



3. ELŐADÁS

Az ábrák forrása:

- [1] Dr. Németh György: Tartószerkezetek III., Acélszerkezetek méretezésének alapjai
- [2] Halász Ottó - Platthy Pál: Acélszerkezetek
- [3] Ádány Sándor - Dulácska Endre – Dunai László – Fernezelyi Sándor – Horváth László: Acélszerkezetek, 1. Általános eljárások, Tervezés az Eurocode alapján
- [4] Dr. Csellár Ödön – Szépe Ferenc: Táblázatok acélszerkezetek méretezéséhez

A SZERKEZETI ACÉLOK ANYAGMINŐSÉGE:

Eleget kell tenniük az előírások és a szabványok követelményeinek:

- ✓ mechanikai tulajdonságok
- ✓ vegyi összetétel
- ✓ geometriai tűrés

EN 10025 1993



Melegen hengerelt szelvények

EN 10210-1 1993

EN 10219-1



Melegen hengerelt zárt szelvények

SZERKEZETI ACÉLOK FOLYÁSHATÁRA ÉS SZAKÍTÓSZILÁRDSÁGA [3]

$t \leq 40 \text{ mm} ?$

$40 \text{ mm} \leq t \leq 80 \text{ mm} ?$

S 235

S 275

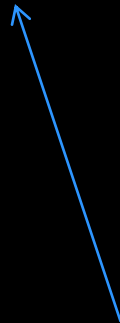
S 355

$$\frac{f_y}{f_u} \approx \frac{2}{3}$$

Acélfajta jele	A szerkezeti elem névleges vastagsága t [mm]			
	$t \leq 40 \text{ mm}$		$40 \text{ mm} < t \leq 80 \text{ mm}$	
	f_y	f_u	f_y	f_u
EN 10025				
S 235	235	360	215	360
S 275	275	430	255	410
S 355	355	510	335	470
S 450	440	550	410	550
S 275 N/NL	275	390	255	370
S 355 N/NL	355	490	335	470
S 420 N/NL	420	520	390	520
S 460 N/NL	460	540	430	540
S 275 M/ML	275	370	255	360
S 355 M/ML	355	470	335	450
S 420 M/ML	420	520	390	500
S 460 M/ML	460	540	430	530
EN 10210-1				
S 235 H	235	360	215	340
S 275 H	275	430	255	410
S 355 H	355	510	335	490
S275NH/NHL	275	390	255	370
S355NH/NHL	355	490	335	470
EN 10219-1				
S 235 H	235	360		
S 275 H	275	430		
S 355 H	355	510		
S275NH/NHL	275	370		
S355NH/NHL	355	470		

JELÖLÉSI RENDSZER:

S355 J2 G3 + Z35



SZERKEZETI ACÉL (STEEL)

JELÖLÉSI RENDSZER:

S355 J2 G3 + Z35



Az előírt legkisebb folyáshatár
[N/mm²]

JELÖLÉSI RENDSZER:

S355 **J2** G3 + Z35

Útőmunka (az előírt
hőmérsékleten
mérhető minimális
fajlagos
útőmunkára utal)

<i>min. 27 J</i>	<i>min. 40 J</i>	<i>C°</i>
<i>JR</i>	<i>KR</i>	<i>20</i>
<i>J0</i>	<i>K0</i>	<i>0</i>
<i>J2</i>	<i>K2</i>	<i>-20</i>
<i>J3</i>	<i>K3</i>	<i>-30</i>
<i>J4</i>	<i>K4</i>	<i>-40</i>

JELÖLÉSI RENDSZER:

S355 J2 **G3** + Z35



Fizikai jellemzők I. csoport (szállítás szerint)

M	termomechanikusan alakított
N	normalizálva alakított
G1	csillapítatlan
G2	csillapított
G3	szállítási állapot megállapodás szerint
G4	szállítási állapot a gyártó választása szerint

JELÖLÉSI RENDSZER:

S355 J2 **G3** + Z35

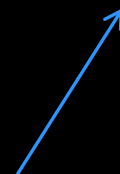


Fizikai jellemzők II. csoport (technológia szerint)

L	alacsony hőmérsékletre
M	termomechanikusan alakított
N	normalizálva alakított
O	offshore (tengeri szerkezet)
W	időjárásálló

JELÖLÉSI RENDSZER:

S355 J2 G3 + **Z35**



Különleges követelmények

Z15	minimális kontrakció 15 %
Z25	minimális kontrakció 25 %
Z35	minimális kontrakció 35 %

A SZERKEZETI ACÉLOK NÉHÁNY JELLEMZŐJE:

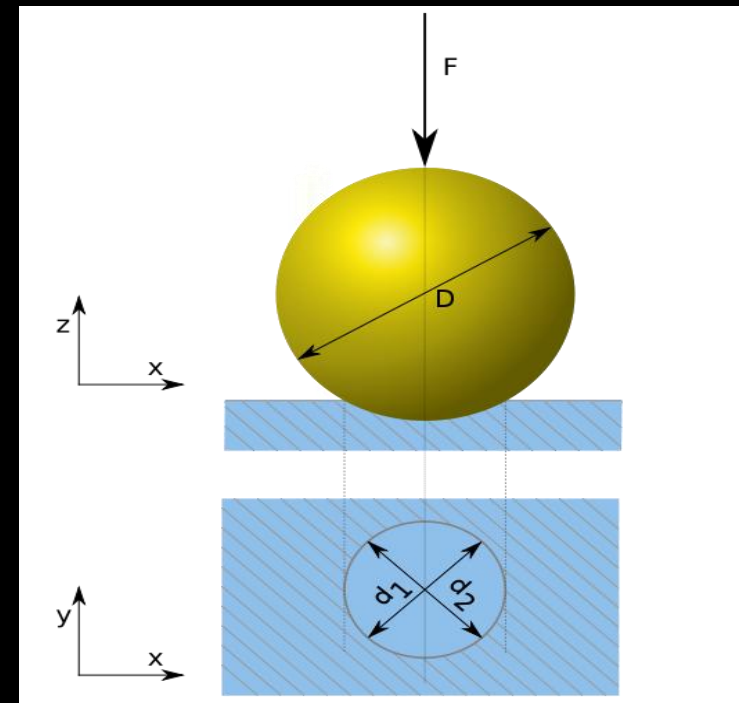
- rugalmassági modulus: 210000 N/mm^2
- szakadási nyúlás: $18-30 \%$
- fajlagos ütőmunka ($+20 \text{ C}^\circ$): $30-100 \text{ J/cm}^2$
- Brinell-keménység: $1000-2000 \text{ N/mm}^2$
- hőtágulási együttható: $1,2 \cdot 10^{-5} \text{ 1/C}^\circ$
- sűrűség: 7850 kg/m^3



□ a Brinell-féle keménység bevezetése 1900

□ a Svéd Királyi Akadémia tagja 1902-től

A Brinell-féle keménység a fémek ellenállását méri egy acélgolyó bemélyedésekor, amit egy megadott erővel préselünk a vizsgálandó fém felületére



**Johann August
Brinell**

(1848-1925)
Svéd mérnök

Szabvány		C _{max} % névleges vastagság (mm)			Mn max %	Si max %	P max %	S max %	N max %	Al ⁽¹⁾ max %	Nb max %	V max %	CEV η max %				
		≤16	>16 ≤40	>40									≤16	>16 ≤40	>40 ≤63	>63 ≤150	
		EN 10025: 1993 ^o	S235 JRG2	0,17									0,17	0,20	1,4	-	0,045
S235 J0	0,17		0,17	0,17	1,4	-	0,040	0,040	0,009 <small>4) 5)</small>				0,35	0,35	0,38	0,38	
S275 JR	0,21		0,21	0,22	1,5	-	0,045	0,045	0,009 <small>4) 5)</small>				0,40	0,40	0,42	0,42	
S275 J0	0,18		0,18	0,18	1,5	-	0,040	0,040	0,009 <small>4) 5)</small>								
S355 JR	0,24		0,24	0,24	1,6	0,55	0,045	0,045	0,009 <small>4) 5)</small>				0,45	0,45	0,47	0,47	
S355 J0	0,20		0,20	0,22	1,6	0,55	0,040	0,040	0,009 <small>4) 5)</small>				0,45	0,45	0,47	0,47	
S355 J2G3/G4 S355 K2G3/G4	0,20		0,20	0,22	1,6	0,55	0,035	0,035	-				0,45	0,45	0,47	0,47	
EN 10113-3: 1993 ^o	S 355 M	0,16	0,16	0,16	1,6	0,50	0,035	0,030	0,015	0,02	0,05	0,010	0,39	0,39	0,40	0,45	
	S 355 ML	0,16	0,16	0,16	1,6	0,50	0,030	0,025	0,015	0,02	0,05	0,010	0,39	0,39	0,40	0,45	
	S 420 M	0,18	0,18	0,18	1,7	0,50	0,035	0,030	0,020	0,02	0,05	0,012	0,43	0,45	-	-	
	S 420 ML	0,18	0,18	0,18	1,7	0,50	0,030	0,025	0,020	0,02	0,05	0,012	0,43	0,45	-	-	
	S 460 M	0,18	0,18	0,18	1,7	0,60	0,035	0,030	0,025	0,02	0,05	0,012	0,45	0,46	-	-	
	S 460 ML	0,18	0,18	0,18	1,7	0,60	0,030	0,025	0,025	0,02	0,05	0,012	0,45	0,46	-	-	

AZ ANYAGVÁLASZTÁS SZEMPONTJAI:

□ Alakíthatósági követelmények:

✓ a szakítószilárdság legalább 10%-kal legyen nagyobb a folyáshatárnál

$$\frac{f_u}{f_y} \geq 1,10$$

✓ a szakadónyúlás haladja meg a 15%-ot

✓ a szakadási alakváltozás legalább a 15-szöröse legyen a folyási alakváltozásnak

$$\epsilon_u > 15 \cdot \epsilon_y$$

AZ ANYAGVÁLASZTÁS SZEMPONTJAI:

□ Hegeszthetőség:

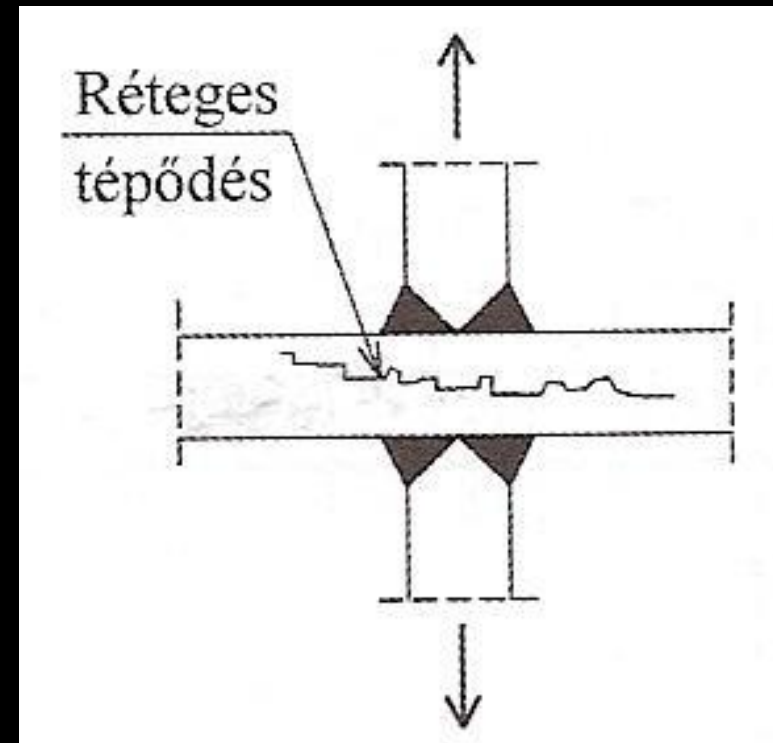
- ✓ hegesztett kapcsolatok alkalmazása esetén csak hegeszthető acélfajta használható



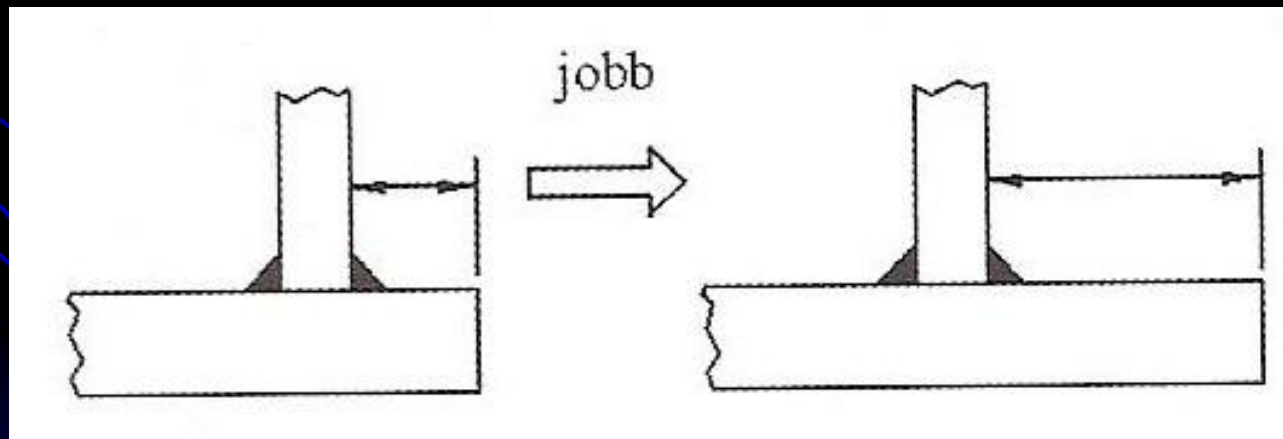
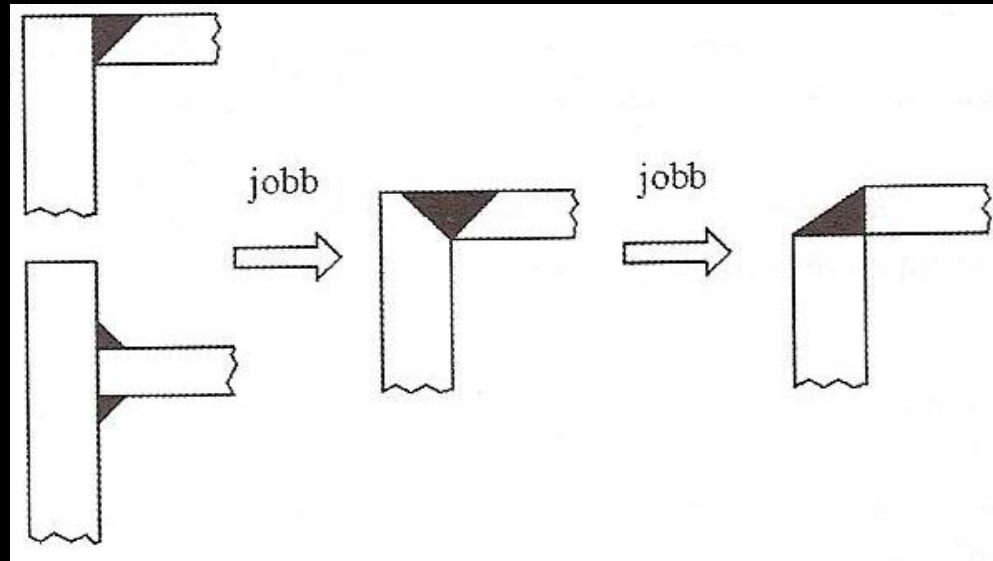
AZ ANYAGVÁLASZTÁS SZEMPONTJAI:

□ Keresztirányú (vastagság irányú) alakváltozási képesség:

- ✓ olyan hegesztett kapcsolatoknál, ahol egy lemezhez síkjára merőlegesen hozzáhegesztett másik lemezt, vagy profilt húzóerővel terhelnek



A réteges tépődés kialakulása [3]



A réteges tépődés elkerülésére ajánlott szerkezeti megoldások [3]

AZ ANYAGVÁLASZTÁS SZEMPONTJAI:

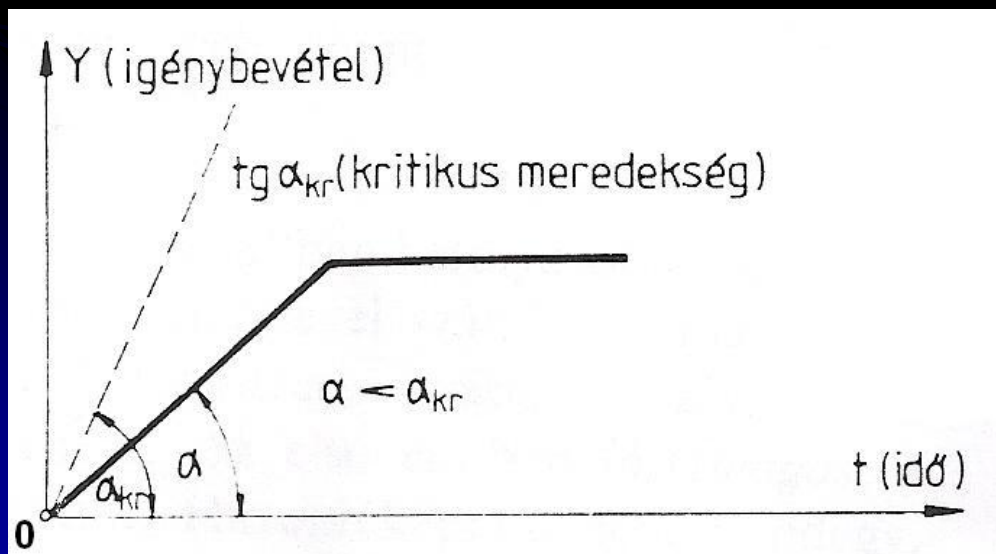
□ Szívósság:

- ✓ az előírt üzemi hőmérsékleten a szerkezet teljes tervezett élettartama során a ridegtörés kizárható legyen
- ✓ az EC3-1-10-ben szereplő módszer törésmechanikai számításokon alapul
- ✓ a módszer húzott vagy húzásnak is kitett szerkezeti elemekhez ajánl megfelelő szívósságú acélfajtát.

Acélok szilárdsági és alakváltozási tulajdonságai statikus terhelési folyamat esetén:

□ Statikus terhelési folyamat:

az igénybevétel viszonylag lassan (folyamatosan) nő fel a maximum értékére és ott állandó marad



$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{dY(t)}{dt}$$



- a $\operatorname{tg} \alpha$ meredekség az igénybevétel sebességét jelenti (felhordás sebesség)

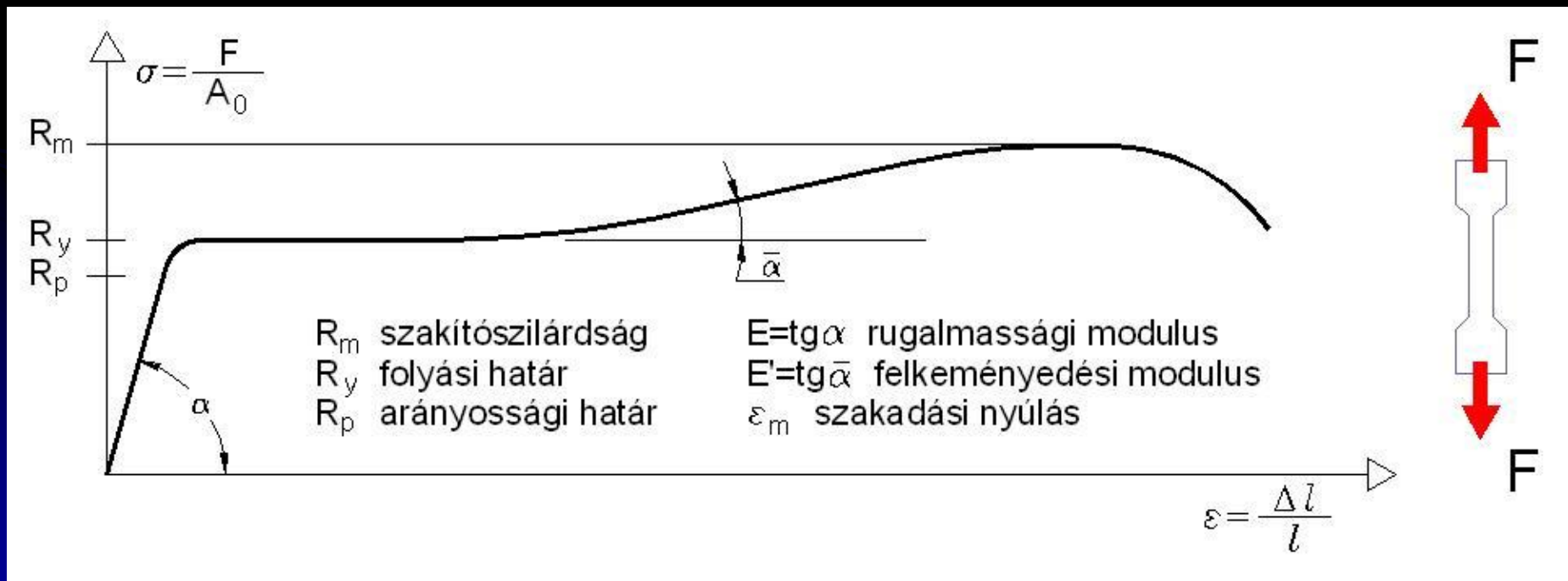
□ Statikus jelleggörbék:

a fajlagos alakváltozások és a feszültségek közti összefüggést ábrázolják

- húzó jelleggörbék
- nyíró jelleggörbék
- nyomó jelleggörbék

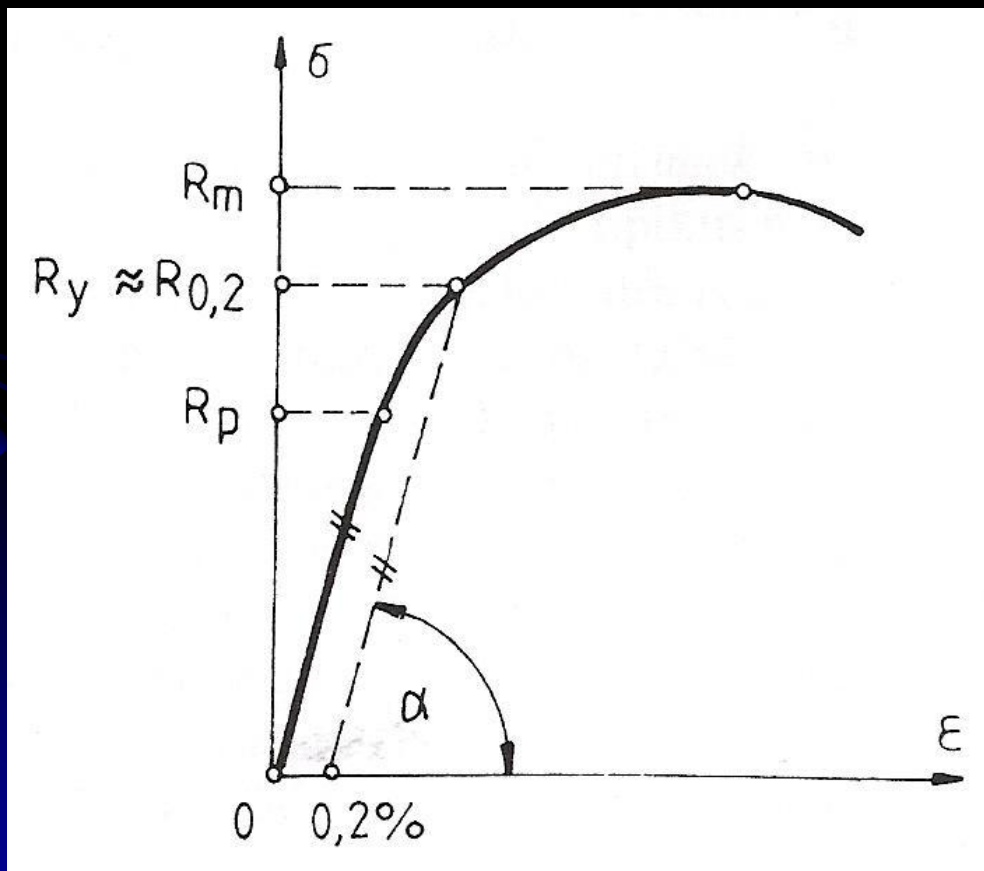
□ Húzó jelleggörbék lágyacélok esetén:

-kisebb szilárdságú, nagy nyúlóképességű, jó képlékeny tulajdonságokkal rendelkező acélok
 ($f_u = 300-500 \text{ N/mm}^2$ $\varepsilon_u \approx 20 \%$, $c < 0,1-0,4 \%$)



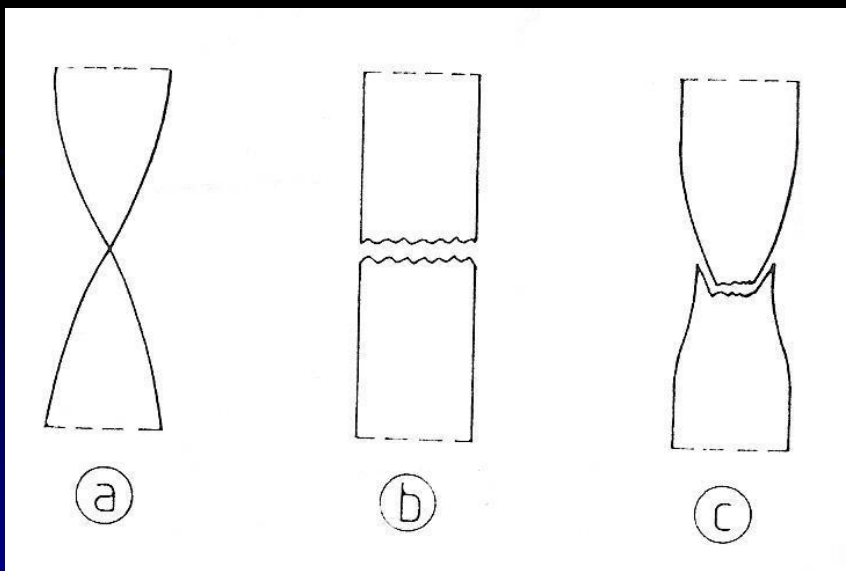
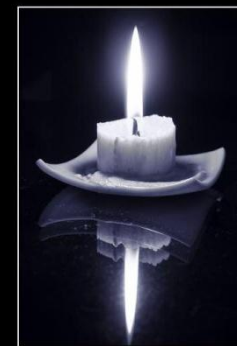
Lágyacél látszólagos húzó jelleggörbéje [1]

□ Húzó jelleggörbék nagyszilárdságú acélok esetén:



- nincsenek vagy csak rövid folyási szakaszok
- egyezményes folyáshatár
(a 0,2 % maradó alakváltozáshoz tartozó feszültség)

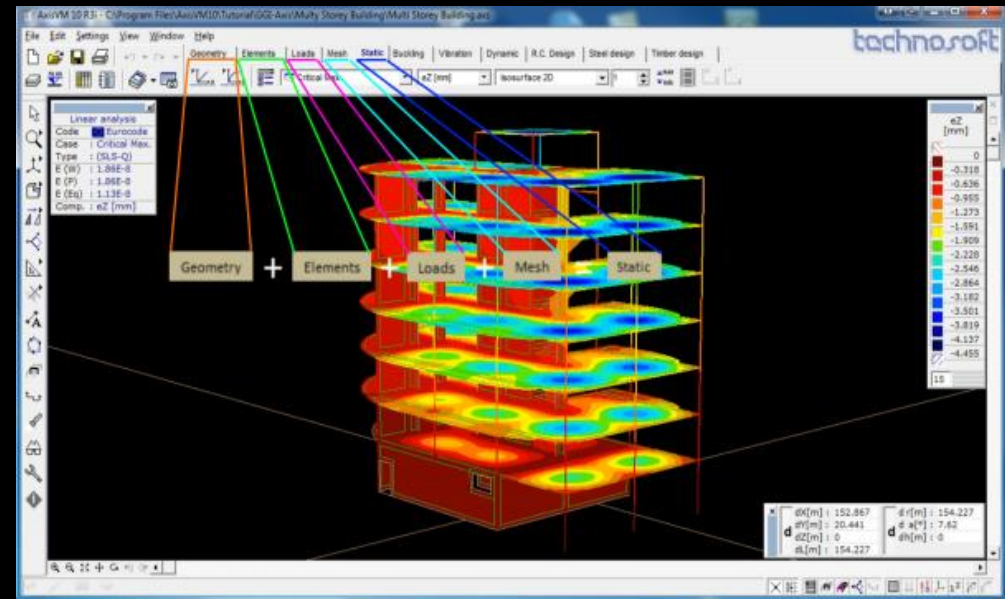
- a folyás az anyag kristályszerkezetében bekövetkező csúszások eredménye
- ha az anyagszerkezet csak kismértékű csúszásokat enged meg, akkor az ötvözet ridegen viselkedik



Körülmények szabályozása:

- kiértékelés módja,
- próbatest alakja,
- próbatest mérete,
- próbatest előkészítésének technológiája,
- hőmérséklet,
- szakítás nagysága,
- szakítás sebessége.

Acélszerkezetek ellenőrzése



TERVEZÉS :

- új szerkezet
- statikai rendszer
- km.-i méretek
- kapcsolatok
- megrendelői érdekek

ELLENŐRZÉS:

- Meglévő vagy megtervezett építmény
- Igazolni a szerkezeti elemek és kapcsolatok rájuk ható igénybevételekre való megfelelőségét

A szerkezet részekre bontása





SZABVÁNYOK ÉS ELŐÍRÁSOK



Tárgykörük szerinti csoportosítás:

- általános érvényű szabványok (pl: EC0, EC1)
- adott anyagú tartószerkezetek tervezésére vonatkozó szabványok (pl: EC3)
- adott szerkezetcsaládra vonatkozó szabványok (pl: hidak)
- szerkezeti anyagokra vonatkozó szabványok (pl: szerkezeti acél)

**EN 1990 A TARTÓSZERKEZETI TERVEZÉS
ALAPJAI**

EN 1991 A SZERKEZETI HATÁSOK

EN 1992 BETONSZERKEZETEK TERVEZÉSE

EN 1993 ACÉLSZERKEZETEK TERVEZÉSE

**EN 1994 BETONNAL EGYÜTTDOLGOZÓ
ACÉLSZERKEZETEK TERVEZÉSE**

EN 1995 FASZERKEZETEK TERVEZÉSE

EN 1996 FALAZOTT SZERKEZETEK TERVEZÉSE

EN 1997 GEOTECHNIKAI TERVEZÉS

**EN 1998 TARTÓSZERKEZETEK TERVEZÉSE
FÖLDRENGÉSRE**

EN 1999 ALUMINIUMSZERKEZETEK TERVEZÉSE



ACÉLSZERKEZETI SZAKTERÜLETEK:

EN 1993-1

**ÁLTALÁNOS ÉS ÉPÜLETEKRE
VONATKOZÓ SZABÁLYOK**

EN 1993-2

ACÉLHIDAK

EN 1993-3

**TORNYOK, ANTENNATORNYOK
ÉS KÉMÉNYEK**

EN 1993-4

**SILÓK, TARTÁLYOK ÉS
CSŐVEZETÉKEK**

EN 1993-5

CÖLÖPÖK

EN 1993-6

DARUPÁLYATARTÓK

AZ EN 1993-1 SZABVÁNYKÖTETEI (1) :

- EN 1993-1-1** **ÁLTALÁNOS ÉS ÉPÜLETEKRE VONATKOZÓ SZABÁLYOK**
- EN 1993-1-2** **TŰZZEL SZEMBENI TERVEZÉS**
- EN 1993-1-3** **HIDEGEN ALAKÍTOTT VÉKONY-FALÚ PROFILOK ÉS LEMEZEK**
- EN 1993-1-4** **ROZSDAMENTES ACÉLOK**
- EN 1993-1-5** **LEMEZEKBŐL ÖSSZEÁLLÍTOTT SZERKEZETEK**
- EN 1993-1-6** **HÉJSZERKEZETEK**

AZ EN 1993-1 SZABVÁNYKÖTETEI (2) :

EN 1993-1-7 **SÍKJUKRA MERŐLEGESEN TERHELT LEMEZES SZERKEZETEK**

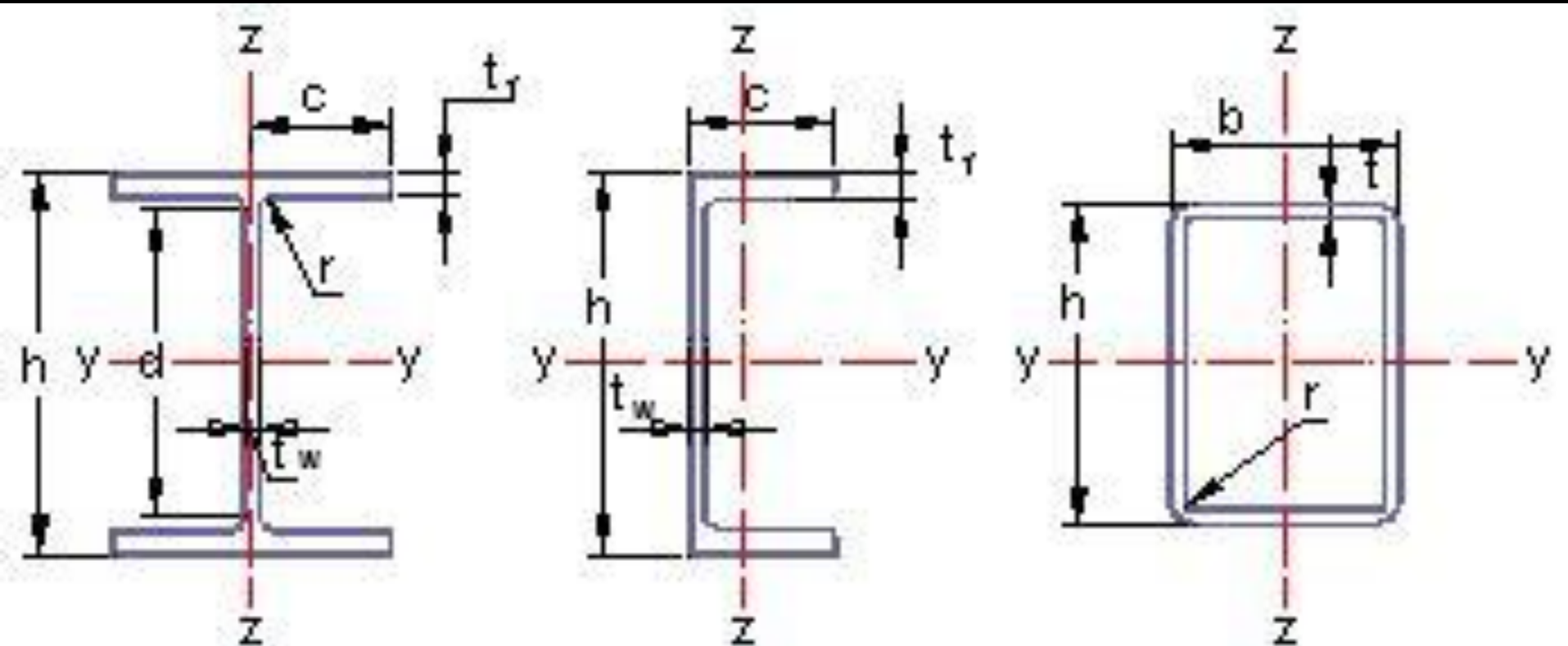
EN 1993-1-8 **KAPCSOLATOK**

EN 1993-1-9 **FÁRADÁS**

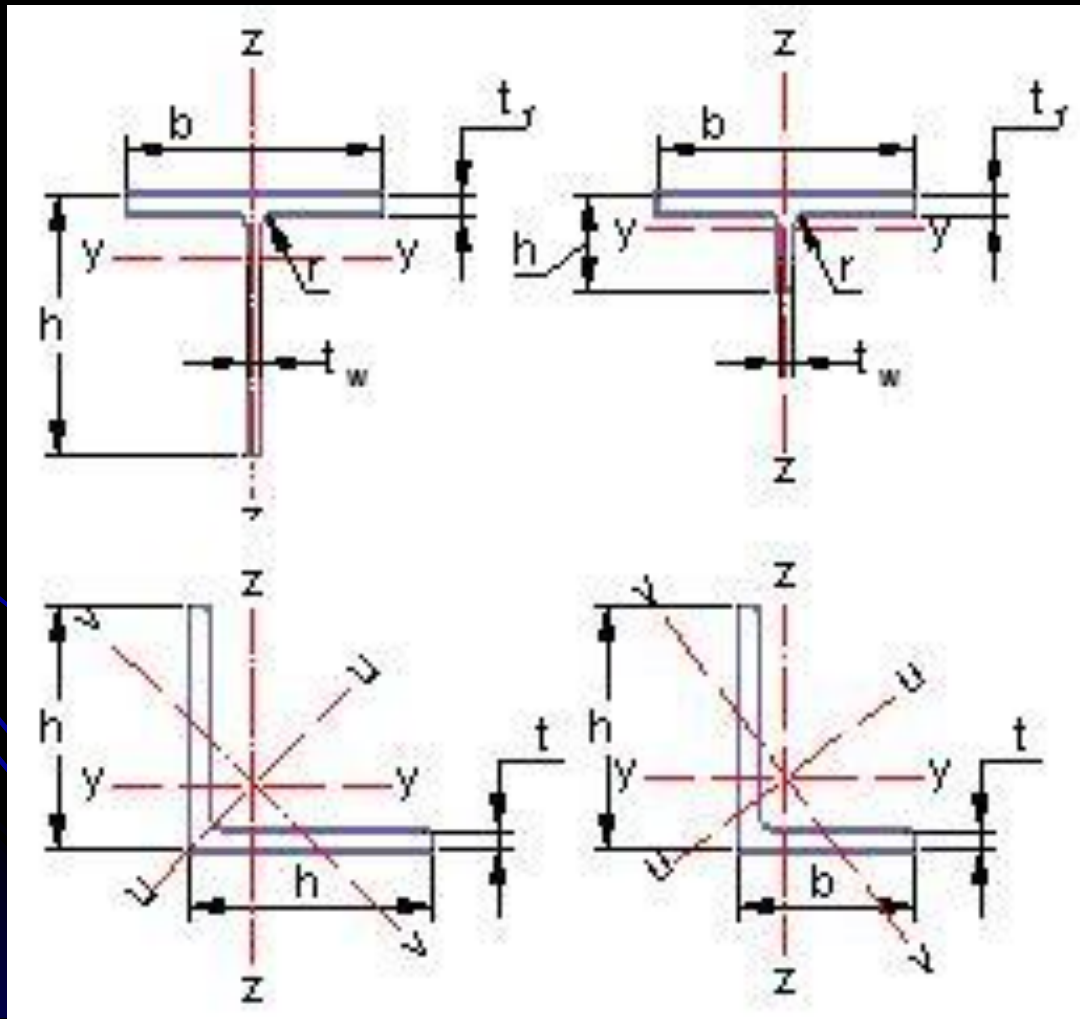
EN 1993-1-10 **ACÉLMINŐSÉG KIVÁLASZTÁSI ELJÁRÁSOK**

EN 1993-1-11 **HÚZOTT ELEMÉKBŐL FELÉPÍTETT SZERKEZETEK**

Szelvények méreteinek és tengelyének jelölése az EC-ban (1)



Szelvények méreteinek és tengelyének jelölése az EC-ban (2)



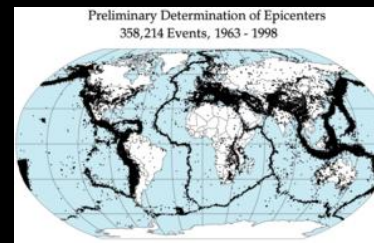
Tervezési állapotok, figyelembe veendő hatások:

- ***tartós állapotok***, a szerkezet rendeltetésszerű használatára során fellépő hatások együttese
- ***ideiglenes állapotok***, az építés, karbantartás, javítás során fellépő hatások
- ***rendkívüli állapotok***, amelyek rendkívüli hatások (robbanás, ütközés, tűzeset) következményei
- ***földrengési állapot***, földrengés hatására kell méretezni.

A hatások osztályozása (1):

A. Időbeni változás szerint

- **állandó hatások (G),**
(önsúly, földnyomás, víznyomás, feszítés)
- **esetleges hatások (Q),**
(hasznos terhek, meteorológiai terhek)
- **rendkívüli hatások (A),**
(ütközés, kisiklás, tűz)
- **földrengési teher (A_E).**



A hatások osztályozása (2):

B. Eredet szerint

- **közvetlen hatások (terhek),**
(pl: önsúly, esetleges terhek)
- **közvetett hatások (kinematikai terhek)**
 - **terhelő alakváltozások**
(pl: hőmérsékletváltozás, nedvességváltozás, támaszsüllyedés)
 - **kényszergyorsulás**
(pl: robbanás, földrengés)

A hatások osztályozása (3):

C. Térbeli változás szerint

- rögzített hatás (állandó),
(pl: önsúly, esetleges terhek)
- nem rögzített hatás (változó)

D. Jellemük szerint

- statikus teher
- kvázi statikus teher (kismértékű gyorsulást okoz)
- dinamikus teher (pl: földrengés)

- ❖ **Igazolni kell, hogy az építménynek a *határállapotok kialakulásával szemben kellő, azaz a veszélyesség fokával arányos biztonsága van az építés és a tervezett élettartam egész idejére.***
- ❖ **Az *Eurocode* szabványsorozat az építmények biztonságának kérdésében a valószínűség-elméleti alapon nyugvó módszereket követi (a parciális biztonsági tényezős méretezési eljáráson alapul).**

$$E_d \leq R_d$$

Hatások tervezési értéke:

$$F_d = \gamma_F \cdot F_k$$

Anyagjellemzők tervezési értéke:

$$X_d = X_k / \gamma_M$$

A geometriai adatok tervezési értéke:

$$a_d = a_{nom}$$

A tervezési ellenállás:

$$R_d = R(X_k, a_k) / \gamma_M$$

PARC. BIZTONSÁGI TÉNYEZŐK AZ ELL.-OK SZÁMÍTÁSÁHOZ

SZILÁRDSÁGI VIZSGÁLATOK (km.-i ell.-ok első folyás és korlátozatlan folyás esetén)

$$\gamma_{M0} = 1,00$$

STABILITÁSI VIZSGÁLATOK (szerkezeti elem kihajlás, kifordulás; alkotóelem nyírási horpadás)

$$\gamma_{M1} = 1,00$$

SZILÁRDSÁGI VIZSGÁLATOK (km.-i ell. lyukkal gyengített km. képlékeny törése esetén; csavarok, szegecsek, hegesztési varratok, palástnyomásra működő lemezek ell.-a képlékeny törés esetén)

$$\gamma_{M2} = 1,25$$

FESZÍTETT CSAVAROS KAPCSOLAT MEGCSÚSZÁSI ELLENÁLLÁSA (teherbírási határállapot)

$$\gamma_{M3} = 1,25$$

FESZÍTETT CSAVAROS KAPCSOLAT MEGCSÚSZÁSI ELLENÁLLÁSA (használhatósági határáll.)

$$\gamma_{M3,ser} = 1,10$$

szerkezeti anyag	jel	teherbírási határállapot		használhatósági h.á.
		tartós/ ideiglenes tervezési helyzet	rendkívüli/ szeizmikus tervezési helyzet	
beton	γ_C	1,50	1,20	1,00
betonacél	γ_S	1,15	1,00	
feszítőelem	γ_P	1,15		
acél	γ_{M0}, γ_{M1}	1,00	1,00	
	γ_{M2}	1,25		
faanyag	γ_M	1,30	1,00	
kapcsolóelem	γ_M	1,10		
falazat	γ	2,00-3,50	1,00	

Szerkezeti anyagok parciális tényezői

Teherbírási határállapot						
Hatás (teher) jellege		Jel	Tartós vagy ideiglenes tervezési helyzet		Rendkívüli/szeizmikus tervezési helyzet	Használhatósági h.á.
			Szilárdsági/alkai stabilitási vizsgálat	Helyzeti álékonysági vizsgálat		
Állandó	kedvezőtlen	$\gamma_{G,sup}$	1,35	1,10	1,00	1,00
	kedvező	$\gamma_{G,inf}$	1,00	0,90		
Esetleges		γ_Q	1,50			
Rendkívüli		γ_A	–	–		
Feszítőerő	kedvezőtlen	$\gamma_{P,unfav}$	1,30	–		
	kedvező	$\gamma_{P,fav}$	1,00	–		
Zsugorodás		γ_{sh}	1,00			

A hatások parciális tényezői

HATÁSKOMBINÁCIÓK TEHERBÍRÁSI HATÁRÁLLAPOTBAN:

❖ TARTÓS VAGY IDEIGLENES TERVEZÉSI HELYZETHEZ :

$$\sum_{j \geq 1} \gamma_{Gj} \cdot G_{kj} + \gamma_{Q1} \cdot Q_{k1} + \sum_{i \neq 1} \gamma_{Qi} \cdot \Psi_{0i} \cdot Q_{ki}$$

❖ RENDKÍVÜLI TERVEZÉSI HELYZETHEZ :

$$\sum_i G_{ki} + A_d + \Psi_{11} \cdot Q_{k1} + \sum \Psi_{2i} \cdot Q_{ki}$$

❖ SZEIZMIKUS TERVEZÉSI HELYZETHEZ :

$$\sum_i G_{ki} + A_{Ed} + \sum_i \Psi_{2i} \cdot Q_{ki}$$

HATÁSKOMBINÁCIÓK HASZNÁLHATÓSÁGI HATÁRÁLLAPOTBAN:

- ❖ **KVÁZI-ÁLLANDÓ KOMBINÁCIÓ** (pl:alakváltozások)

$$\sum_{j \geq 1} G_{kj} + \sum_{i \geq 1} \psi_{2i} \cdot Q_{ki}$$

- ❖ **GYAKORI KOMBINÁCIÓ** (pl:épületek eltolódása, lengés)

$$\sum_{j \geq 1} G_{kj} + \psi_{11} \cdot Q_{k1} + \sum_{i > 1} \psi_{2i} \cdot Q_{ki}$$

- ❖ **KARAKTERISZTIKUS KOMBINÁCIÓ** (irreverzibilis használhatósági határállapotok esetén)

$$\sum_{j \geq 1} G_{kj} + Q_{k1} + \sum_{i > 1} \psi_{0i} \cdot Q_{ki}$$

Hatás (teher) jellege		Egyidejűségi (kombinációs) tényező	Gyakori teherszint tényező	Kvázi-állandó teherszint tényező
		Ψ_0	Ψ_1	Ψ_2
Hasznos terhek	lakóépületek, irodák	0,70	0,50	0,30
	gyülekezésre szolgáló helyiségek, üzletek	0,70	0,70	0,60
	raktárak	1,00	0,90	0,80
	nem járható tetők	0,00	0,00	0,00
	nehéz járművel nem járható födémek	0,70	0,70	0,60
	nehéz járművel járható födémek	0,70	0,50	0,30
Meteorológiai terhek	szélteher	0,50	0,50	0,00
	hóteher	0,50	0,20	0,00
Hőmérsékletkülönbség hatása		0,60	0,50	0,00
Gépi berendezések		1,00	0,90	—
Járműteher		1,00	0,90	0,00
Daruteher		1,00	0,90	—

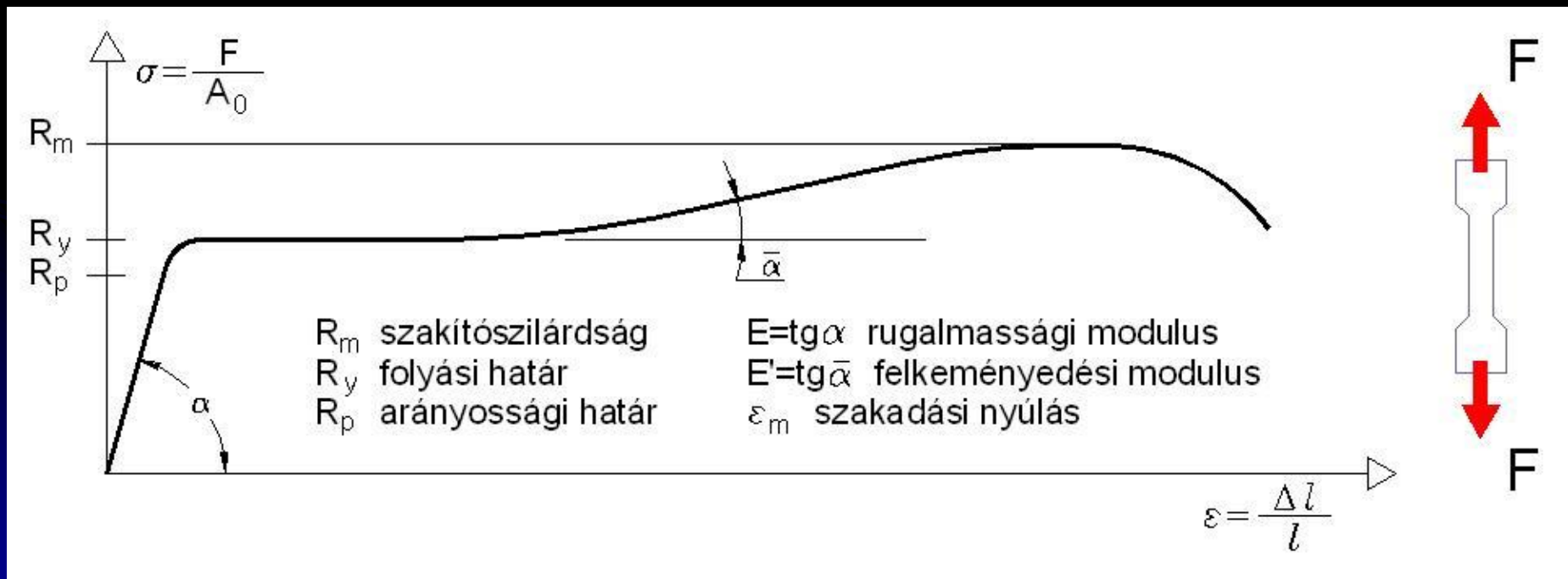
Ψ tényezők a reprezentatív értékek meghatározásához

ALAPKÖVETELMÉNYEK:

Minden tartószerkezetet úgy kell megtervezni és megépíteni, hogy:

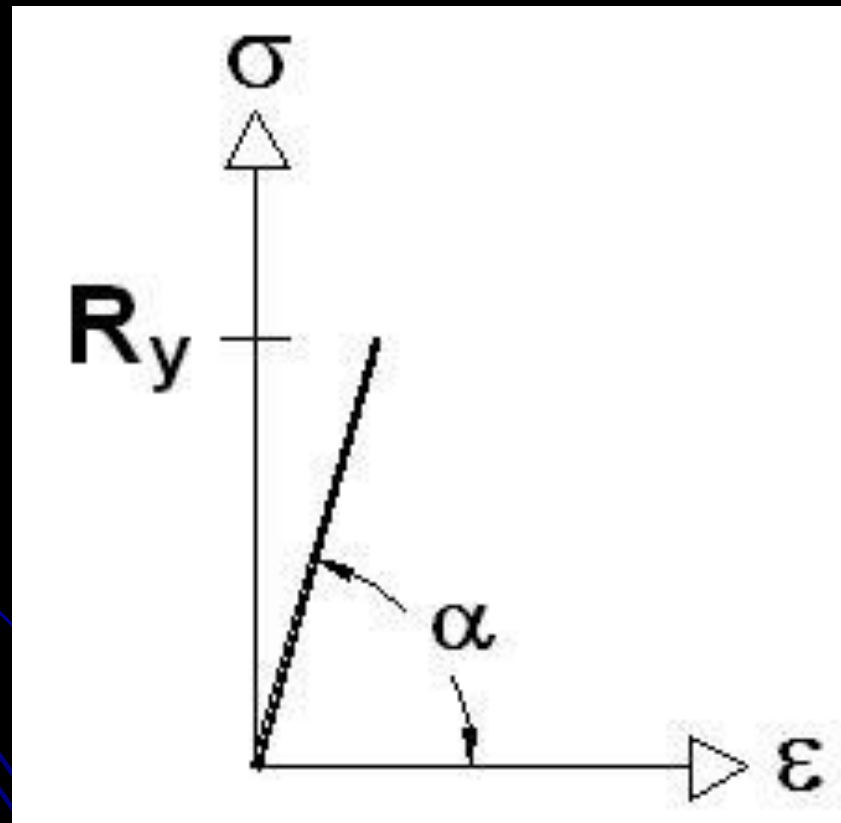
- **elfogadható valószínűséggel megtartsák a megkívánt használhatósági állapotukat, figyelembe véve a tervezett élettartamot és a költségeket;**
- **megfelelő megbízhatósággal ellenálljanak minden olyan erőnek és hatásnak, amely építésük és használatuk során érhetik, valamint a fenntartási költségekhez viszonyítva megfelelően tartósak legyenek;**
- **olyan rendkívüli események miatt, mint pl. robbanás, járműütközés vagy emberi mulasztás, a kiváltó okhoz képest aránytalanul ne rongálódjanak meg.**

A szerkezeti acél jellegzetes $\sigma - \varepsilon$ diagramja:



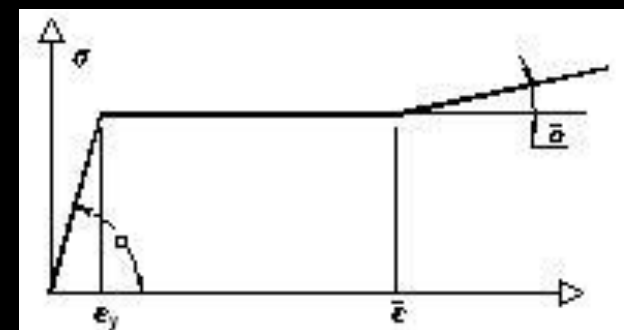
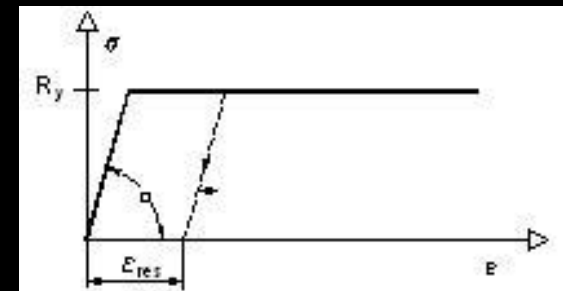
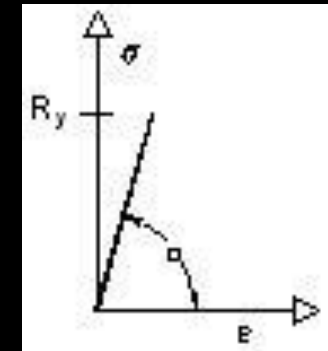
Lágyacél látszólagos húzó jelleggörbéje [1]

Korlátlanul lineárisan rugalmas anyagmodell



AZ ANYAGMODELLEK:

- korlátlanul lineárisan rugalmas anyagmodell
- ideális rugalmas-képlékeny anyagmodell
- rugalmas-képlékeny-felkeményedő anyagmodell

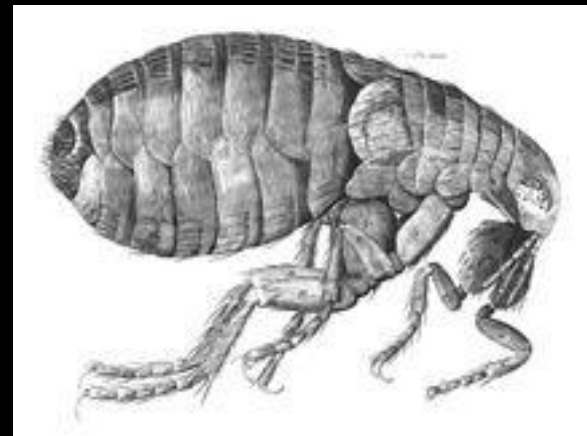




Robert Hooke

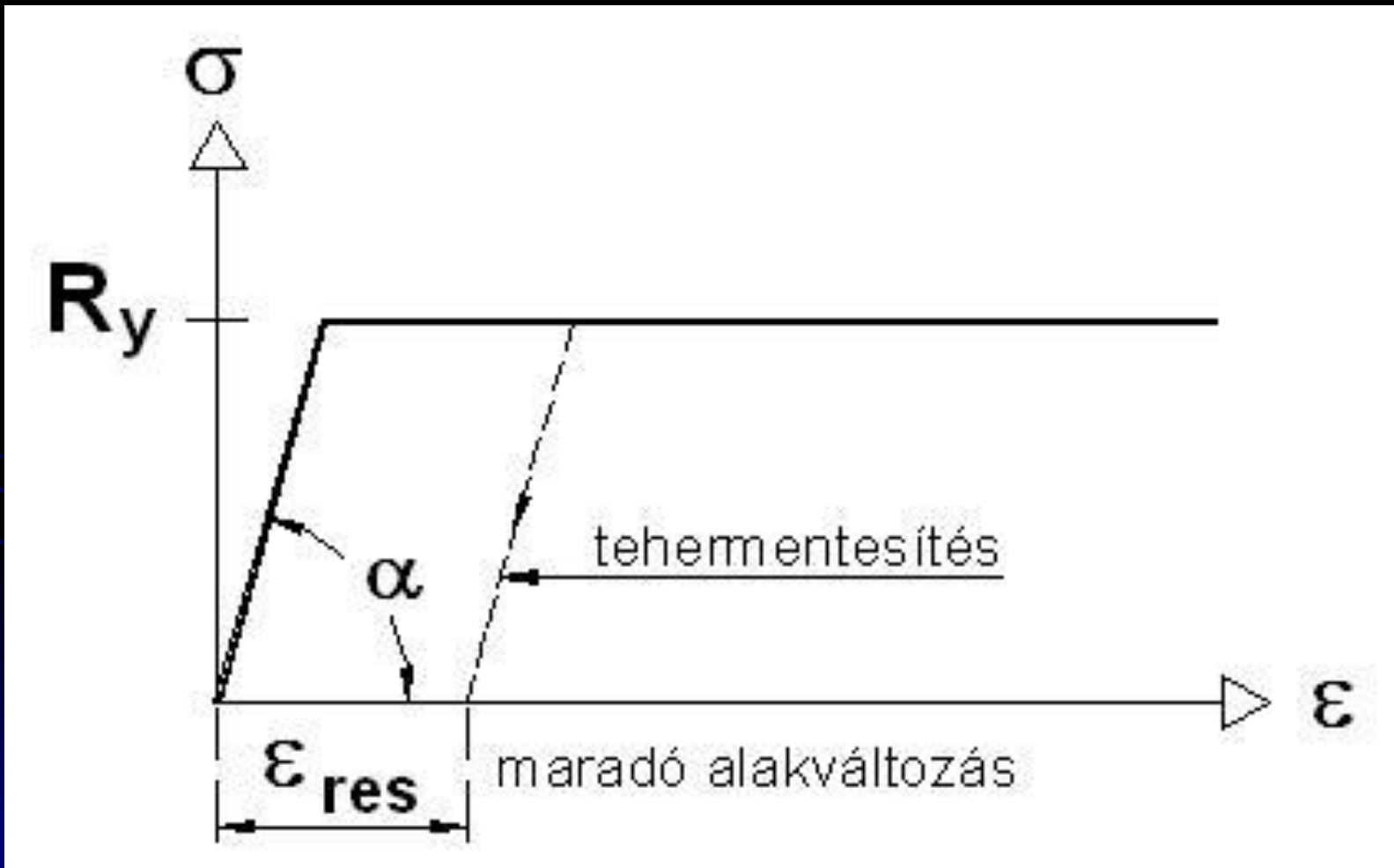
(1635-1703)

Angol tudós,
polihisztor

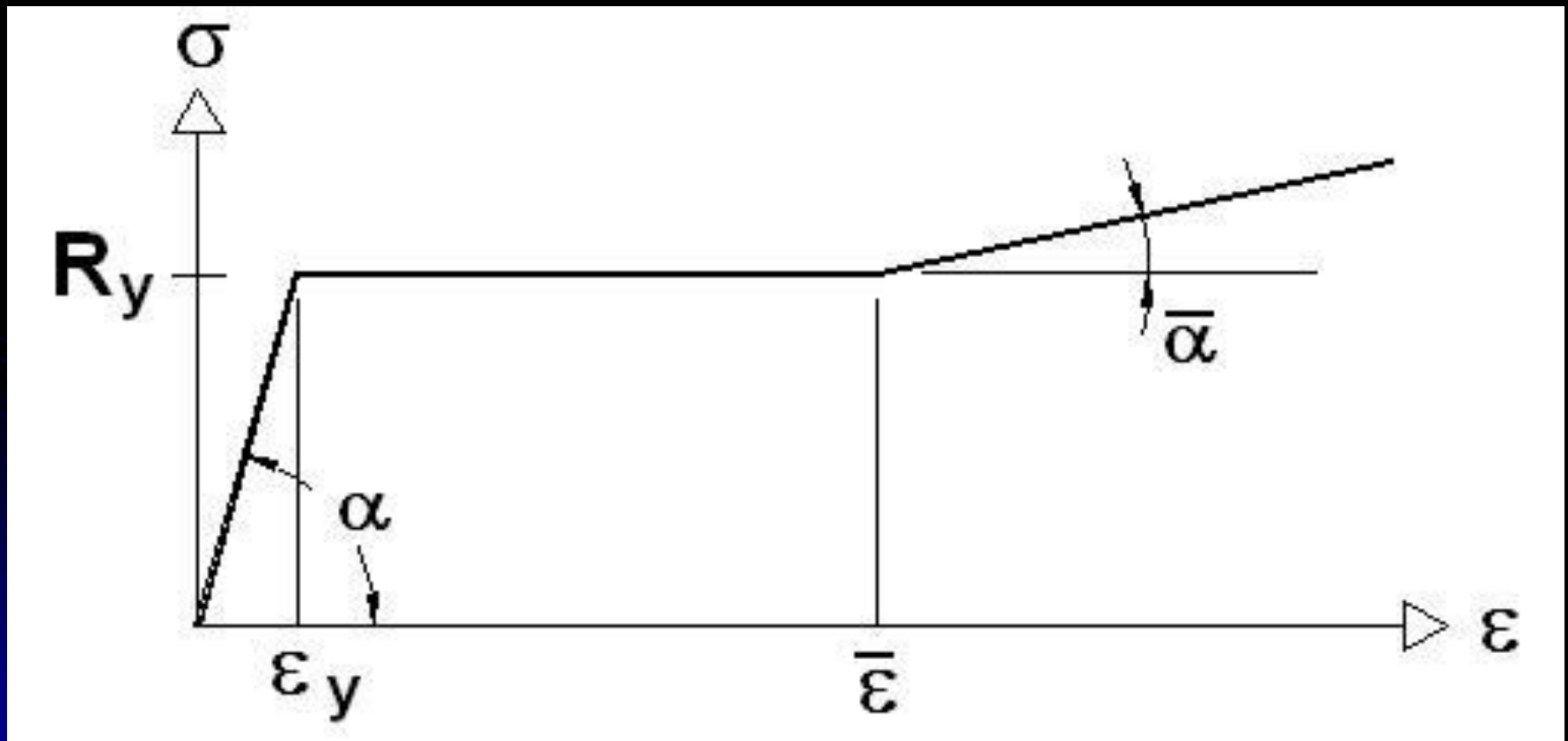


- ❑ a Hooke-törvény felfedezése (1660)
- ❑ mikroszkóp tervezése
- ❑ a Micrographia című könyv kiadása (1665)
- ❑ a sejt fogalmának bevezetése (cellula)
- ❑ jelentős építész (londoni tűzvész)

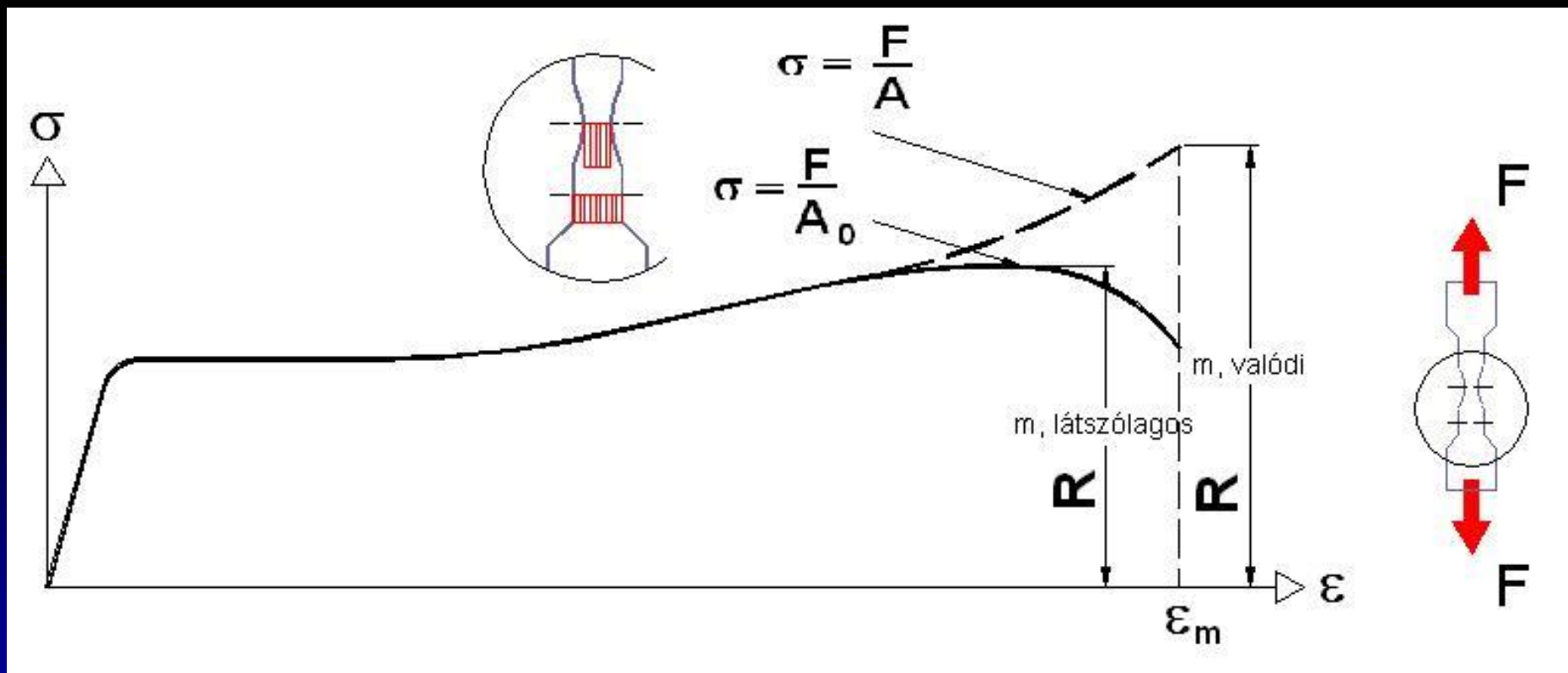
Ideális rugalmas képlékeny anyagmodell



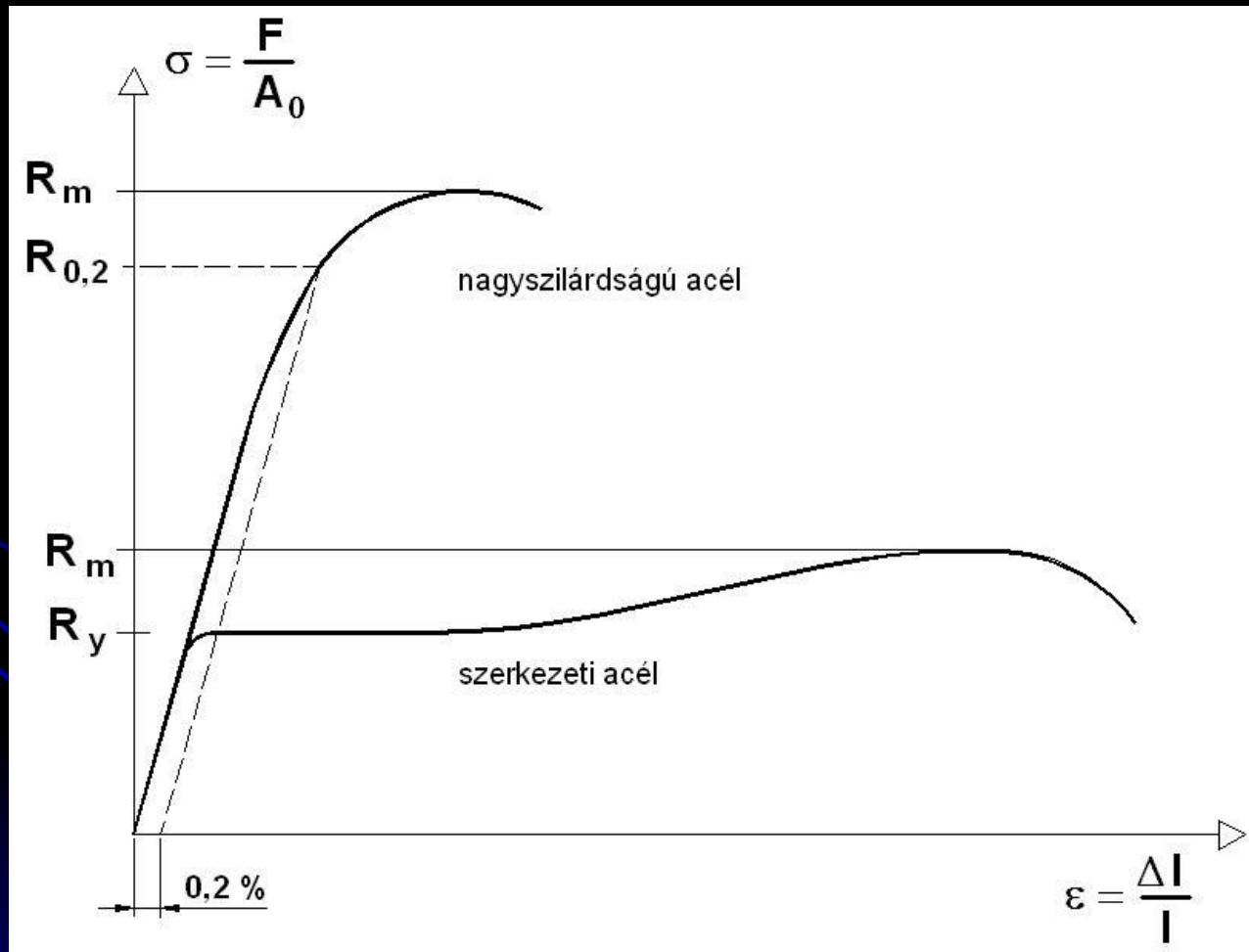
Rugalmas-képlékeny-felkeményedő anyagmodell



Az eredeti és a kontrahált (beszűkülő) km.-re vonatkoztatott eredmények különbsége



Szerkezeti acél és nagyszilárdságú acél σ - ε diagramja



A SZERKEZETEK STATIKAI MODELLJE

❖ SZILÁRDSÁGTANI KÖZELÍTÉSEK

- ❖ az anyag homogén és izotróp

❖ GEOMETRIAI EGYSZERŰSÍTÉSEK

- ❖ a valós térbeli kiterjedés helyett:
 - ❖ vonalas modell (rúdszerkezet)
 - ❖ felületi modell (lemezek, héjak)

