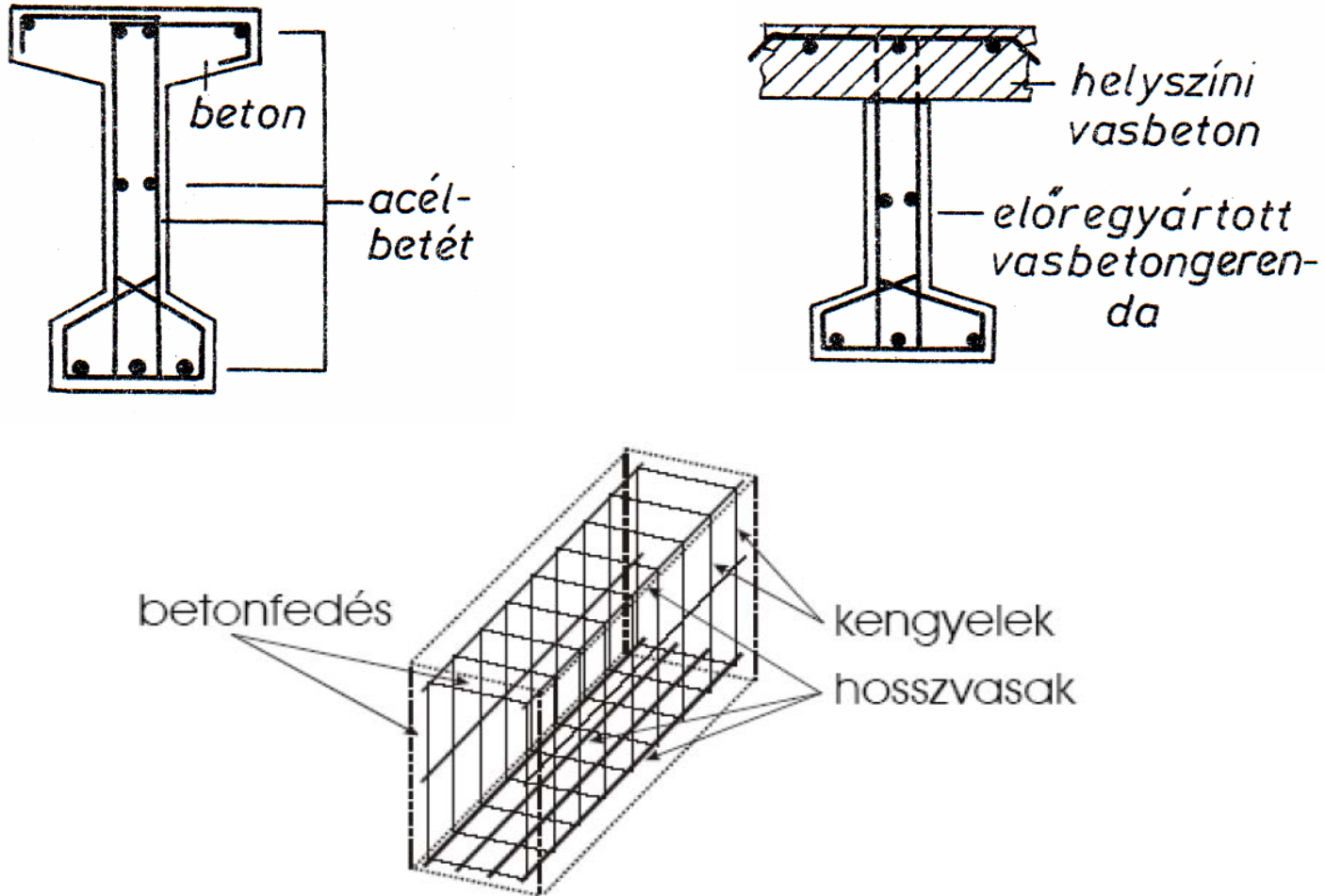


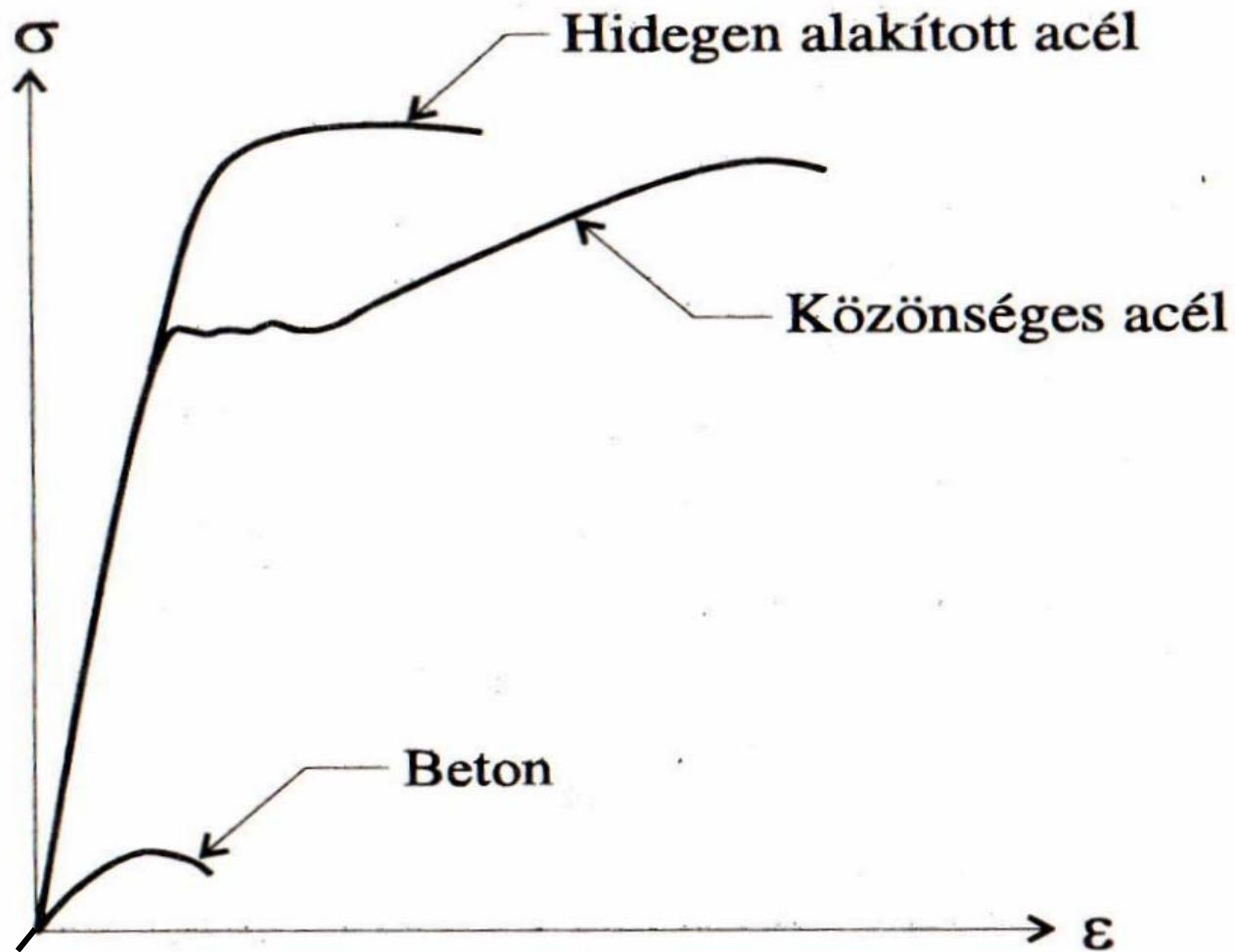
Vasbetonszerkezetek anyagai, viselkedése

2. előadás

A vasbeton szerkezetek - rúd-, felület-, ill. tömbszerű elemekből összetett szerkezetek - a mérnöki létesítmények legnagyobb tömegben felhasznált teherhordó szerkezetei.



Beton és acél „valódi” feszültség-alakváltozás diagrammjai



A betonok legfontosabb anyagjellemzői

Szilárdsági jel	C16/20	C20/25	C30/37	C35/45	C40/50	C45/55	C50/60	C55/67	C60/75	C70/85	C80/95	C90/105
f_{ck} [N/mm ²]	16	20	30	35	40	45	50	55	60	70	80	90
$f_{ck,cube}$ [N/mm ²]	20	25	37	45	50	55	60	67	75	85	95	105
f_{cm} [N/mm ²]	24	28	38	43	48	53	58	63	68	78	88	98
f_{ctm} [N/mm ²]	1,9	2,2	2,9	3,2	3,5	3,8	4,1	4,2	4,4	4,6	4,8	5,0
$f_{ctk,0,05}$ [N/mm ²]	1,3	1,5	2,0	2,2	2,5	2,7	2,9	3,0	3,1	3,2	3,4	3,5
$f_{ctk,0,95}$ [N/mm ²]	2,5	2,9	3,8	4,2	4,6	4,9	5,3	5,5	5,7	6,0	6,3	6,6
E_{cm} (GPa)	29	30	32	34	35	36	37	38	39	41	42	44
ϵ_{cu3} (‰)	3,5							3,1	2,9	2,7	2,6	2,6

Megjegyzés: a szilárdsági jelben lévő első szám a 150 mm átmérőjű és 300 mm magas hengerekre, míg a törtvonal utáni szám a 150 mm élhosszúságú kockákra vonatkozó nyomószilárdság karakterisztikus (5% alulmaradási valószínűséghez tartozó) értékét jelenti [N/mm²]-ben, ahol:

f_{ck} – a 28 napos korban meghatározott nyomószilárdság (5%-os alulmaradási valószínűséghez tartozó) karakterisztikus értéke ϕ 150/300 mm hengeren mérve.

$f_{ck,cube}$ – a 28 napos korban meghatározott nyomószilárdság (5%-os alulmaradási valószínűséghez tartozó) karakterisztikus értéke 150 mm élhosszúságú kockán mérve,

f_{cm} – hengeren mért nyomószilárdság várható értéke 28 napos korban,

f_{ctm} – a húzószilárdság várható értéke 28 napos korban,

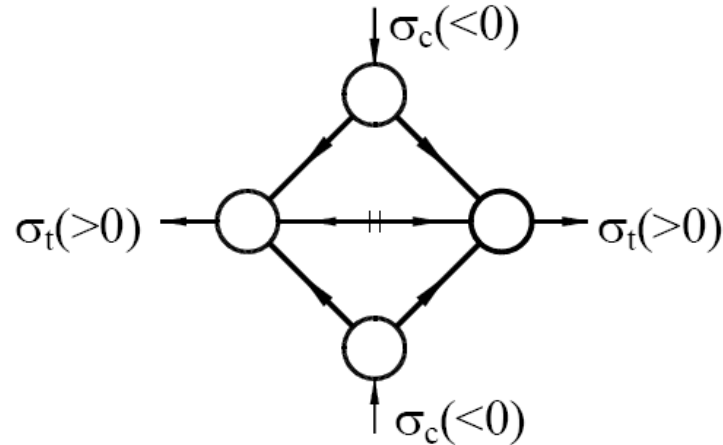
$f_{ctk,0,05}$ – a húzószilárdság 5%-os alulmaradási valószínűséghez tartozó értéke 28 napos korban,

$f_{ctk,0,95}$ – a húzószilárdság 95%-os alulmaradási valószínűséghez tartozó értéke 28 napos korban,

E_{cm} – a beton rugalmassági (a $\sigma_c = 0$ és $\sigma_c = 0,4f_{cm}$ pontokat összekötő húrnak megfelelő) modulusa 28 napos korban (várható érték),

A beton szilárdsági modellje

$-\sigma_c(\varepsilon_c)$



A beton testben a $\sigma_c(<0)$ nyomás hatására - arra merőleges irányban $\sigma_t(>0)$ húzási feszültségek keletkeznek. A beton elem nyomási szilárdságának kimerülés lényegében annak következménye, hogy a beton húzási szilárdsága alacsony. A beton elem nyomási teherbírásának növelése a keresztirányú alakváltozás gátlásának mértékétől függően lehetséges. Ennek legfontosabb eszköze keresztirányú (pl. kengyelezés, abroncsolás) és ezzel együtt hosszirányú acélbetétek beépítése

A beton nyomószilárdsága

P(1) Ez az Eurocode a hengeren mért nyomószilárdság f_{ck} karakterisztikus értékeit alkalmazza, ez az a szilárdsági érték, amelynél kisebbet várhatóan az adott betonra vonatkozóan elvégezhető szilárdságvizsgálatok 5%-a adna.

(3) Az Eurocode méretezési szabályai kizárólag a hengeren mért 28 napos szilárdság f_{ck} karakterisztikus értékén alapulnak; a kockán mért $f_{ck,cube}$ érték csak alternatív lehetőség a megfelelés igazolásához.

A 28 napos nyomási szilárdság várható értéke

$$f_{cm} = f_{ck} + 8,0 \text{ (N/mm}^2\text{)}$$

A 28 naposnál fiatalabb beton nyomási szilárdságának várható értéke

$$f_{ctm} = \beta_{cc}(t) f_{cm}, \text{ ahol } \beta_{cc}(t) = \exp\left\{s \left[1 - \left(\frac{28}{t}\right)^{1/2}\right]\right\}$$

ahol s – cement típusától függő tényező

$s = 0,2$ – ha a cement CEM42,5R; 52,5N és 52,5R;

$s = 0,35$ – ha a cement CEM32,5R, 42,5N

$s = 0,38$ – ha a cement CEM32,5N és 32,5C

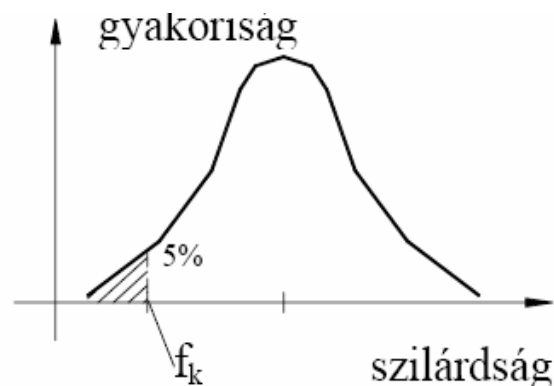
ahol N-normál, R- gyorsan, C –lassan szilárduló cement

A beton nyomási szilárdságának tervezési értéke:

$$f_{cd} = \frac{\alpha_{cc} f_{ck}}{\gamma_c}$$

$\alpha_{cc}=1,0$ általában; $\alpha_{cc}=0,85$ hídszerkezetekhez
- a tartós szilárdság figyelembevételére

$\gamma_c=1,5$ – a beton szilárdság parciális tényezője (bizonyos feltételek teljesülése esetén csökkenthető 1,4 vagy 1,3 értékre)



A beton húzószilárdsága

P(1) A húzószilárdság azt a legnagyobb feszültséget jelenti, amelyet az egytengelyű húzással terhelt beton még felvenni képes.

A húzási szilárdság várható értéke

$$f_{ctm} = 0,3 f_{ck}^{2/3}, \text{ ha } f_{ck} \leq C50/60$$
$$f_{ctm} = 2,12 \ln(1 + f_{cm}/10), \text{ ha } f_{ck} > C50/6$$

A húzási szilárdság 5%-os, illetve 95%-os szilárdsági (f_{ctk}) értékek

$$f_{ct0,05} = 0,7 f_{ctm}; \quad f_{ct0,95} = 1,3 f_{ctm}$$

A beton húzási szilárdságának tervezési értéke:

$$f_{ctd} = f_{ctk} / \gamma_c$$

(3) Ha a húzószilárdságot mint $f_{ct,sp}$ hasító húzószilárdságot, vagy mint $f_{ct,fl}$ hajlító húzószilárdságot mérik, az $f_{ct,ax}$ tengelyirányú húzószilárdság közelítően a következő átszámítási tényezőkkel számítható:

$$f_{ct,ax} = | 0,9 | f_{ct,sp}$$

illetve

$$f_{ct,ax} = | 0,5 | f_{ct,fl}$$

Rugalmassági modulus

(1) A rugalmassági modulus nemcsak a beton szilárdsági osztályától, hanem az alkalmazott adalékanyag tulajdonságaitól is függ.

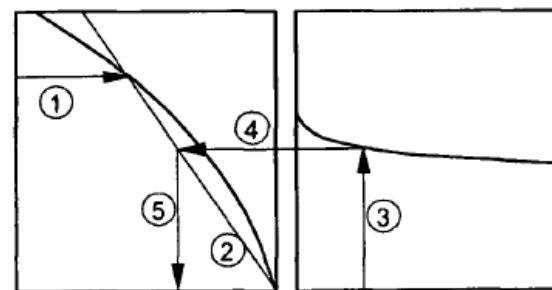
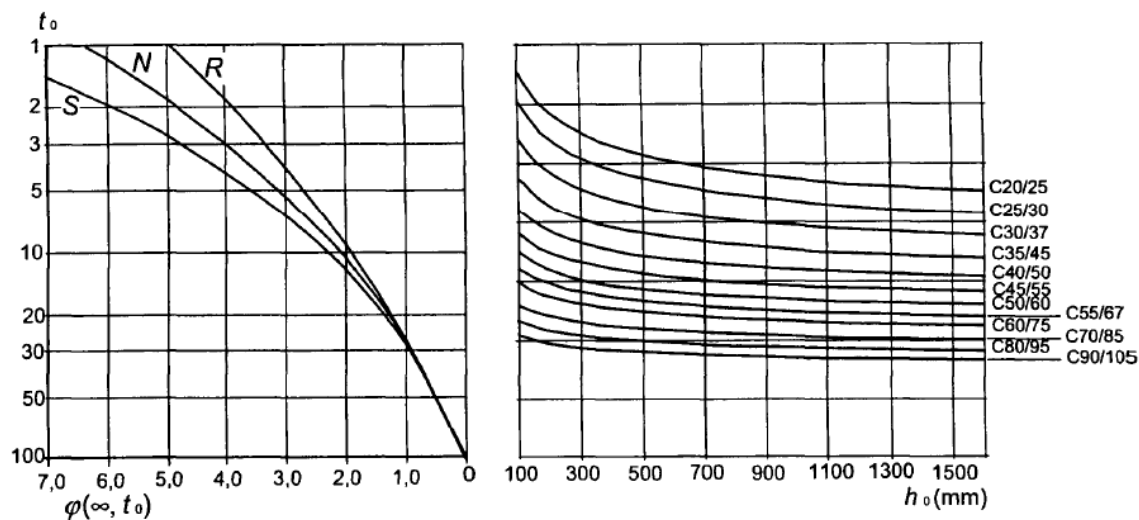
(2) Ha ezek az értékek hiányoznak, illetve ha nem szükséges nagy pontosság, a beton adott szilárdsági osztályához tartozó E_{cm} húrmódulus átlagértéke az alábbi táblázatban található. A táblázat értékei a $\sigma_c = 0$ és a $\sigma_c = 0,4f_{ck}$ értékeket összekötő szelőre vonatkoznak

A beton alakváltozási tényezője közelítő értéke:

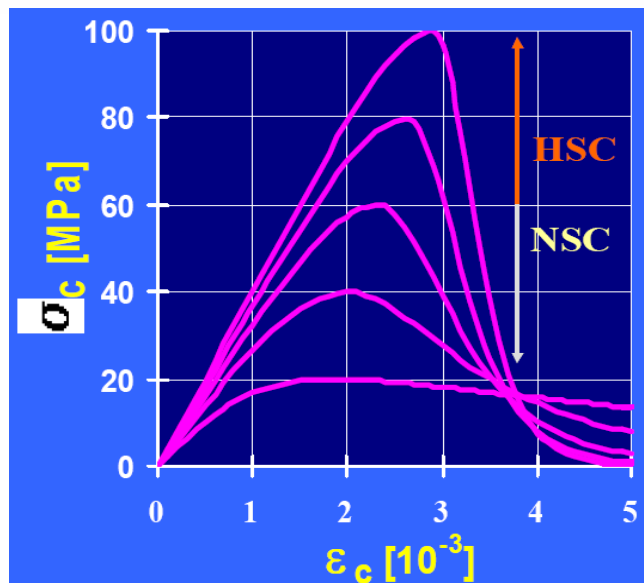
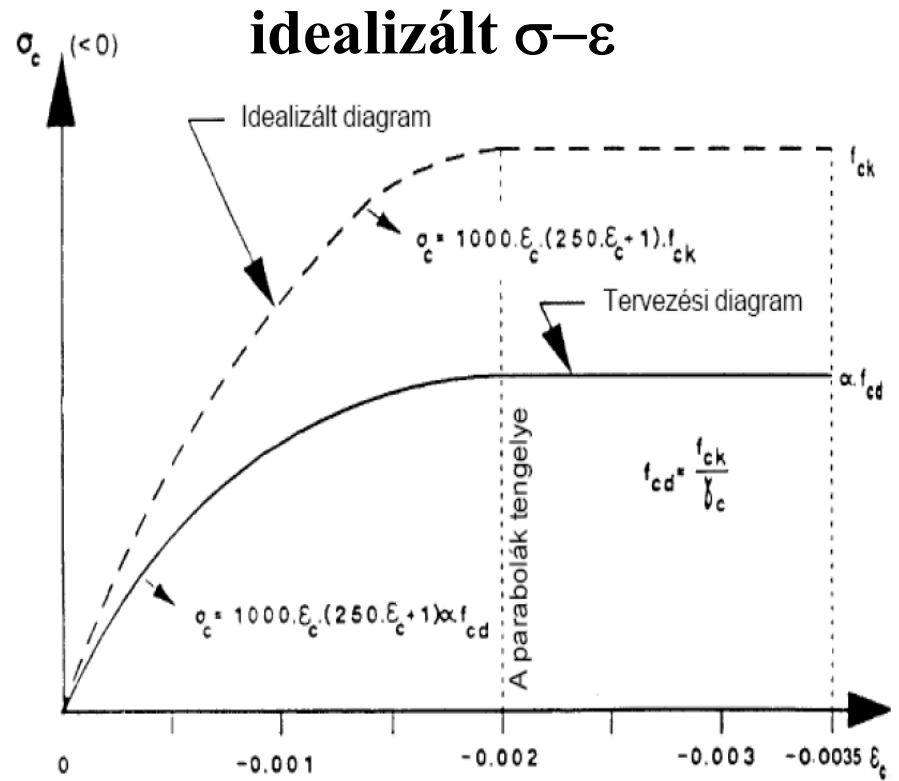
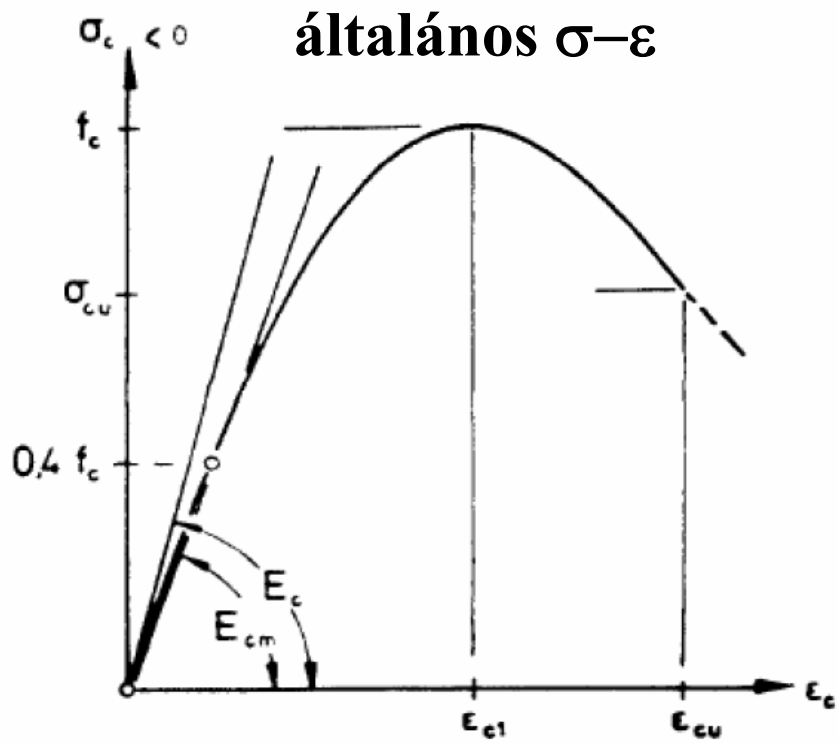
$$E_{c,eff} = \frac{1,05E_{cm}}{1 + \phi(\infty, t_0)}$$

Ahol: $E_{cm} = 9500 (f_{ck} + 8)$ – a rugalmassági tényező várható értéke.

$\phi(\infty, t_0)$ kúszási tényező végértéke.

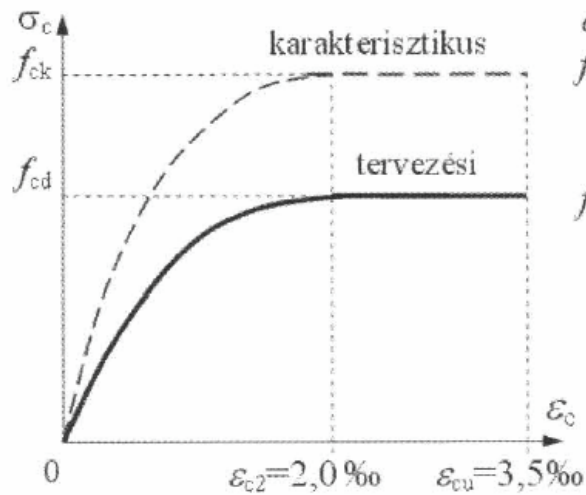


S, N és R jelzések: a cement lassan (S), normálisan (N), és gyorsan kötő (R)



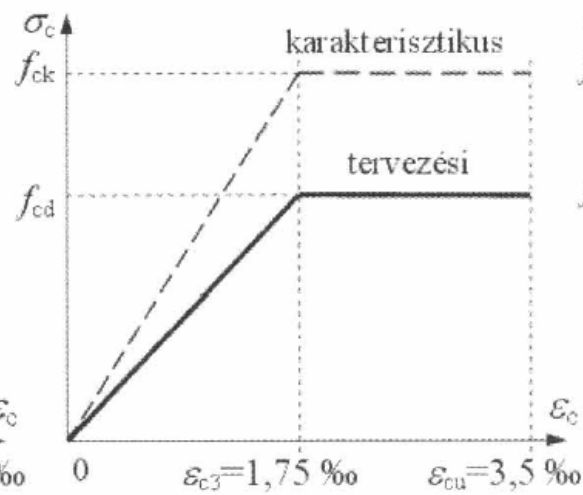
Beton σ - ε
diagrammja

Idealizált feszültség-alakváltozás diagrammok



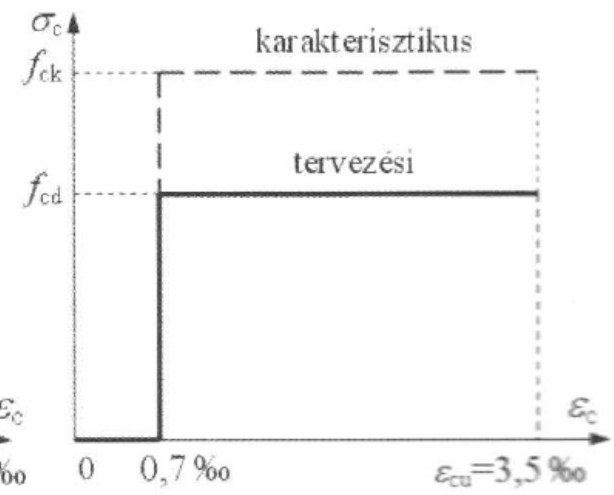
ha $0 \leq \varepsilon_c \leq 2\text{‰}$
 $\sigma_c = f_{cd} [1 - (1 - \varepsilon_c / 0,002)^2]$

a) *Parabola-állandó diagram*



ha $0 \leq \varepsilon_c \leq 1,75\text{‰}$
 $\sigma_c = f_{cd} \cdot \varepsilon_c / 0,00175$

b) *Lineáris-állandó diagram*



ha $0,7\text{‰} \leq \varepsilon_c \leq 3,5\text{‰}$
 $\sigma_c = f_{cd}$

c) *Téglalap alakú diagram*

Betonacélok jellemzői

megnevezés	Szilárdsági jel		
	S240B	S400B	S500B
f_{yk} [N/mm ²]	240	400	500
ϕ [mm]	6-40	8-40	8-28
f_{tk} [N/mm ²]	$\geq 1,1 f_{yk}$		
ϵ_{uk} [%]	2,5		
α - tapadási tényező	1,0	2,0	



csavarbordás
betonacél



nyílborlás
betonacél

Megjegyzés: f_{yk} – folyáshatár; f_{tk} – szakítószilárdság; α - tapadási tényező;
 ϕ - névleges átmérő; ϵ_{uk} - a szakadó nyúlás karakterisztikus értéke.

feszítőelemek szilárdsági jellemzői

Megnevezés	Feszítópázsma			Feszítőhuzal		Feszítőrúd	
	Jel [mm ²]	$f_{p0,1,k}$ [N/mm ²]	Φ_k [mm]	ϕ [mm]	$f_{p0,1,k}$ [N/mm ²]	D [mm]	$f_{p0,1,k}$ [N/mm ²]
A feszítőbetét jele	F _p 100	1500	12,9	4	1520	20	830
	F _p 150		15,7	6		25	
	F _p 139	1580	15,2	5	1435	32	1080
	F _p 150		15,7	6		40	
f_{pk}	$\geq 1,1 f_{p0,1,k}$						
ϵ_{pk} [%]	3,5						
ϵ_{uk} [%]	2,5						

Megjegyzés: Φ_k - külső átmérő,

D - névleges átmérő,

$f_{p0,1,k}$ - a 0,1% maradó nyúláshoz tartozó folyáshatár karakterisztikus értéke,

f_{pk} - szakító szilárdság karakterisztikus értéke,

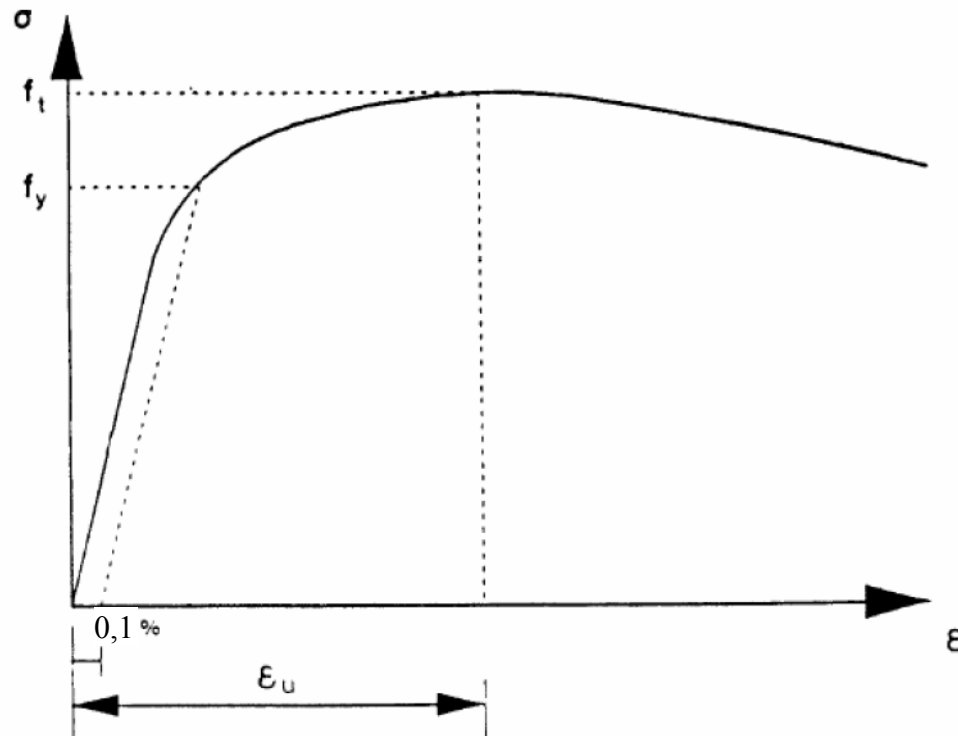
ϵ_{pk} - legnagyobb teher alatti nyúlás karakterisztikus értéke [%],

ϵ_{uk} - a szakadó nyúlás karakterisztikus értéke [%].

Szilárdság

P(1) Az f_{yk} folyáshatár, illetve az f_{tk} húzószilárdság meghatározható, mint a folyást okozó teher karakterisztikus értéke, illetve a közvetlen egytengelyű húzással elért maximális teher karakterisztikus értéke osztva a névleges keresztmetszeti területtel.

(2) A kifejezett folyáshatár nélküli termékek esetén f_{yk} a 0,1 %-os maradó alakváltozáshoz tartozó $f_{0,1k}$ -val helyettesíthető.



Duktilitási jellemzők

P(1) A termékeknek legyen megfelelő nyúlási képessége, azaz duktilitása, ahogy azt a vonatkozó szabványok előírják.

(2) Megfelelőnek tekinthető a nyúlási duktilitás a méretezés szempontjából, ha a termékek megfelelnek a következő duktilitási követelményeknek:

Nagy duktilitás: $\varepsilon_{uk} > | 5 | \%$ és $(f_t/f_y)_k > | 1,08 |$

Normál duktilitás: $\varepsilon_{uk} > | 2,5 | \%$ és $(f_t/f_y)_k > | 1,05 |$

Itt ε_{uk} a legnagyobb teherhez tartozó teljes betonacélnyúlás karakterisztikus értéke.

Rugalmassági modulus

(1) 200 kN/mm² átlagérték tételezhető fel.

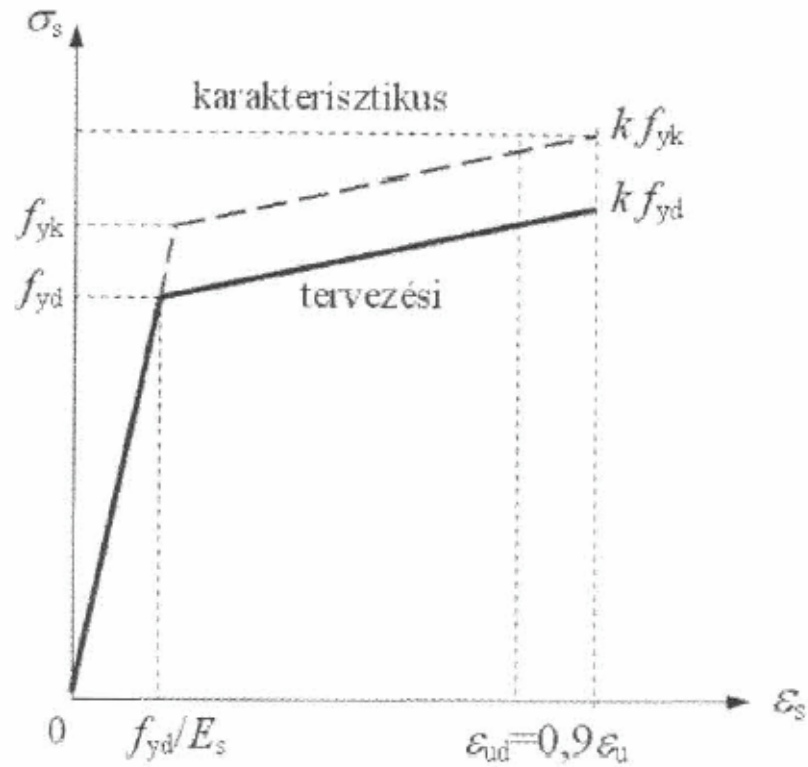
Hegeszthetőség

P(1) A termékek hegeszthetőségi tulajdonságai a várható felhasználási igénynek megfelelőek legyenek.

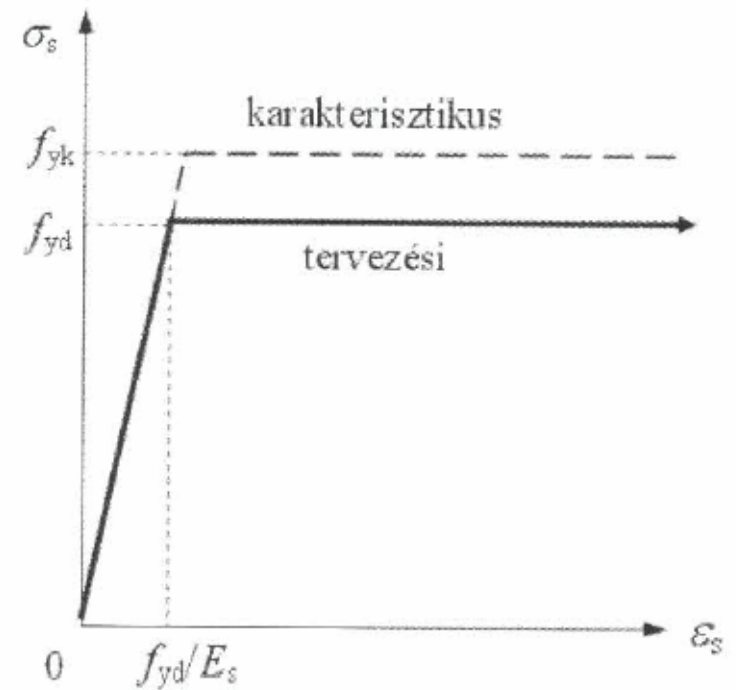
(2) Ahol a hegeszthetőség ismeretlen, de szükség van rá, kísérleteket kell előírni.

(3) Az előírt duktilitási jellemzőket, ahol szükséges, a hegesztési helyek közelében levő kritikus keresztmetszetekben is biztosítani kell.

Idealizált feszültség-alakváltozás diagrammok



a) bilineáris diagram



b) rugalmas-képlékeny diagram

A Vasbeton feszültségi állapotai

Az I. feszültségi állapotot a berepedetlen vasbeton keresztmetszetre értelmezzük, a beton és a betonacél viselkedését rugalmasnak feltételezzük, az I. feszültség állapot határát a beton megrepedése jelenti.

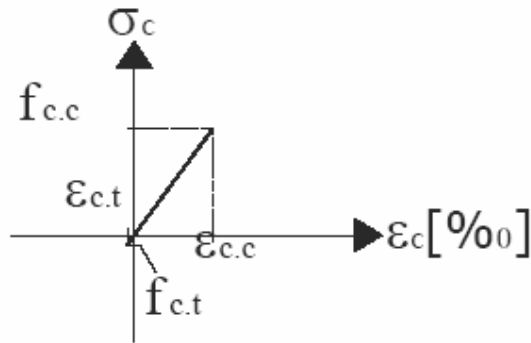
A II. feszültségi állapotot a berepedt vasbeton keresztmetszetre értelmezzük, a beton és a betonacélok viselkedését rugalmasnak feltételezzük, a II. feszültség állapot határát vagy beton képlékeny állapotba kerülése vagy akár csak egy betonacél megfolyása jelenti.

A III. feszültségi állapot szerinti vizsgálat feltevése az, hogy

-vagy a vasbeton keresztmetszet nyomott szélső szálában a legnagyobb keresztmetszeti összenyomódás elérte a beton törési összenyomódásának a határértékét (ϵ_{cu} -t)

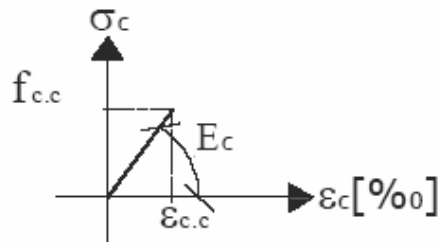
- vagy (akár csak egy) húzott acélbetét nyúlása elérte az acél szakadónyúlásának értékét (ϵ_{su} -t).

- Az I. feszültségi állapotban lévő beton anyagmodellje:



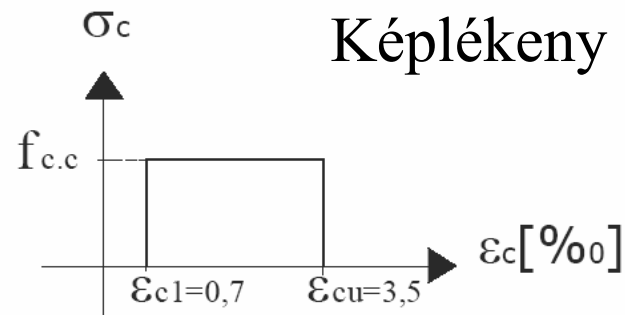
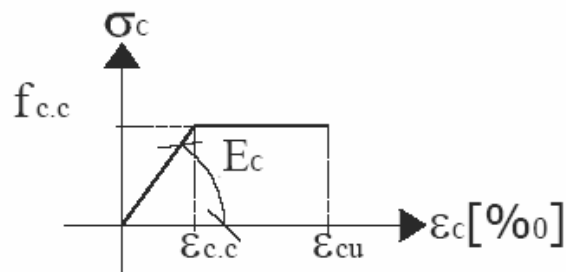
Lineárisan rugalmas

- Az II. feszültségi állapotban lévő beton anyagmodellje:



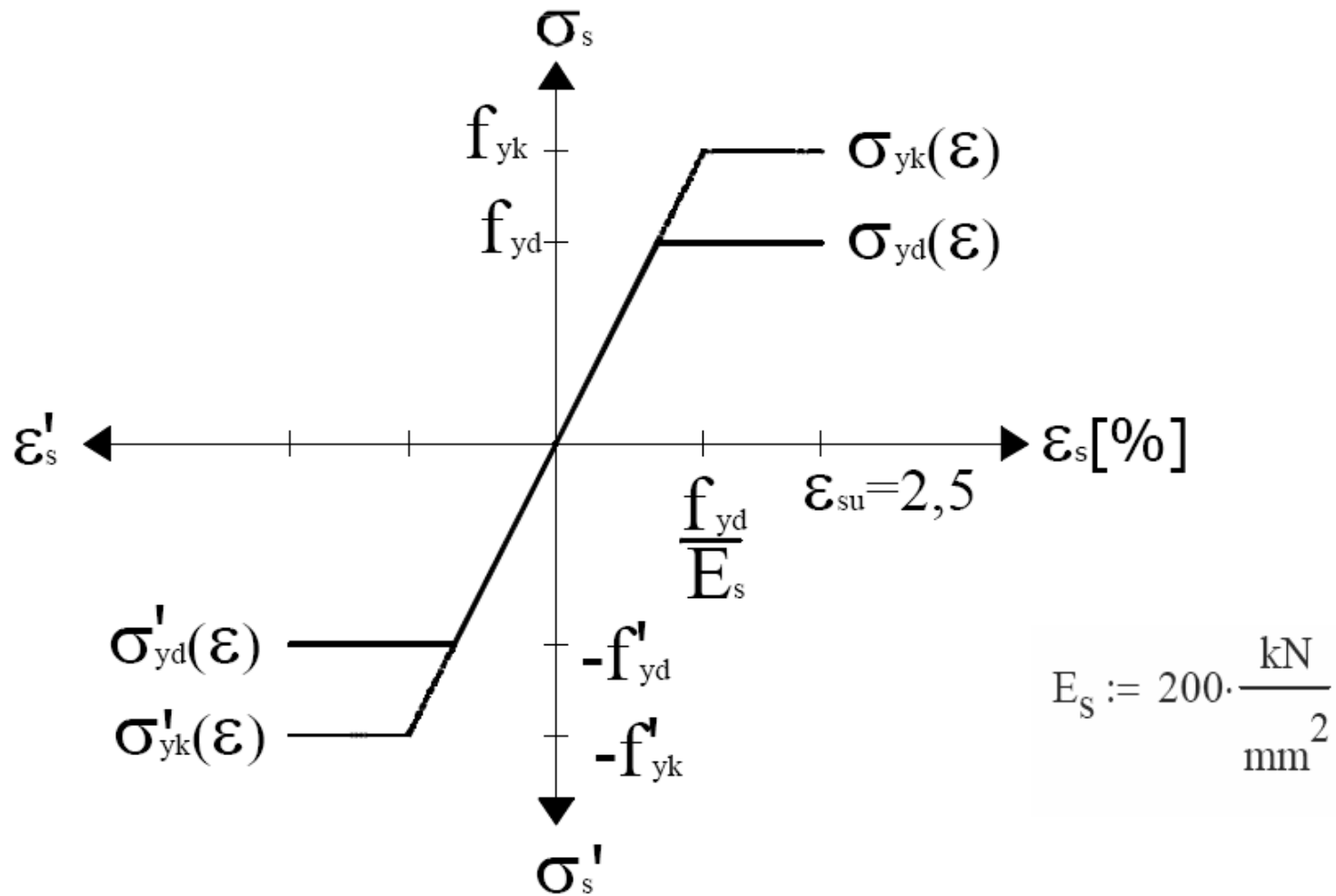
Lineárisan rugalmas

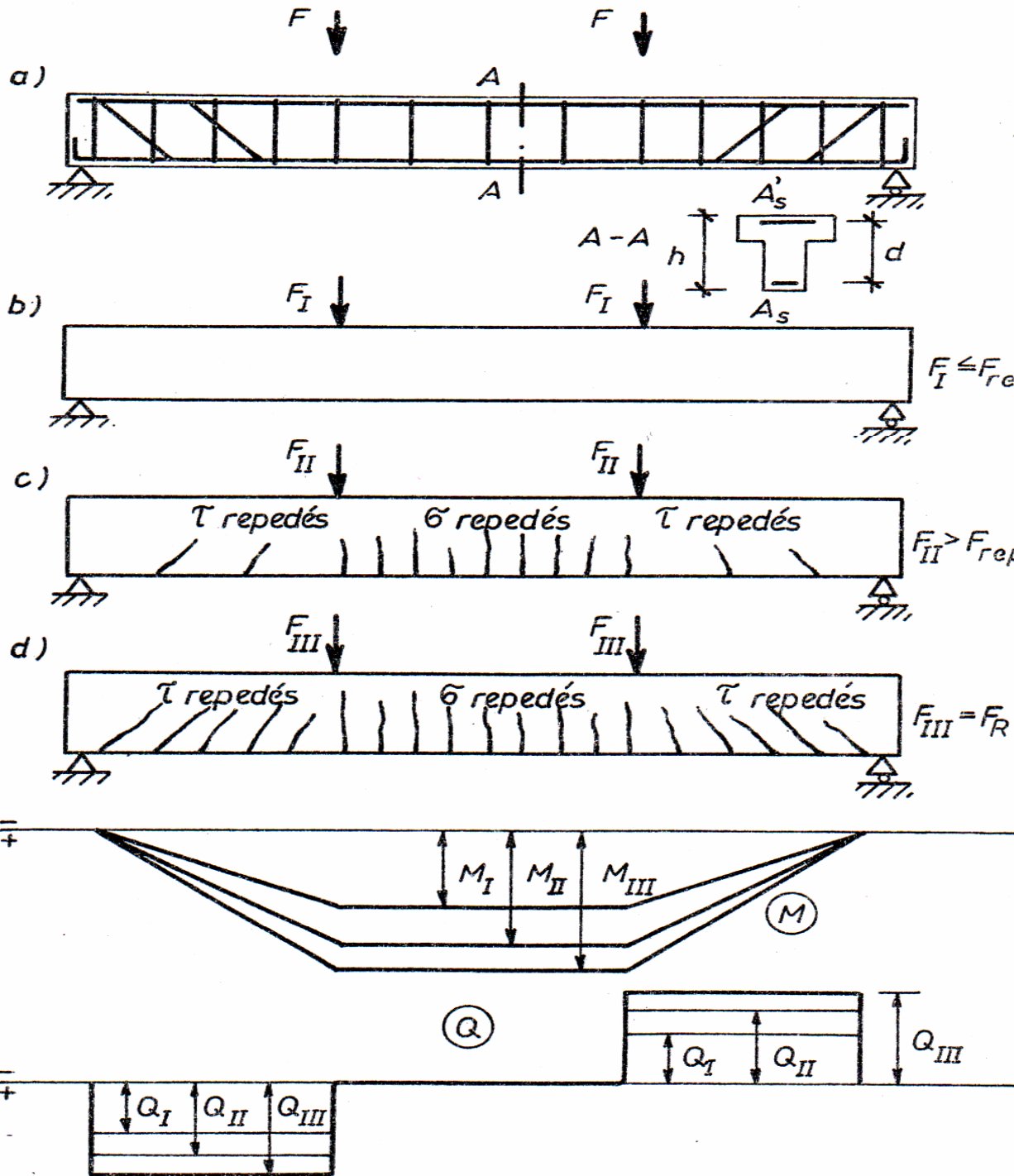
- Az III. feszültségi állapotban lévő beton anyagmodellje:
lineárisan rugalmas, tökéletesen képlékeny anyagmodell:



Képlékeny

Betonacél anyagmodellje





I. fesz. áll

II. fesz. áll

III. fesz. áll