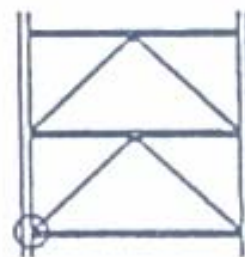
A hosszkötés kapcsolatai



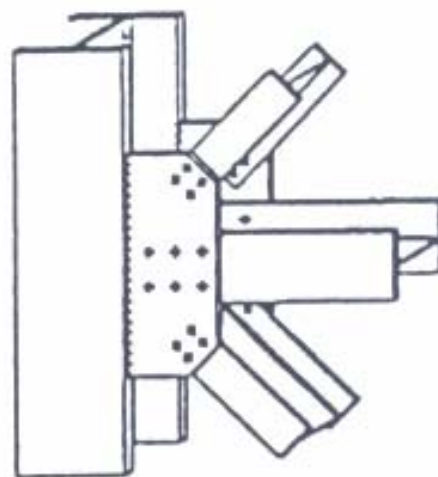
(1)



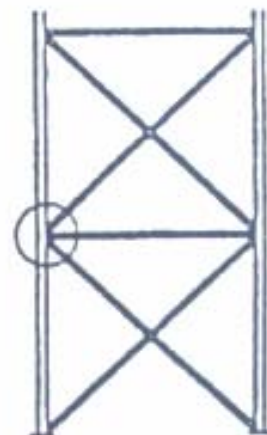
(2)



(3)



(4)



Szerkezetek globális vizsgálata

Globális vizsgálat [prEN 1993-1-1:2002 5.2]

A belső erők, igénybevételek meghatározhatók

- első-rendű vizsgálattal, a szerkezet kezdeti geometriájának felhasználásával
- másod-rendű vizsgálattal, a szerkezet deformációinak figyelembevételével.

Első-rendű vizsgálat alkalmazható, ha

$$\alpha_{cr} = \frac{F_{crit}}{F_{Ed}} \geq 10$$

ahol: α_{cr} az a tényező, amellyel a tervezési terhet megnövelve adódik a rugalmas kilendülő instabilitási teher

F_{Ed} a szerkezet tervezési terhe

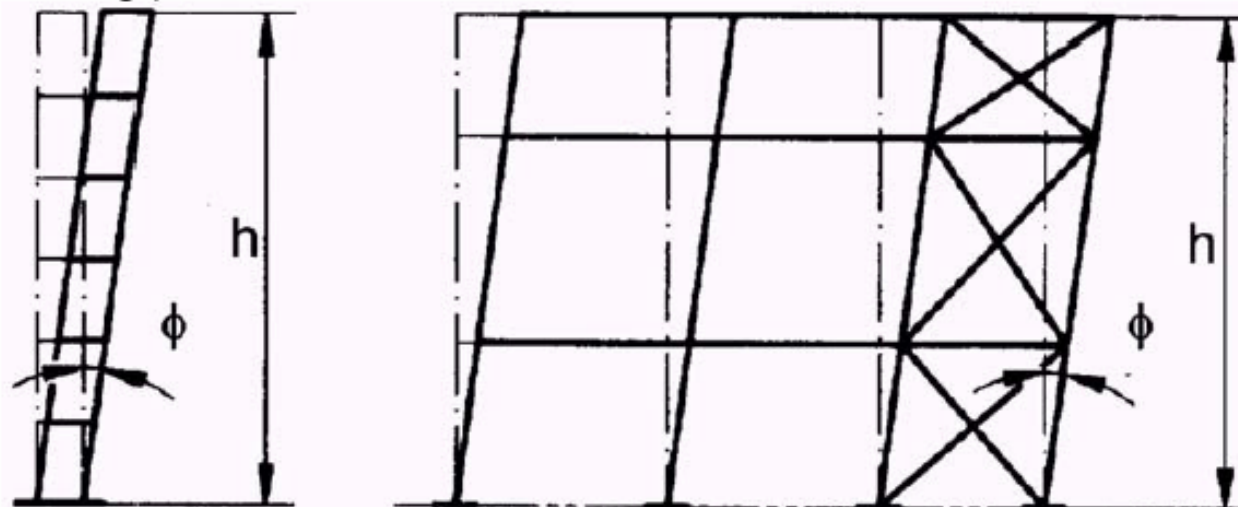
F_{crit} a rugalmas kritikus teher globális instabilitás esetén

Imperfekciók: (a) globális imperfekciók keretekre és megtámasztó szerkezetekre
(b) lokális imperfekciók a szerkezeti rudakra

Imperfekciók keretek globális analizéséhez [pr EN 1993-1-1:2002 5.3.2]

Síkbeli kihajlás esetén:

(a) globális ferdeség ϕ



$\phi = \phi_0 \cdot \alpha_h \cdot \alpha_m$
ahol: $\phi_0 = 1/200$ kezdeti érték
 α_h a h magasságú oszlopokhoz alkalmazható csökkentő tényező:

$$\alpha_h = \frac{2}{\sqrt{h}}, \text{ de } \frac{2}{3} \leq \alpha_h \leq 1,0$$

h a szerkezet magassága méterben

α_m az egy sorban lévő oszlopok számához tartozó csökkentő tényező:

$$\alpha_m = \sqrt{0,5 \left(1 + \frac{1}{m} \right)}$$

m egy sorban lévő azon oszlopok száma, melyeket az adott függőleges síkban számított átlagos N_{Ed} függőleges teher legalább 50 %-a terhel.

b) lokális görbeség e_0

kihajlási görbe jele	rugalmas analízis	képlékeny analízis
	L / e_0	L / e_0
a_0	350	300
a	300	250
b	250	200
c	200	150
d	150	100

L az elem hossza

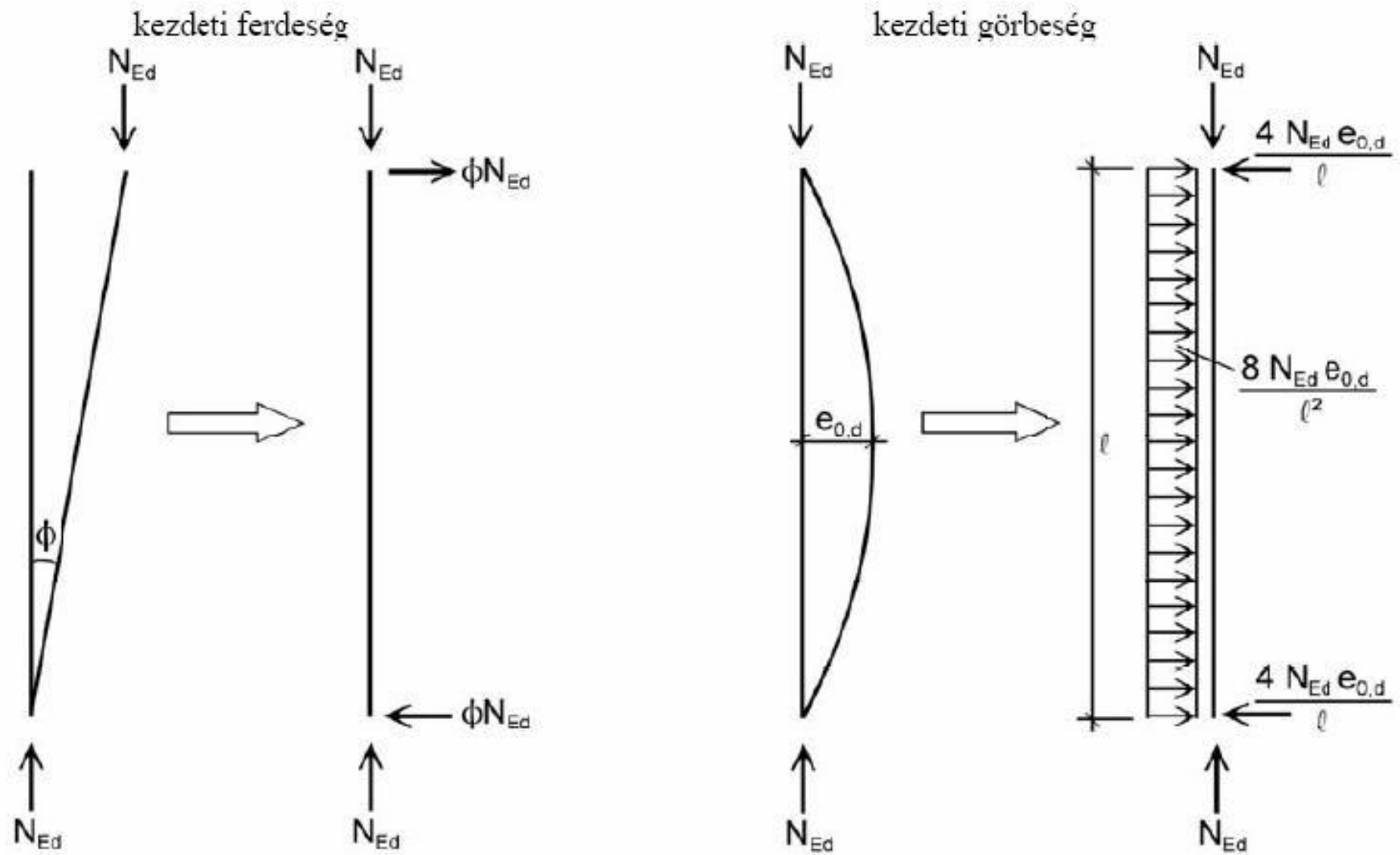
Az elemek lokális görbesége elhanyagolható és csak a globális ferdeséget kell figyelembe venni a végerők és nyomatékok meghatározásához, ha minden nyomott oszlopra teljesül a következő kritérium:

$$\bar{\lambda} \leq 0,5 \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{Ed}}}$$

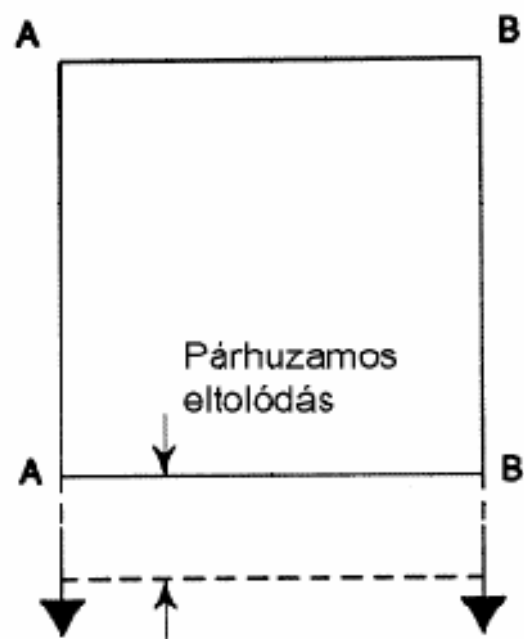
ahol N_{Ed} a nyomóerő tervezési értéke

$\bar{\lambda}$ a csuklósnak feltételezett oszlop síkbeli redukált karcsúsága

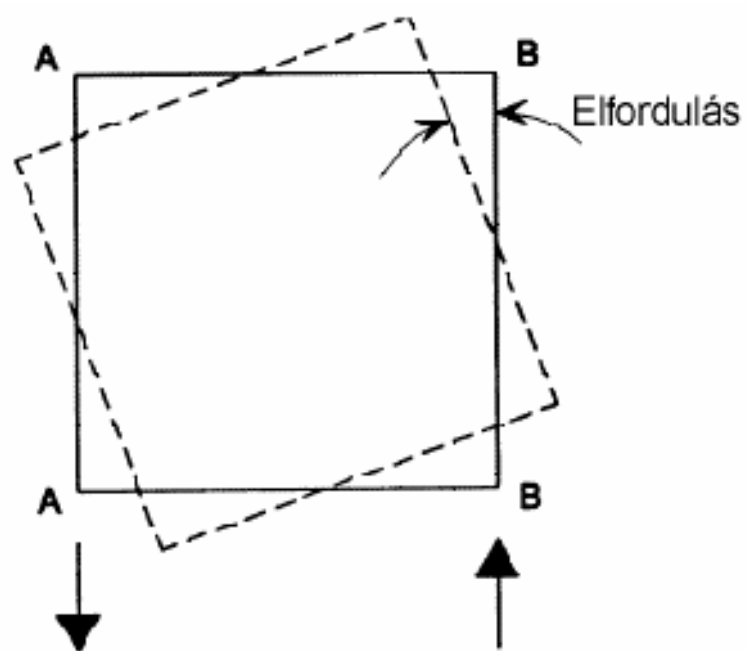
A kezdeti ferdeség és kezdeti görbeség helyettesíthető az oszlopokat terhelő vízszintes erőkkel:



A szerkezet lehetséges torziós hatása is figyelembe vehető megfelelő eltolódások alkalmazásával:



(a) A-A és B-B oldalak ugyanazon irányban mozduknak el.



(b) A-A és B-B oldalak ellenkező irányban mozduknak el

A globális és lokális imperfekciók figyelembevételének alternatív módjaként a szerkezet rugalmas kritikus kihajlási alakjához tartozó η_{crit} is felhasználható, mint egységes globális és lokális imperfekció. Az imperfekció alakja ekkor így írható fel:

$$\eta_{init} = e_{0,d} \frac{M_{Rk}}{EI \eta_{crit,max}''} \eta_{crit}$$

ahol: $\bar{\lambda} > 0,2$ esetén

$$e_{0,d} = \frac{\alpha (\bar{\lambda} - 0,2)}{\bar{\lambda}^2} \frac{1 - \frac{\chi \bar{\lambda}^{-2}}{\gamma_{MI}}}{1 - \chi \bar{\lambda}^{-2}}$$

$$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{\alpha_{ult}}{\alpha_{crit}}} \quad \text{a szerkezet relatív karcsúsága}$$

α a megfelelő kihajlási görbéhez tartozó imperfekciós tényező

χ kihajlási csökkentő tényező

α_{ult} az N_{Ed} erőrendszer $N_{ult,k}$ karakterisztikus ellenállás eléréséhez tartozó legkisebb erőszorzója a kihajlás figyelembevétele nélkül

α_{crit} az N_{Ed} erőrendszer legkisebb erőszorzója a kihajlás figyelembevételével

M_{Rk} a kritikus keresztmetszet nyomatéki ellenállásának karakterisztikus értéke, pl. $M_{e1,Rk}$ vagy $M_{pl,Rk}$

$EI \eta_{crit}''$ a kritikus keresztmetszetben η_{crit} hatására ébredő hajlító nyomaték

Imperfekciók megtámasztó rendszerek globális analizéséhez [pr EN 1993-1-1:2002 5.3.3]

Megtámasztó szerkezetek imperfekciója kezdeti görbeséggel adható meg:

$$e_0 = \alpha_m L / 500$$

ahol: L a megtámasztó rendszer támaszköze

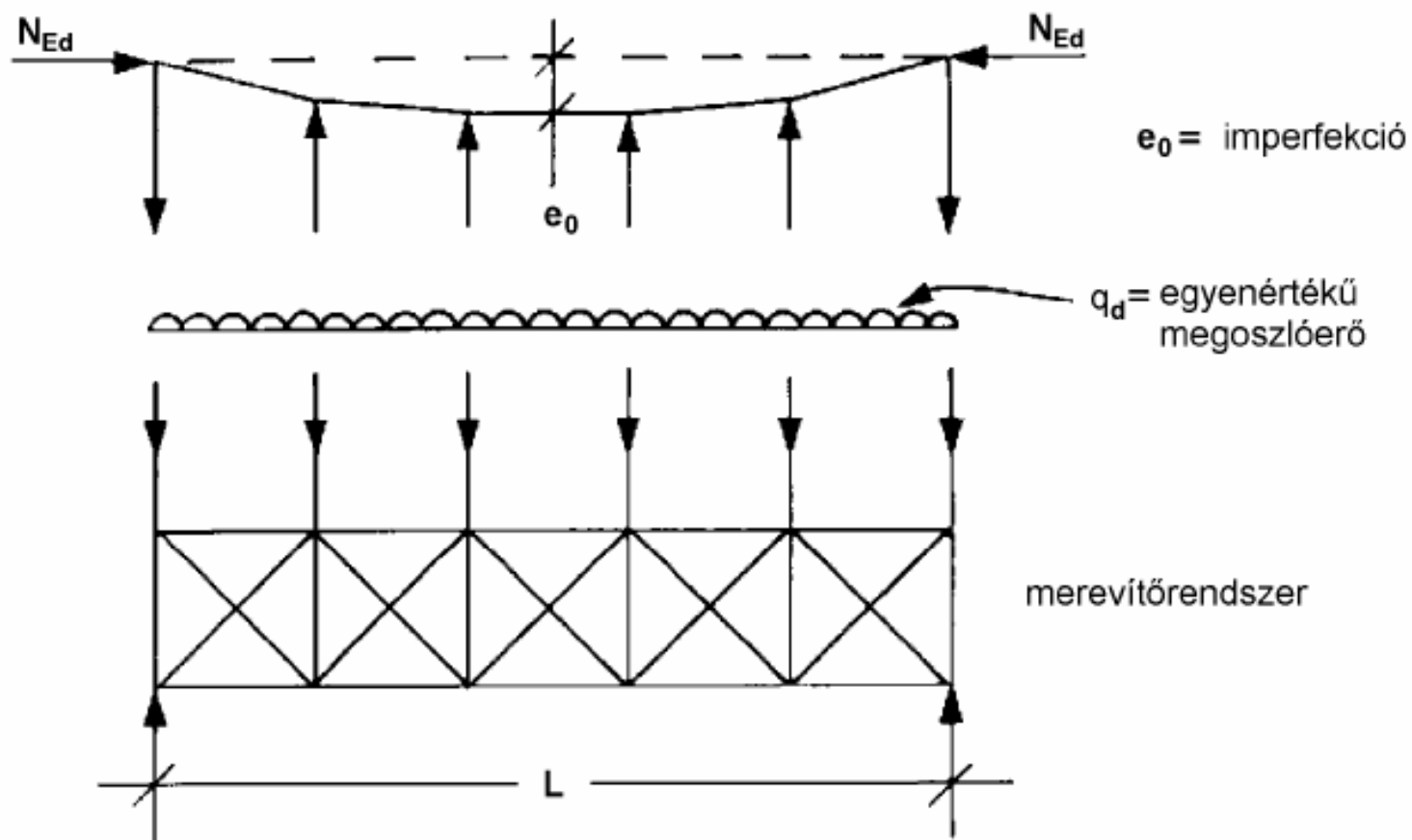
$$\alpha_m = \sqrt{0,5 \left(1 + \frac{1}{m} \right)}$$

m a megtámasztott elemek száma

A megtámasztó szerkezetek imperfekciós hatása helyettesíthető egyenértékű stabilizáló erővel:

$$q = \sum N_{Ed} \ 8 \frac{e_0 + \delta_q}{L^2}$$

ahol: δ_q a megtámasztó rendszer síkbeli lehajlása q teher és bármely, elsőrendű analizisből számított külső teher együttes hatására. Másodrendű elmélet esetén $\delta_q = 0$ alkalmazható.



Az N_{Ed} erő az L támaszközön egyenletesen oszlik meg.

Gerenda-oszlop típusú síkbeli keretek esetében az elsőrendű vizsgálat követelménye így vizsgálható [pr EN 1993-3:2002 5.2.1 (2)]:

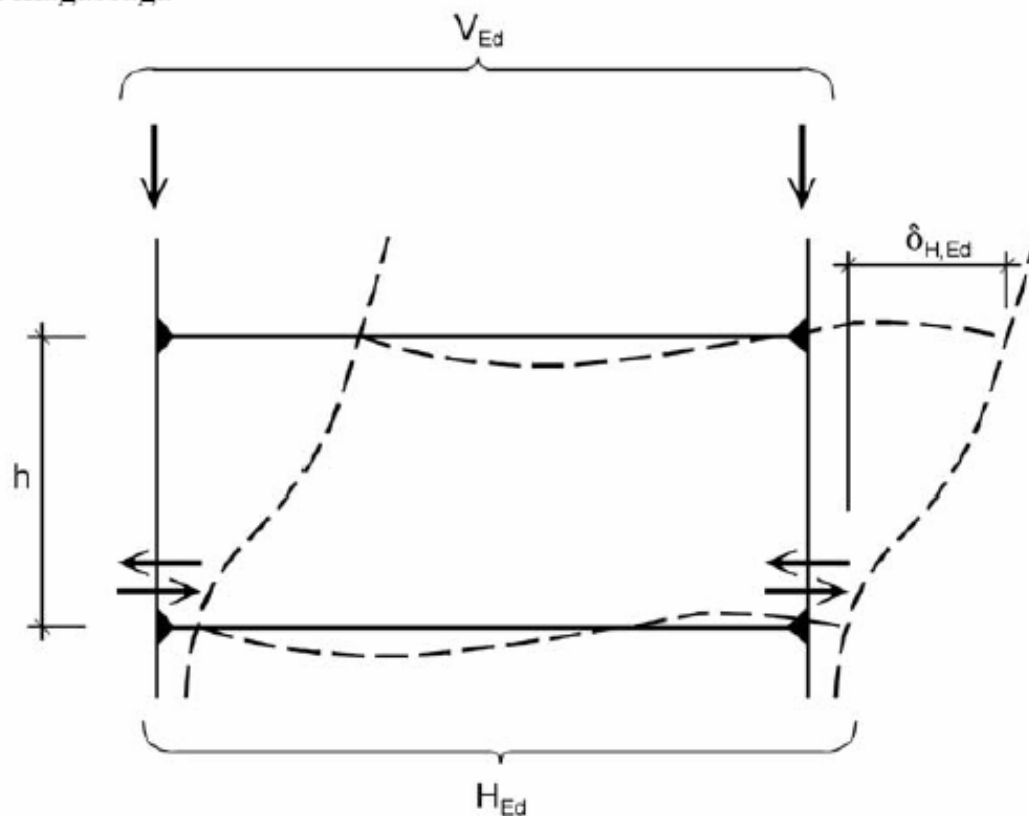
$$\alpha_{\text{crit}} = \left(\frac{H_{\text{Ed}}}{V_{\text{Ed}}} \right) \left(\frac{h}{\delta_{\text{H,Ed}}} \right) \geq 10$$

ahol: H_{Ed} a szint alján ható vízszintes valódi és fiktív erők vízszintes reakcióereje

V_{Ed} a szerkezet teljes függőleges terhe a szint tetején

$\delta_{\text{H,Ed}}$ a szint felső szélének eltolódása az alsó élhez viszonyítva a valódi (pl. szélteher) és a fiktív vízszintes erők hatására

h a szint magassága



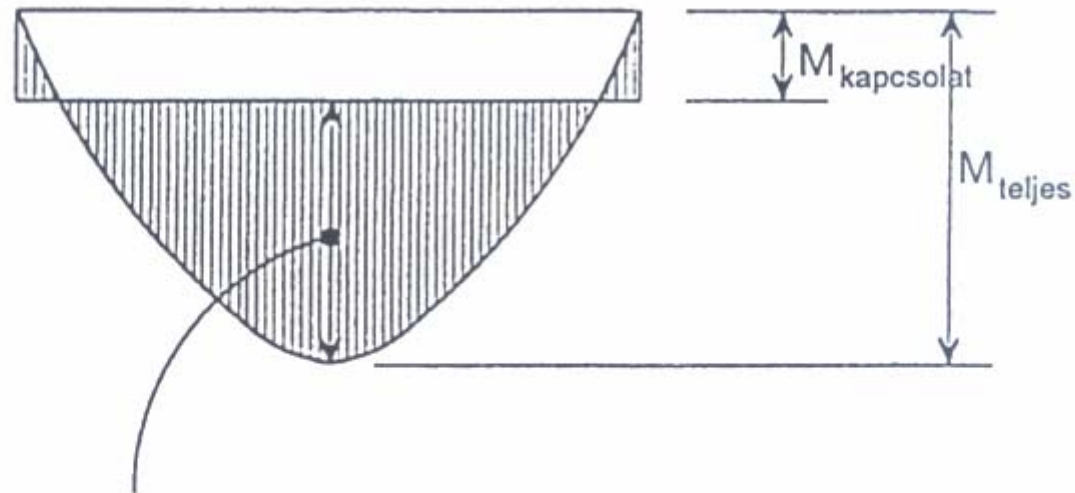
Egyszintes keretek esetében a másod-rendű hatás számítható a H_{Ed} vízszintes teher (pl. szélteher) és egy az imperfekciókból származó ekvivalens teher figyelembevételével [pr EN 1993-3:2002 5.2.2 (2)]:

$$H = H_0 \frac{1}{1 - \frac{1}{\alpha_{crit}}} ; \quad \alpha_{crit} = \left(\frac{H_0}{V_{Ed}} \right) \left(\frac{h}{\delta_{H,Ed}} \right) \geq 3,0 ; \quad H_0 = H_{Ed} + V_{Ed} \phi$$

Többszintes keretek esetében a másod-rendű hatás számítható az előbb megadott módszerrel, ha minden egyes szintnél azonos a

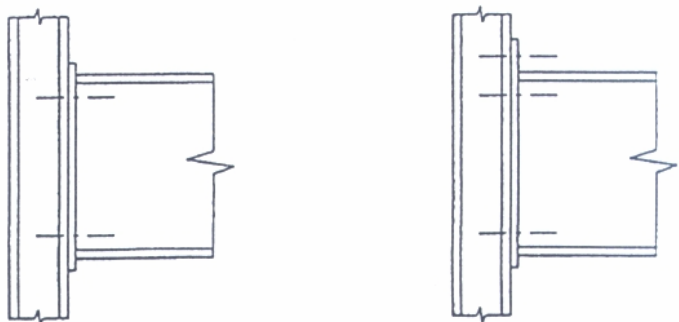
- a függőleges szinterők megoszlása,
- a vízszintes szinterők megoszlása,
- és a keretmerek megoszlása szintenként a vízszintes erők hatására.

RÉSZLEGES SZILÁRDSÁGÚ KAPCSOLATOK ÉS RÉSZLEGESEN FOLYTATÓLAGOS KERETEK



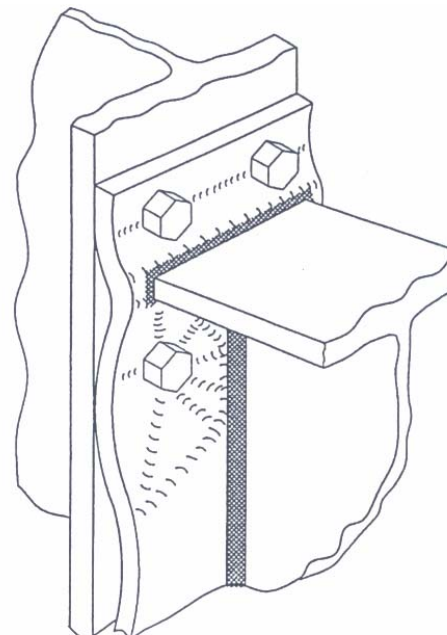
$$M = M_{\text{teljes}} - M_{\text{kapcsolat}} \quad (\text{a gerendát erre a nyomatékra tervezzük})$$

*A félfolytonos, merevített keret egy gerendájának nyomatéki ábrája.
Az $M_{\text{kapcsolat}}$ értéket a gerenda kiválasztásakor kell felvenni.*

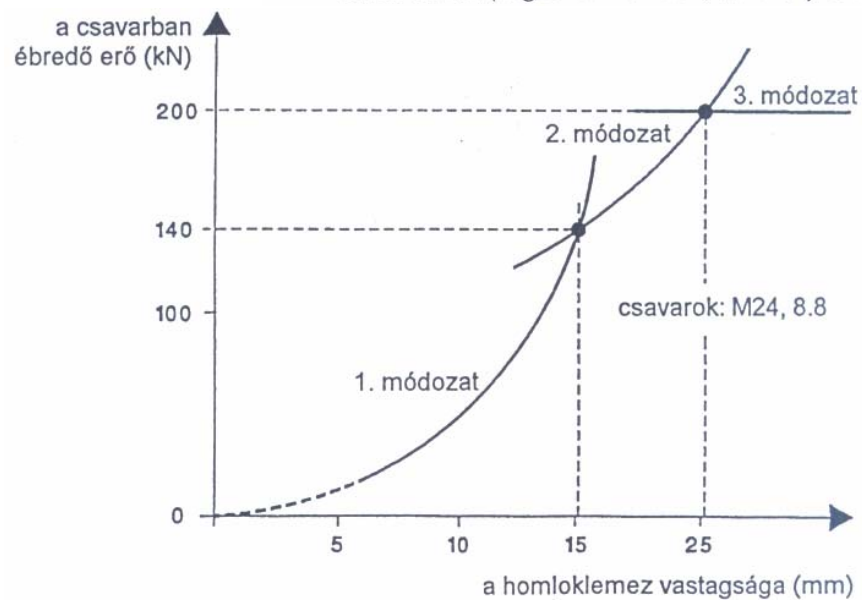


nem túlynúló homloklemez túlynúló homloklemez

Félfolytonos keretek homloklemezkes kapcsolatai

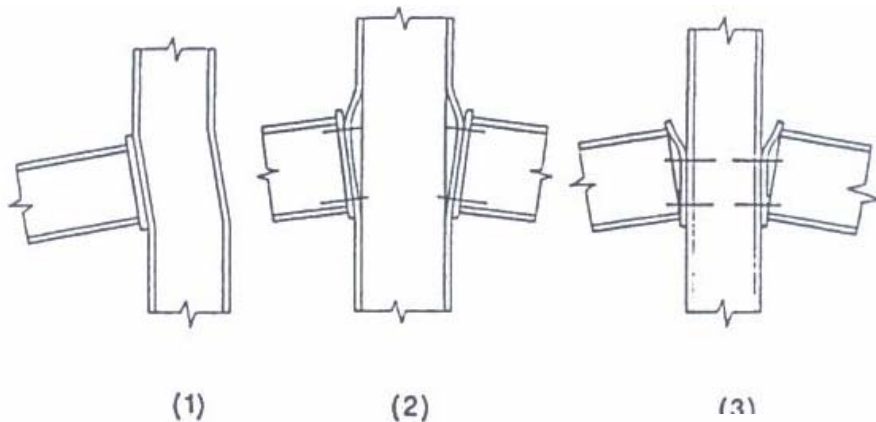


Ha a homloklemez folyása a mértékadó, akkor nem következik be a rideg viselkedésű alkotóelemek (hegesztési varratok, csavarok) tönkremenetele

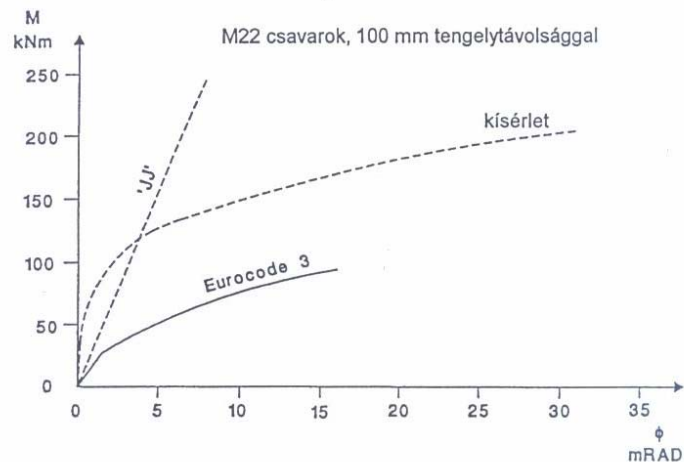
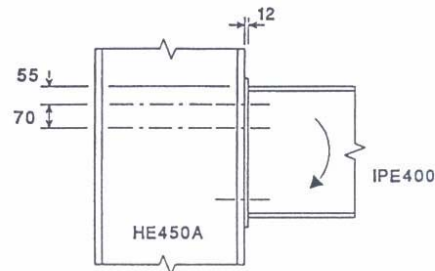


A homloklemez vastagságának hatása a kapcsolat viselkedésére és a tönkremenetel mikéntjére

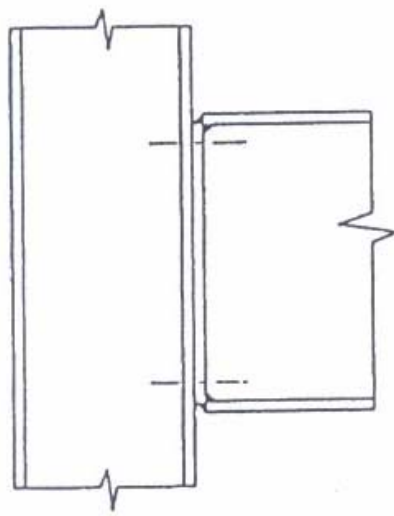
A kapcsolat mechanikai jellemzői, alakváltozási képesség ellenőrzése



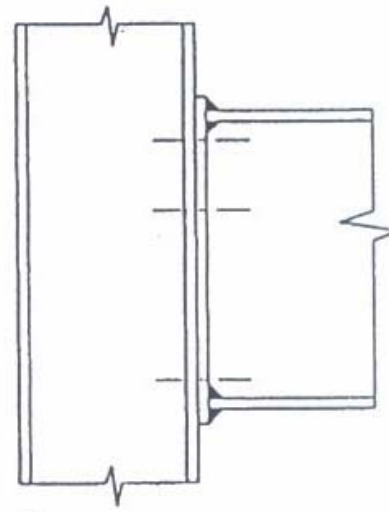
Az Eurocode 3 szerinti három lehetséges tönkremeneteli mód, amely megfelelő alakváltozási (elfordulási) képességet biztosít. (1)–csak egyoldali kapcsolat (szélső oszlop) esetén jön szóba; (2)–csak ha az oszlop övlemeze vékony; (3)–mindig kézben tartható: a csavarok méretének és anyagminőségének függvényében úgy kell felvenni a homloklemez vastagságát, hogy kielégítő viselkedésű kapcsolatot nyerjünk



Szokásos, megfelelő alakváltozási képességű kapcsolat merevségének meghatározása (a 'JJ' jelű görbe az a legújabb javaslat, amelyet az EC3 J mellékletének módosításáért felelős munkacsoport nemrégiben kidolgozott)



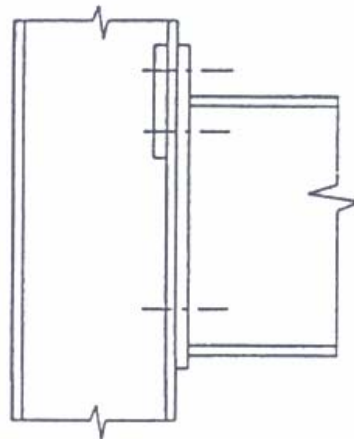
csuklós kapcsolat



részleges szilárdságú kapcsolat

Egyszerű (csuklós) és félfolytonos (részleges szilárdságú) kapcsolat.

Az ábrán vázolt kialakítással a jobb oldali kapcsolat 400 mm magasságú gerenda esetén kb. a gerenda képlékeny nyomatéki ellenállásának 33%-ának megfelelő ellenállással rendelkezik



Az oszlop övlemezének erősítése alátétlemezzel

A gazdaságosság követelményei [Van Donwen, 1981]

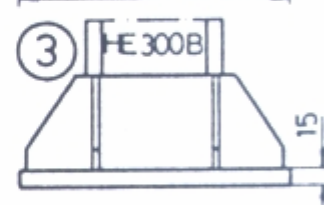
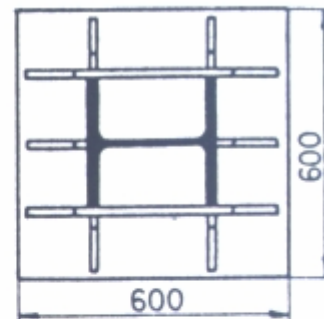
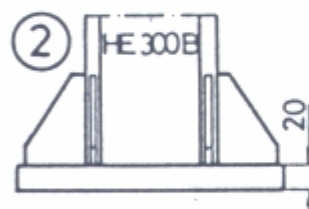
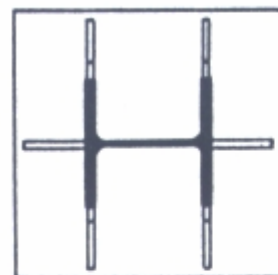
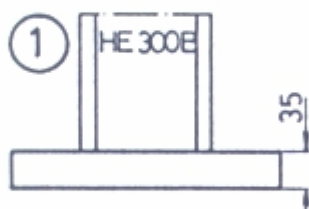
Az acélszerkezetek költségeinek egyik része anyagköltség, másik része pedig munkaköltség:

- Anyagköltség 20-40%
- munkaköltség (számítás, rajz, gyártás, felületvédelem, szerelés) 60-80%

A költségek megbecslése során a következő feltételezések tehetők:

- 1 cm³ hegesztési varrat ára megegyezik 0,7 kg acél árával;
- a merevítő bordák leszábási költsége megegyezik a felhegesztésük költségével
- csavározott kapcsolatban egy lyuk ára (lyukkiképzés + csavar behelyezése) megegyezik 2 kg acél árával

Oszloptalpak I.



Az 1-hez viszonyítva

kevesebb acél
több hegesztési varrat
gyártási költségek

-22 kg
+137 kg
+137 kg

-4 kg
+224 kg
+224 kg

Különbség

+252 kg

+444 kg

Oszloptalpak II.

A 4-hez viszonyítva

kevesebb acél
több hegesztési varrat
gyártási költségek

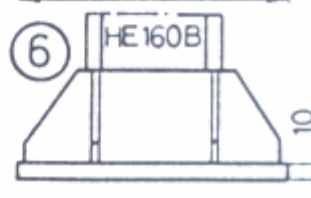
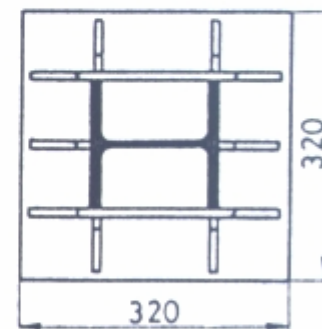
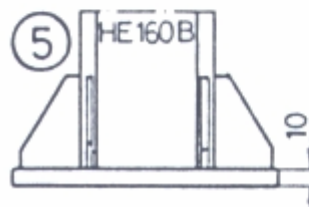
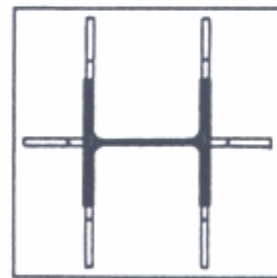
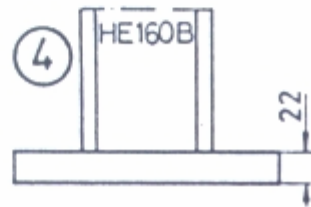
-6 kg
+34 kg
+34 kg

-1 kg
+54 kg
+54 kg

Különbség

+62 kg

+107 kg

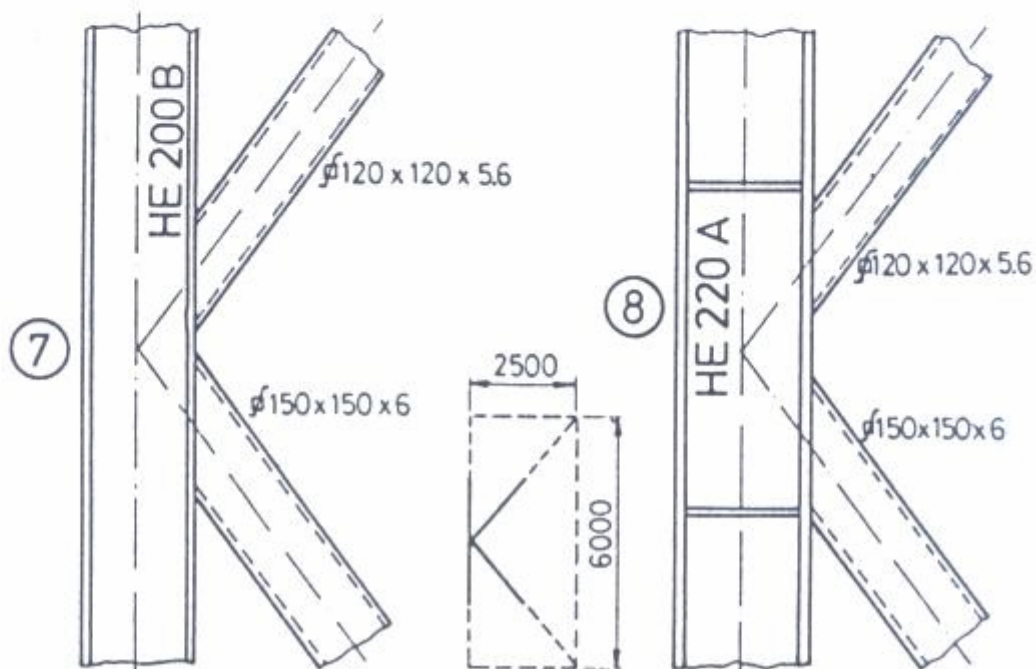


Merevítő csomópontok

A 7-hez viszonyítva

kevesebb acél	-48 kg
több hegesztési varrat	+50 kg
gyártási költségek	+50 kg

Különbség +52 kg



Oszlop-gerenda kapcsolatok I.

A 9-hez viszonyítva

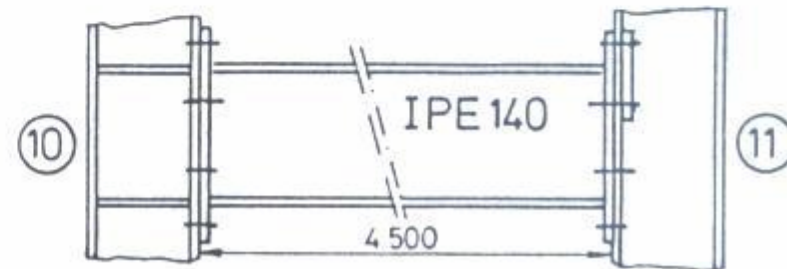
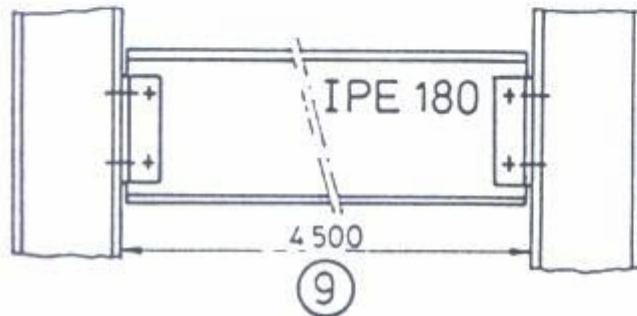
kevesebb acél
több hegesztési varrat
gyártási költségek
(lemezek leszabása)
Csavarlyukak
+4 lyuk
+12 lyuk

-16 kg -22 kg
+79 kg +20 kg
+79 kg +20 kg

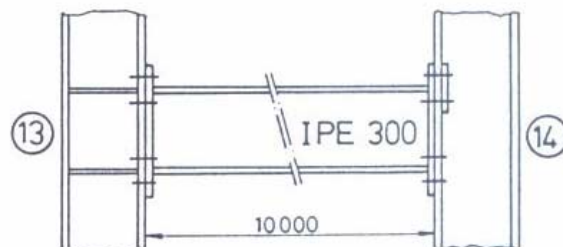
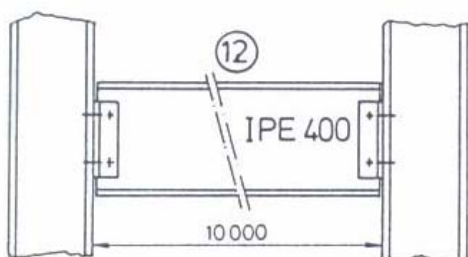
+8 kg +24 kg

Különbség

+150 kg +42 kg



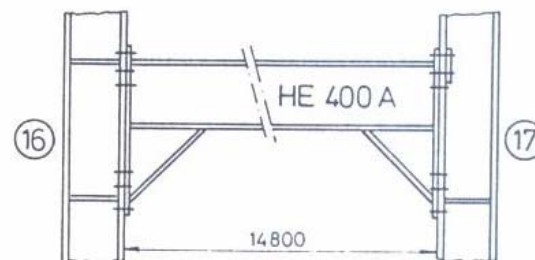
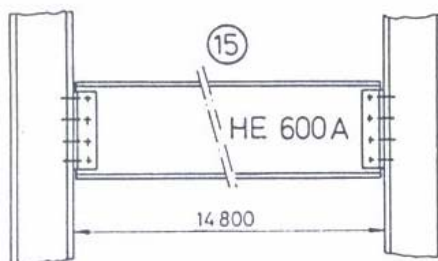
Oszlop-gerenda kapcsolat II.



A 12-höz viszonyítva

Kevesebb acél	- 202 kg	- 207 kg
Több hegesztési varrat	+209 kg	+ 80 kg
Gyártási költségek (lemezek leszabása stb.)	+209 kg	+ 80 kg
Csavarlyukak		
+4 lyuk	+ 8 kg	+ 24 kg
+12 lyuk		

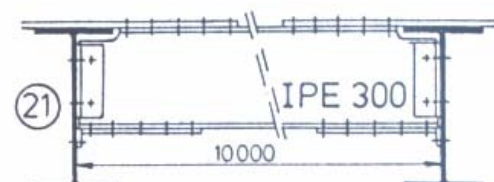
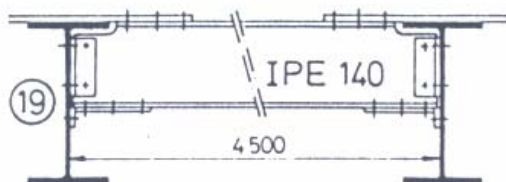
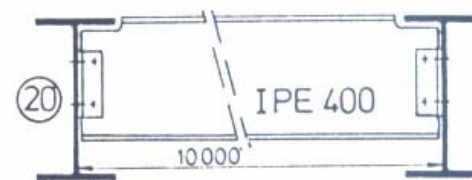
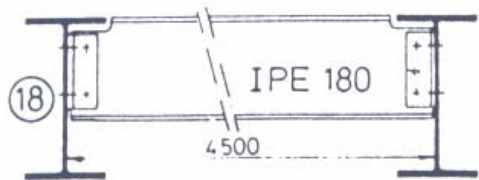
Különbség	+ 224 kg	- 23 kg
-----------	----------	---------



A 15-höz viszonyítva

Kevesebb acél	- 565 kg	- 595 kg
Több hegesztési varrat	+795 kg	+644 kg
Gyártási költségek (lemez leszabása stb.)	+795 kg	+644 kg
Csavarlyukak		
+4 lyuk	+16 kg	+32 kg
+16 lyuk		

Különbség	+1041 kg	+725 kg
-----------	----------	---------

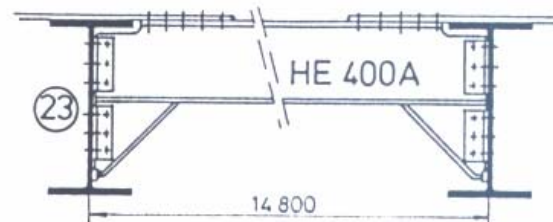
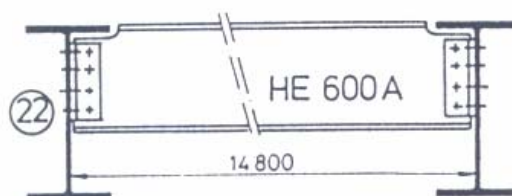


A 18-hoz viszonyítva

Kevesebb acél	- 16 kg
Csavarlyukak	+122 kg
+56 lyuk	
Gyártási költségek	+ 38 kg
Különbség	+134 kg

A 20-hoz viszonyítva

Kevesebb acél	-213 kg
Csavarlyukak	+176 kg
+88 lyuk	
Gyártási költségek	+ 80 kg
Különbség	+ 43 kg



A 22-höz viszonyítva

Kevesebb acél	- 585 kg
Csavarlyukak	+ 164 kg
+56 lyuk	
Több hegesztési varrat	+ 376 kg
Gyártási költségek	+ 376 kg
Különbség	+ 331 kg