

# XI.

## Reinforced Concrete Structures I.

### Vasbetonszerkezetek I.

- Teherbírási és használhatósági határállapotok -

**Dr. Kovács Imre PhD**  
tanszékvezető  
főiskolai tanár

**E-mail:**

[dr.kovacs.imre@gmail.com](mailto:dr.kovacs.imre@gmail.com)

**Mobil:**

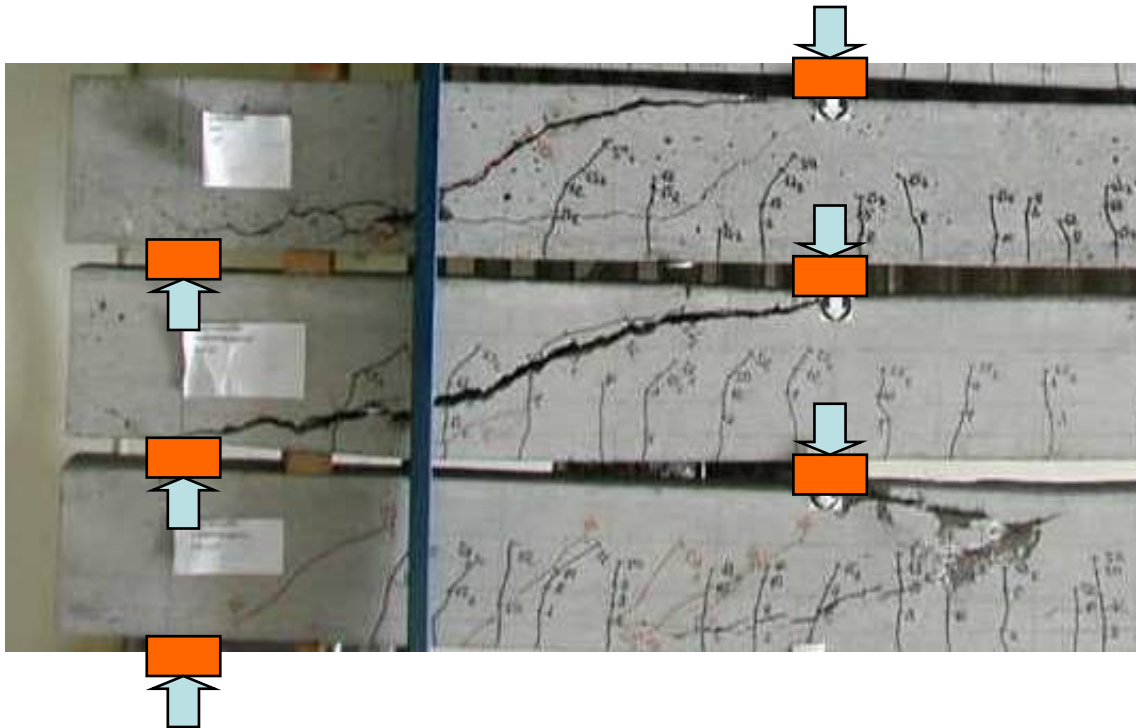
06-30-743-68-65

**Iroda:**

06-52-415-155 / 77764

**WEB:**

[www.epito.eng.unideb.hu](http://www.epito.eng.unideb.hu)



# Limit states

## Határállapotok

**HATÁSOKKAL  
SZEMBENI ELLENÁLLÓ  
KÉPESSÉG**

# Limit states

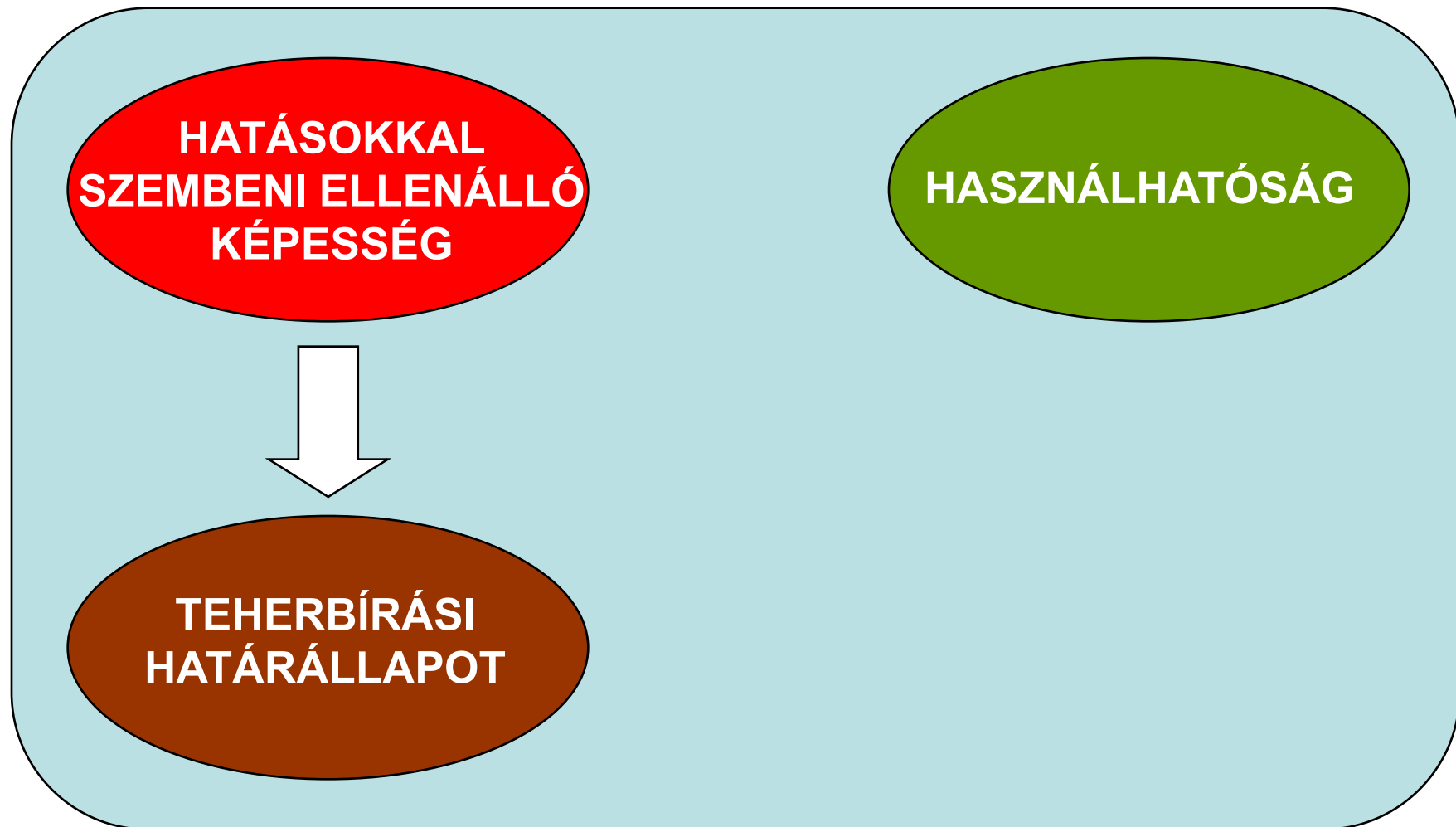
## Határállapotok

**HATÁSOKKAL  
SZEMBENI ELLENÁLLÓ  
KÉPESSÉG**

**HASZNÁLHATÓSÁG**

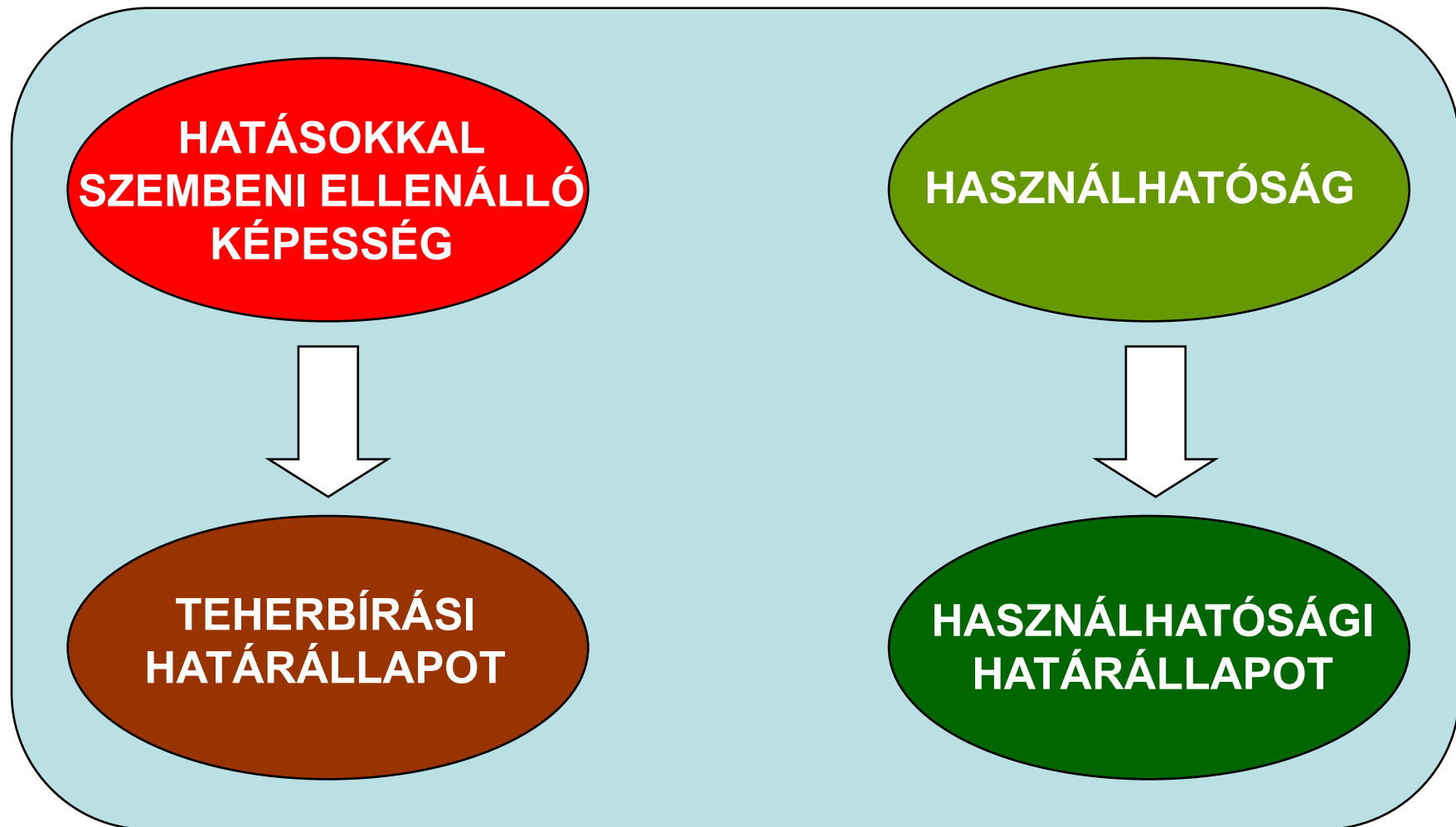
## Limit states

## Határállapotok



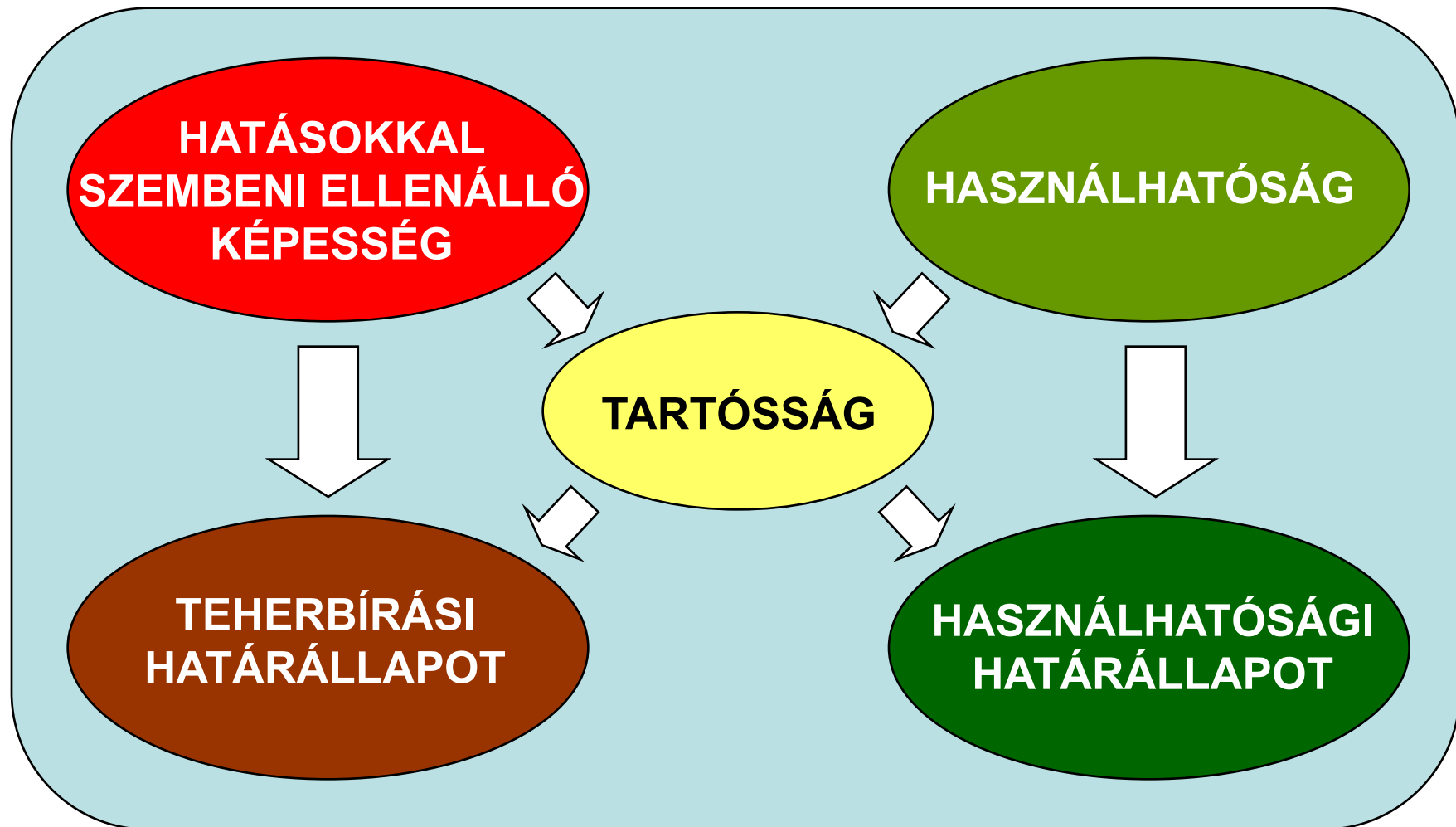
## Limit states

## Határállapotok



## Limit states

## Határállapotok



# Ultimate limit state

## Teherbírési határállapot

Ultimate Limit state  
**Teherbírési határállapot**

# Ultimate limit state

## Teherbírési határállapot

Ultimate Limit state  
**Teherbírési határállapot**

### **Fogalma:**

Az építmények tartószerkezeteinek ill. szerkezeti elemeinek összeomlással, töréssel, túlzott mértékű alakváltozással vagy más hasonló jellegű szerkezeti tönkremenetellel járó állapota.



# Ultimate limit state

## Teherbírési határállapot

### Ultimate Limit state

#### Teherbírési határállapot

#### Fogalma:

Az építmények tartószerkezeteinek ill. szerkezeti elemeinek összeomlással, töréssel, túlzott mértékű alakváltozással vagy más hasonló jellegű szerkezeti tönkremenetellel járó állapota.

#### Célja:

Az építmény tartószerkezeteinek vagy szerkezeti elemeinek tönkremenetellel szembeni védelme, az emberek biztonságának garantálása.

# Ultimate limit state

## Teherbírési határállapot

### Ultimate Limit state

#### Teherbírési határállapot

#### Fogalma:

Az építmények tartószerkezeteinek ill. szerkezeti elemeinek összeomlással, töréssel, túlzott mértékű alakváltozással vagy más hasonló jellegű szerkezeti tönkremenetellel járó állapota.

#### Célja:

Az építmény tartószerkezeteinek vagy szerkezeti elemeinek tönkremenetellel szembeni védelme, az emberek biztonságának garantálása.

**Élet és vagyonbiztonság!!!**

# Ultimate limit state

## Teherbírési határállapot

Ultimate Limit state  
**Teherbírési határállapot**

- **Helyzeti állékonyság elvesztése, EQU**

# Ultimate limit state

## Teherbírási határállapot

Ultimate Limit state  
**Teherbírási határállapot**

- **Helyzeti állékonyság elvesztése, EQU**
- **Szilárdsági és/vagy alaki állékonysági (stabilitási) tönkremenetel, STR**

# Ultimate limit state

## Teherbírási határállapot

Ultimate Limit state  
**Teherbírási határállapot**

- **Helyzeti állékonyság elvesztése, EQU**
- **Szilárdsági és/vagy alaki állékonysági (stabilitási) tönkremenetel, STR**
- **Fáradás vagy más, időben lejátszódó tönkremenetel, FAT**

# Ultimate limit state

## Teherbírási határállapot

Ultimate Limit state  
**Teherbírási határállapot**

- **Helyzeti állékonyság elvesztése, EQU**
- **Szilárdsági és/vagy alaki állékonysági (stabilitási) tönkremenetel, STR**
- **Fáradás vagy más, időben lejátszódó tönkremenetel, FAT**
- **Altalaj törése vagy túlzott mértékű alakváltozása, GEO**

# Ultimate limit state

## Teherbírési határállapot

EQU

### Helyzeti állékonyság

#### Fogalma:

A merev testnek tekintett tartószerkezet vagy szerkezeti elem helyzetének hirtelen, lényeges megváltozása, melynek során a szerkezet és/vagy a hozzá kapcsolódó közeg (pl. talaj) szilárdsági jellemzői nem játszanak jelentős szerepet.

# Ultimate limit state

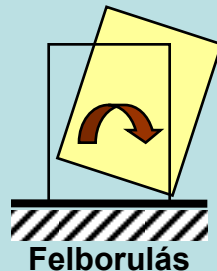
## Teherbírési határállapot

EQU

### Helyzeti állékonyság

#### Fogalma:

A merev testnek tekintett tartószerkezet vagy szerkezeti elem helyzetének hirtelen, lényeges megváltozása, melynek során a szerkezet és/vagy a hozzá kapcsolódó közeg (pl. talaj) szilárdsági jellemzői nem játszanak jelentős szerepet.





# Ultimate limit state

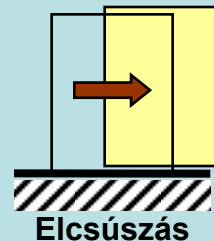
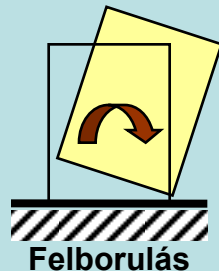
## Teherbírési határállapot

EQU

### Helyzeti állékonyság

#### Fogalma:

A merev testnek tekintett tartószerkezet vagy szerkezeti elem helyzetének hirtelen, lényeges megváltozása, melynek során a szerkezet és/vagy a hozzá kapcsolódó közeg (pl. talaj) szilárdsági jellemzői nem játszanak jelentős szerepet.



# Ultimate limit state

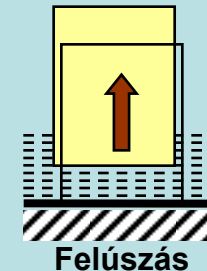
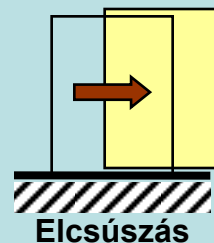
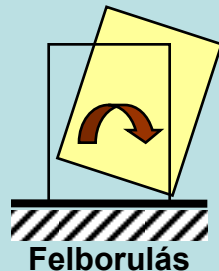
## Teherbírási határállapot

EQU

### Helyzeti állékonyság

#### Fogalma:

A merev testnek tekintett tartószerkezet vagy szerkezeti elem helyzetének hirtelen, lényeges megváltozása, melynek során a szerkezet és/vagy a hozzá kapcsolódó közeg (pl. talaj) szilárdsági jellemzői nem játszanak jelentős szerepet.



# Ultimate limit state

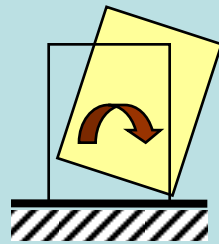
## Teherbírési határállapot

EQU

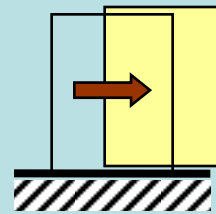
### Helyzeti állékonyság

#### Fogalma:

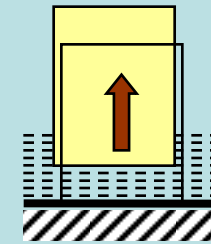
A merev testnek tekintett tartószerkezet vagy szerkezeti elem helyzetének hirtelen, lényeges megváltozása, melynek során a szerkezet és/vagy a hozzá kapcsolódó közeg (pl. talaj) szilárdsági jellemzői nem játszanak jelentős szerepet.



Felborulás



Elcsúszás



Felúszás

Destabilizáló hatások

Stabilizáló hatások

# Ultimate limit state

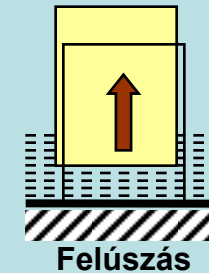
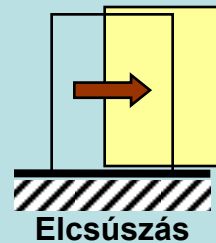
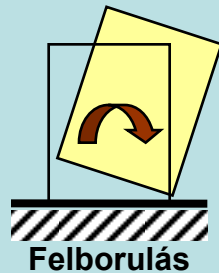
## Teherbírási határállapot

EQU

**Helyzeti állékonyság**

**Fogalma:**

A merev testnek tekintett tartószerkezet vagy szerkezeti elem helyzetének hirtelen, lényeges megváltozása, melynek során a szerkezet és/vagy a hozzá kapcsolódó közeg (pl. talaj) szilárdsági jellemzői nem játszanak jelentős szerepet.



**Destabilizáló hatások**

$$E_{d,dst} \leq E_{d,stab}$$

**Stabilizáló hatások**

# Ultimate limit state

## Teherbírási határállapot

EQU

**Szilárdság és/vagy alaki állékonyság**

**Fogalma:**

Egy keresztmetszet, egy tartószerkezeti elem, egy kapcsolat töréséhez, ill. túlzott alakváltozásához tartozó állapot.

# Ultimate limit state

## Teherbírási határállapot

**EQU**

**Szilárdság és/vagy alaki állékonyság**

**Fogalma:**

Egy keresztmetszet, egy tartószerkezeti elem, egy kapcsolat töréséhez, ill. túlzott alakváltozásához tartozó állapot.

**Az igénybevételek tervezési értéke, belső erő, nyomaték, vagy a belső erőket nyomatékokat tartalmazó vektormennyiség**

**Az ellenállás tervezési értéke az anyagjellemzők (X) és a geometriai méretek (a) tervezési értékeiből meghatározva**

# Ultimate limit state

## Teherbírási határállapot

EQU

**Szilárdság és/vagy alaki állékonyság**

**Fogalma:**

Egy keresztmetszet, egy tartószerkezeti elem, egy kapcsolat töréséhez, ill. túlzott alakváltozásához tartozó állapot.

**Az igénybevételek tervezési értéke, belső erő, nyomaték, vagy a belső erőket nyomatékokat tartalmazó vektormennyiség**

$$E_d \leq R_d$$

**Az ellenállás tervezési értéke az anyagjellemzők (X) és a geometriai méretek (a) tervezési értékeiből meghatározva**

# Design value of actions in ultimate limit state

## Hatások tervezési értékei teherbírási határállapotban

Tervezési helyzet design situation	Állandó hatások permanent action		Független esetleges hatások single variable action		Rendkívüli vagy szeizmikus hatások accidental or seismic
	$G_d$	$G_d$	$Q_d$	$Q_d$	
	Kedvezőtlen unfavorable	Kedvező favorable	Domináns accompanying	Többi accompanying	$A_d$
Tartós és ideiglenes persistent and transient	$\gamma_{G,sup} \cdot G_k$	$\gamma_{G,inf} \cdot G_k$	$\gamma_{Q1} \cdot Q_{k1}$	$\gamma_{Qi} \cdot \psi_{0i} \cdot Q_{ki}$	-
Rendkívüli accidental	$G_k$		$\psi_{11} \cdot Q_{k1}$	$\psi_{2i} \cdot Q_{ki}$	$A_d$
Szeizmikus seismic	$G_k$		-	$\psi_{2i} \cdot Q_{ki}$	$A_{Ed}$



# Design value of actions in ultimate limit state

## Hatások tervezési értékei teherbírási határállapotban

Tervezési helyzet design situation	Állandó hatások permanent action $G_d$		Független esetleges hatások single variable action $Q_d$		Rendkívüli vagy szeizmikus hatások accidental or seismic $A_d$
	Kedvezőtlen unfavorable	Kedvező favorable	Domináns accompanying	Többi accompanying	
Tartós és ideiglenes persistent and transient	$\gamma_{G,sup} \cdot G_k$	$\gamma_{G,inf} \cdot G_k$	$\gamma_{Q1} \cdot Q_{k1}$	$\gamma_{Qi} \cdot \psi_{0i} \cdot Q_{ki}$	-
Rendkívüli accidental	$G_k$		$\psi_{11} \cdot Q_{k1}$	$\psi_{2i} \cdot Q_{ki}$	$A_d$
Szeizmikus seismic	$G_k$		-	$\psi_{2i} \cdot Q_{ki}$	$A_{Ed}$

# Combination of actions in transient and persistent design situation

## Tartós és ideiglenes tervezési helyzethez tartozó kombináció

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

$\gamma_{Gj}$	$STR$	$EQU$	
$\gamma_{Gj, sup}$	1,35	1,10	a j-edik állandó teher parciális biztonsági tényezője
$\gamma_{Gj, inf}$	1,00	0,90	

$\gamma_{Q1} = \gamma_{Qi} = 1,50$  az esetleges teher parciális biztonsági tényezője kedvezőtlen esetben  
 $\gamma_Q = 1,00$  az esetleges teher parciális biztonsági tényezője kedvező esetben

$\psi_{0i}$  az egyes esetleges teher kombinációs (egyidejűségi) tényezője

$G_{kj}$  a j-edik állandó hatás karakterisztikus értéke  
 $Q_{k1}$  a domináns (kiemelt) esetleges teher karakterisztikus értéke  
 $Q_{ki}$  a nem domináns (többi) esetleges teher karakterisztikus értéke

# Combination of actions in accidental and seismic design situation

## Rendkívüli és szeizmikus tervezési helyzethez tartozó kombináció

### Rendkívüli tervezési helyzet

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

 $A_d$ 

a domináns rendkívüli teher tervezési értéke

 $\psi_{11}$ 

a domináns hasznos teher gyakori teherszint tényezője

 $\psi_{2i}$ 

a nem domináns hasznos teher kvázi-állandó teherszint tényezője

### Szeizmikus tervezési helyzet

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

 $A_{Ed}$ 

a domináns szeizmikus teher tervezési értéke

# Serviceability limit state

## Használhatósági határállapot

Serviceability limit state  
**Használhatósági határállapot**

# Serviceability limit state

## Használhatósági határállapot

Serviceability limit state  
**Használhatósági határállapot**

### **Fogalma:**

Az építmények tartószerkezeteinek ill. szerkezeti elemeinek olyan állapotai, melyeken túl a használattal kapcsolatos előírt követelmények (pl. tartósság, lehajlás, repedéstágasság) már nem teljesülnek.

# Serviceability limit state

## Használhatósági határállapot

### Serviceability limit state

#### Használhatósági határállapot

#### Fogalma:

Az építmények tartószerkezeteinek ill. szerkezeti elemeinek olyan állapotai, melyeken túl a használattal kapcsolatos előírt követelmények (pl. tartósság, lehajlás, repedéstágasság) már nem teljesülnek.

#### Célja:

Csatlakozó szerkezetek épségének, az ember komfortérzetének, a technológiai használhatóságnak, működőképességnek, külső megjelenésnek, megfelelő tartósságnak a biztosítása.

# Serviceability limit state

## Használhatósági határállapot

Serviceability limit state  
**Használhatósági határállapot**

### Fogalma:

Az építmények tartószerkezeteinek ill. szerkezeti elemeinek olyan állapotai, melyeken túl a használattal kapcsolatos előírt követelmények (pl. tartósság, lehajlás, repedéstágasság) már nem teljesülnek.

### Célja:

Csatlakozó szerkezetek épségének, az ember komfortérzetének, a technológiai használhatóságnak, működőképességnek, külső megjelenésnek, megfelelő tartósságnak a biztosítása.

**Kényelem, használhatóság, megbízhatóság!!!**

# Serviceability limit state

## Használhatósági határállapot

Serviceability limit state  
**Használhatósági határállapot**

•**Alakváltozások, elmozdulások**



# Serviceability limit state

## Használhatósági határállapot

Serviceability limit state  
**Használhatósági határállapot**

- **Alakváltozások, elmozdulások**
- **Rezgések, lengések**

# Serviceability limit state

## Használhatósági határállapot

Serviceability limit state  
**Használhatósági határállapot**

- **Alakváltozások, elmozdulások**
- **Rezgések, lengések**
- **Repedések**

# Serviceability limit state

## Használhatósági határállapot

Serviceability limit state  
Használhatósági határállapot

- **Alakváltozások, elmozdulások**
- **Rezgések, lengések**
- **Repedések**
- **A külső megjelenést befolyásoló egyéb károsodások**

# Serviceability limit state

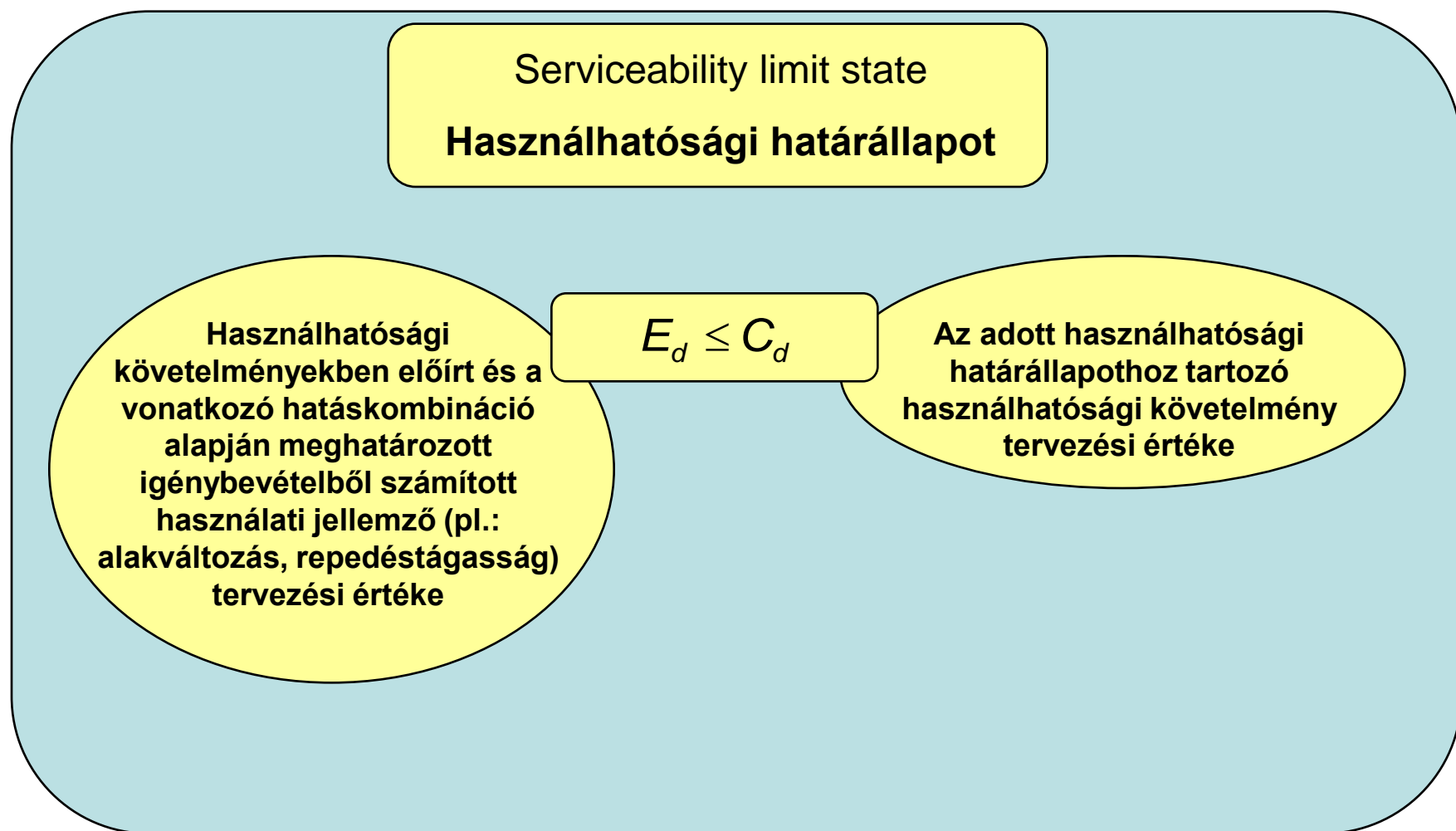
## Használhatósági határállapot

Serviceability limit state  
Használhatósági határállapot

- **Alakváltozások, elmozdulások**
- **Rezgések, lengések**
- **Repedések**
- **A külső megjelenést befolyásoló egyéb károsodások**
- **Feszültségek**

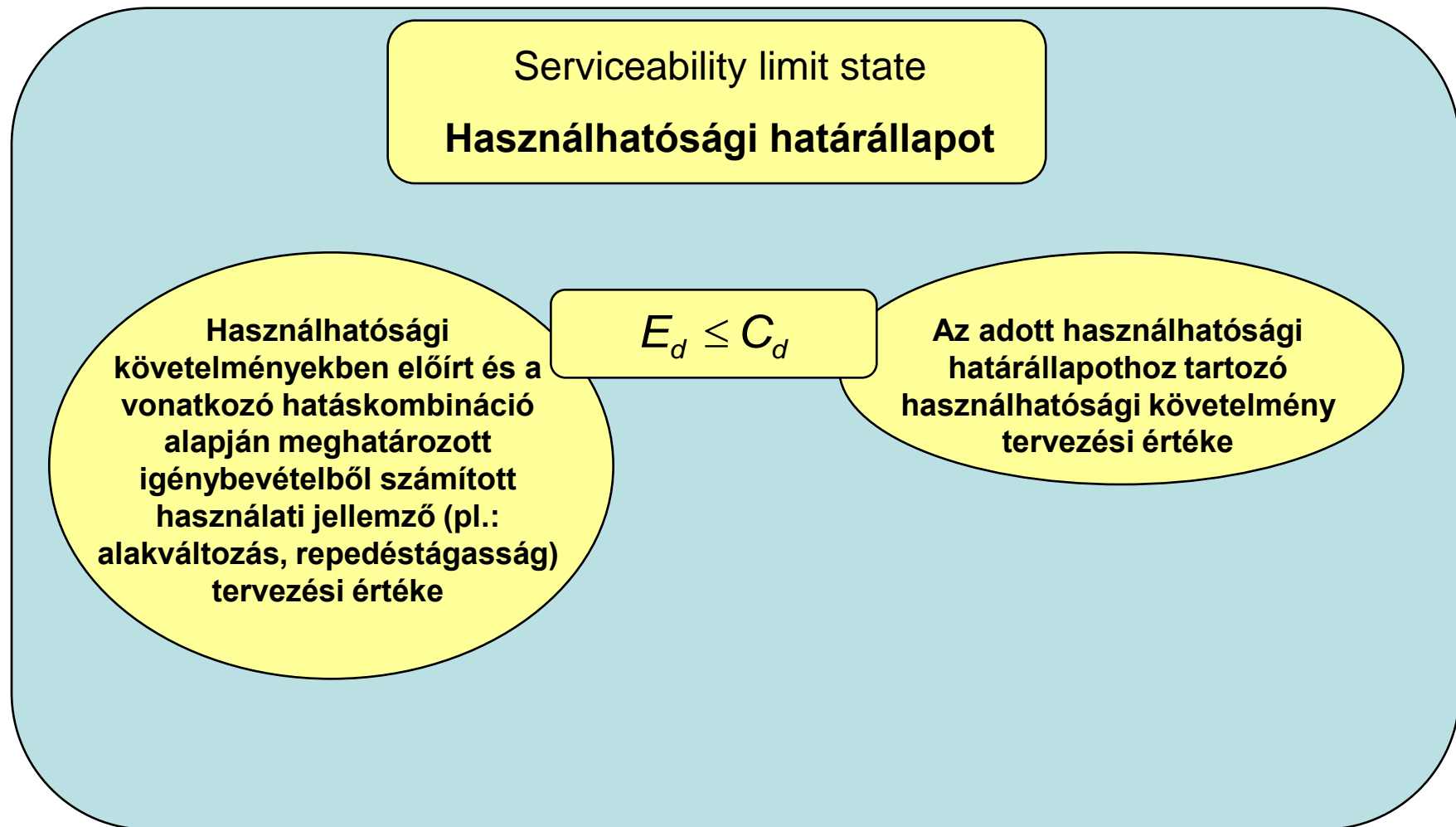
# Serviceability limit state

## Használhatósági határállapot



# Serviceability limit state

## Használhatósági határállapotban vizsgált



# Combination of actions in serviceability limit state

## Hatáskombinációk használhatósági határállapotban

Hatáskombináció combination of action	Állandó hatások permanent action $G_d$	Független esetleges hatások single variable action $Q_d$	
		Domináns accompanying	Többi accompanying
Kvázi-állandó quasi-permanent	$G_{kj}$	$\psi_{2i} \cdot Q_{ki}$	
Gyakori frequentl		$\psi_{11} \cdot Q_{k1}$	$\psi_{2i} \cdot Q_{ki}$
Karakterisztikus characteristic		$Q_{k1}$	$\psi_{0i} \cdot Q_{ki}$

# Combination of actions in serviceability limit state

## Hatáskombinációk használhatósági határállapotban

Hatáskombináció combination of action	Állandó hatások permanent action $G_d$	Független esetleges hatások single variable action $Q_d$	
		Domináns accompanying	Többi accompanying
Kvázi-állandó quasi-permanent	$G_{kj}$	$\psi_{2i} \cdot Q_{ki}$	
Gyakori frequent		$\psi_{11} \cdot Q_{k1}$	$\psi_{2i} \cdot Q_{ki}$
Karakterisztikus characteristic		$Q_{k1}$	$\psi_{0i} \cdot Q_{ki}$



## Quasi-permanent combination of actions in serviceability limit state

**Kvázi-állandó hatáskombináció használhatósági határállapotban**

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

 $\psi_{2i}$ 

az egyes esetleges teher kvázi-állandó teherszint tényezője

 $G_{kj}$ 

a j-edik állandó hatás karakterisztikus értéke

 $Q_{ki}$ 

az i-edik esetleges hatás karakterisztikus értéke

## Frequent and characteristic combination of actions in serviceability limit state

## Gyakori és karakterisztikus hatáskombináció használhatósági határállapotban

## Gyakori hatáskombináció

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

 $\psi_{11}$ 

a domináns hasznos teher gyakori teherszint tényezője

 $\psi_{2i}$ 

a nem domináns hasznos teher kvázi-állandó teherszint tényezője

## Karakterisztikus hatáskombináció

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

 $\psi_{0i}$ 

az egyes esetleges teher kombinációs (egyidejűségi) tényezője

# Serviceability limit states according to MSZ EN 1992-1-1:2005

## Használhatósági határállapotok MSZ EN 1992-1-1:2005 szerint

Stress limitation

**Feszültségek korlátozása**

# Serviceability limit states according to MSZ EN 1992-1-1:2005

## Használhatósági határállapotok MSZ EN 1992-1-1:2005 szerint

Stress limitation

**Feszültségek korlátozása**

Deflection control

**Lehajlások korlátozása**

# Serviceability limit states according to MSZ EN 1992-1-1:2005

## Használhatósági határállapotok MSZ EN 1992-1-1:2005 szerint

Stress limitation

**Feszültségek korlátozása**

Deflection control

**Lehajlások korlátozása**

Crack control

**Repedéstágasság korlátozása**

# Stress limitation - characteristic combination of actions

## Feszültségek korlátozása – karakterisztikus hatáskombináció

### Feszültségek korlátozása a húzott acélbetétben

A beton nyomófeszültségeinek korlátozása

- A) az acélbetétekkel párhuzamos hosszirányú repedések elkerülése,**
- B) a nyomott beton öv micro repedéseinek megelőzése,**
- C) a szerkezet élettartama alatt kialakuló kúszás csökkentése miatt indokolt.**

***XD***, ***XF*** és ***XS*** kitéti osztályok esetén:

$$\sigma_c \leq k_1 \cdot f_{ck} = 0,60 \cdot f_{ck}$$

Ha a beton nyomott övében kvázi-statikuss hatás figyelembe vételével számított feszültség:

$$\sigma_c \leq k_2 \cdot f_{ck} = 0,45 \cdot f_{ck} \Rightarrow \text{lineáris kúszás}$$

$$\sigma_c \geq k_2 \cdot f_{ck} = 0,45 \cdot f_{ck} \Rightarrow \text{nemlineáris kúszás}$$

# Stress limitation - characteristic combination of actions

## Feszültségek korlátozása – karakterisztikus hatáskombináció

### Feszültségek korlátozása a húzott acélbetétben

A húzott acélbetétek feszültségének korlátozása

- A) a nem rugalmas (irreverzibilis, képlékeny) nyúlások elkerülése,**
- B) a már nem megengedhető mértékű repedéstágasságok elkerülése,**
- C) a szerkezet nagy deformációinak (lehajlás, elfordulás) elkerülése**  
miatt indokolt.

A már nem elfogadható mértékű repedezettségi állapot ill. deformációk elkerülhetők, ha a húzott acélbetétekben kialakuló feszültség:

$$\sigma_s \leq k_3 \cdot f_{yk} = 0,80 \cdot f_{yk} \quad (\text{B500: } 400 \text{ N/mm}^2)$$

# Deflection control

## Lehajlások korlátozása

A szerkezet vagy annak egyes elemeinek lehajlásai nem lehetnek olyan mértékűek, hogy azok veszélyeztessék az építmény funkcionális működését ill. károsan befolyásolják annak megjelenését.

A szerkezeti elemek lehajlás-vizsgálata során ki kell mutatni (jellemzően kvázi-állandó hatáskombináció alapján), hogy a lehajlás számítható értéke nem haladja meg a tervezés során megállapított megengedett lehajlás értéket:

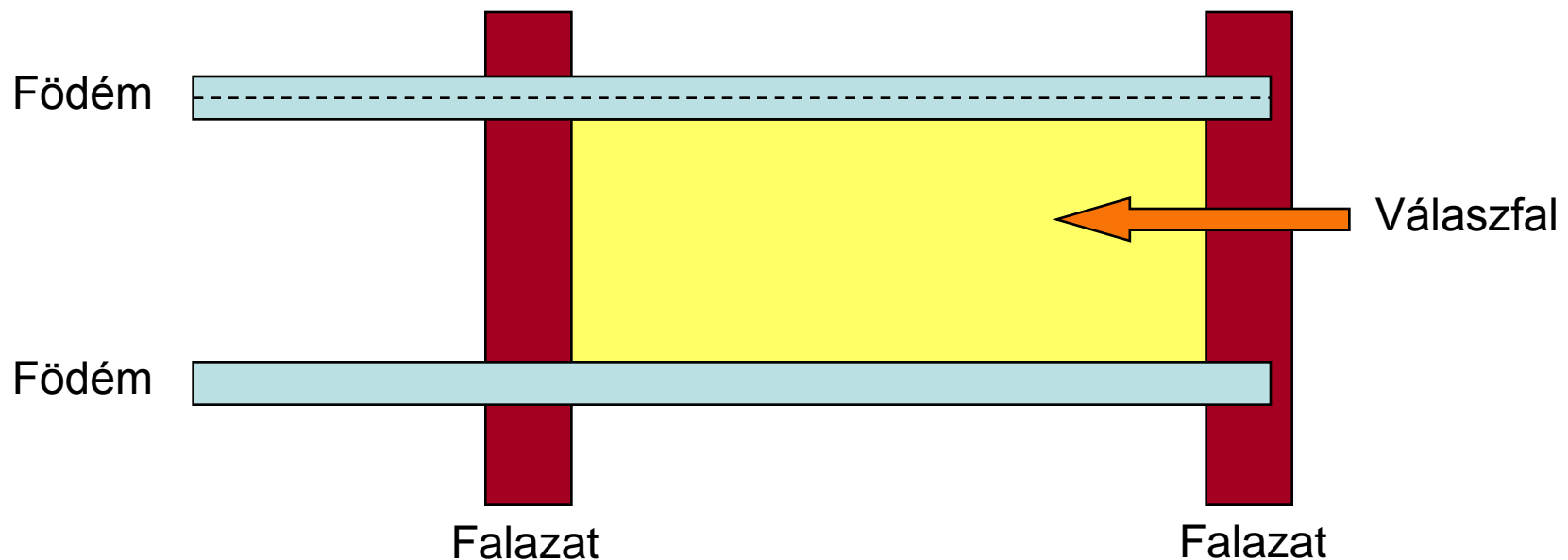
$$W \leq W_{eng}$$



# Deflection control

## Lehajlások korlátozása

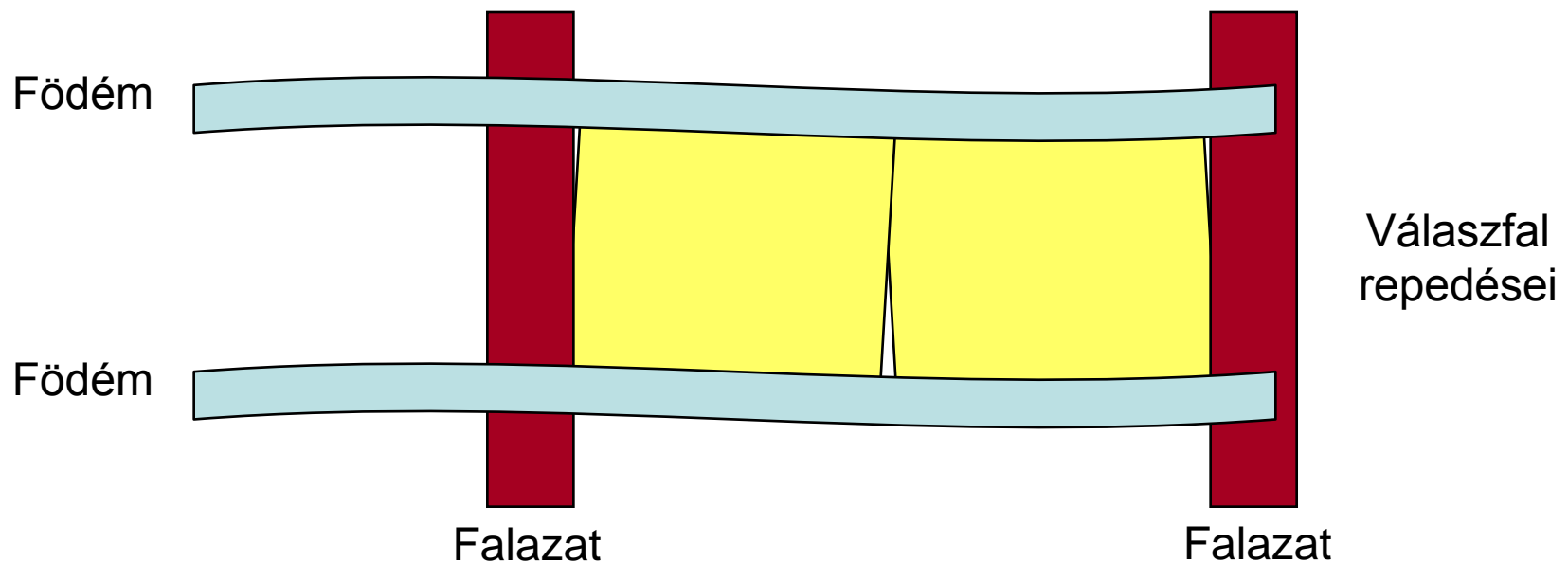
A szerkezet lehajlásai nem lehetnek olyan mértékűek, hogy a szerkezethez kapcsolódó további szerkezetek mint pl. válaszfalak, nyílászárók, burkolatok, épületgépészeti berendezések, stb. károsodjanak.



# Deflection control

## Lehajlások korlátozása

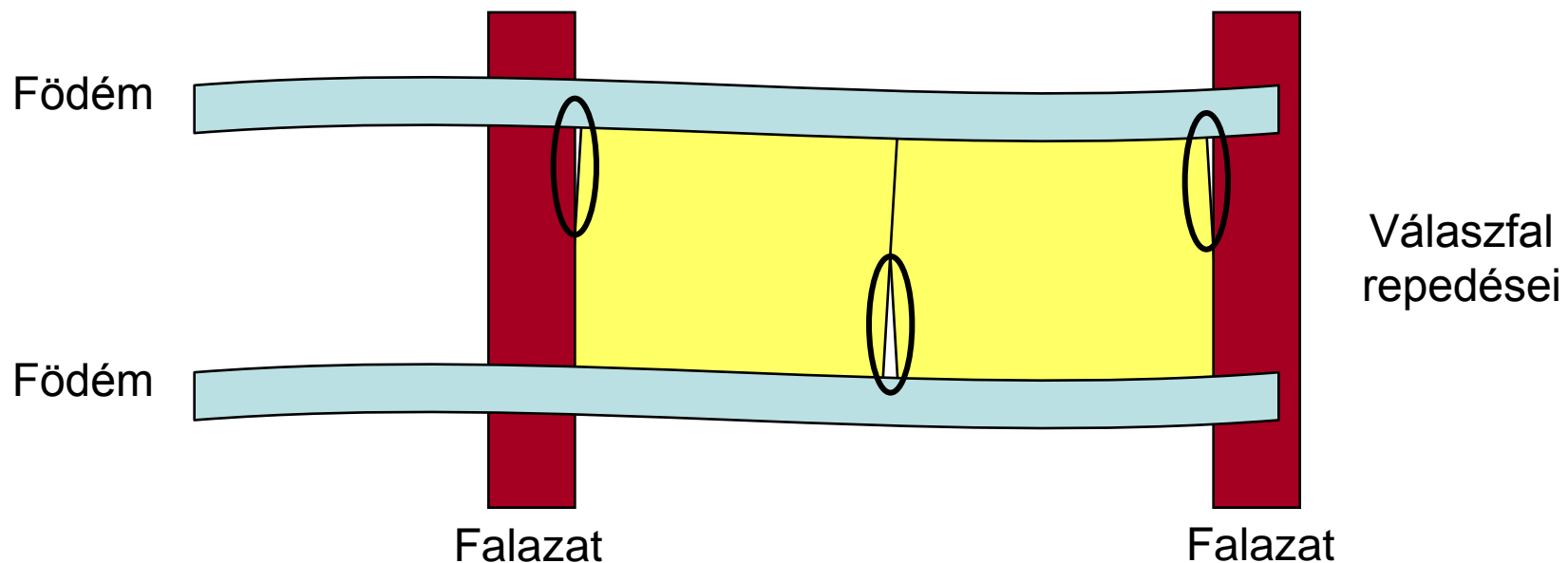
A szerkezet lehajlásai nem lehetnek olyan mértékűek, hogy a szerkezethez kapcsolódó további szerkezetek mint pl. válaszfalak, nyílászárók, burkolatok, épületgépészeti berendezések, stb. károsodjanak.



# Deflection control

## Lehajlások korlátozása

A szerkezet lehajlásai nem lehetnek olyan mértékűek, hogy a szerkezethez kapcsolódó további szerkezetek mint pl. válaszfalak, nyílászárók, burkolatok, épületgépészeti berendezések, stb. károsodjanak.



# Deflection control

## Lehajlások korlátozása

Az alakváltozások bizonyos esetekben azért kerülnek korlátozásra, mert a szerkezeten működő berendezések tökéletes, megbízható működéséhez ez szükséges, vagy pl. a zárófödémén ne következzen be jelentős lokális lehajlás "tóképződés"



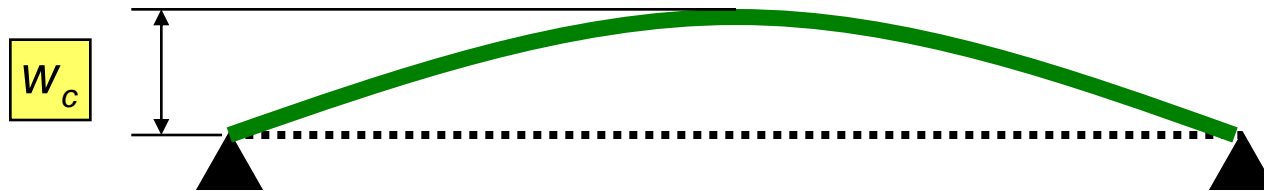
# Definition of deflection values

## Lehajlási értékek értelmezése



# Definition of deflection values

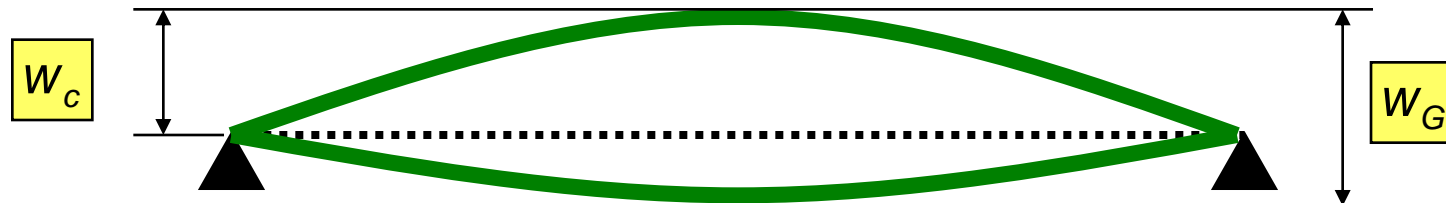
## Lehajlási értékek értelmezése



$W_c$  A terheletlen tartó felhajlása, túlemelésből, feszítésből

# Definition of deflection values

## Lehajlási értékek értelmezése

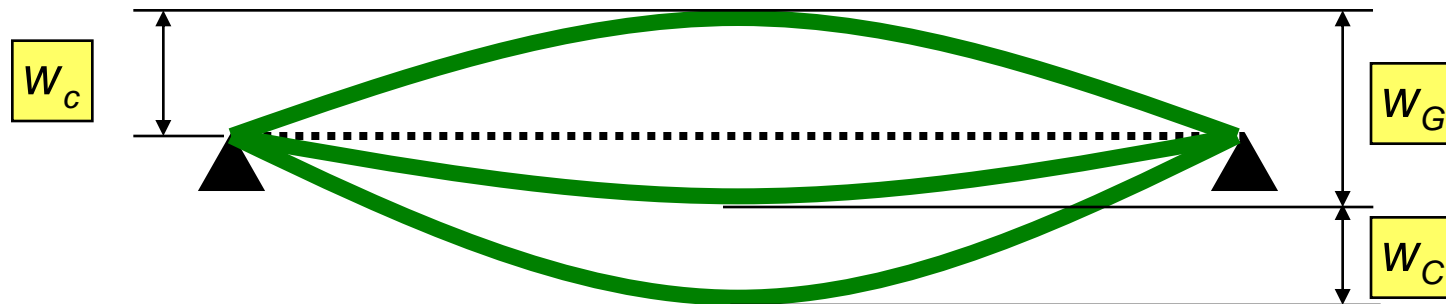


$W_c$  A terheletlen tartó felhajlása, túlemelésből, feszítésből

$W_g$  Kezdeti lehajlás a  $G$  állandó terhek hatására

# Definition of deflection values

## Lehajlási értékek értelmezése

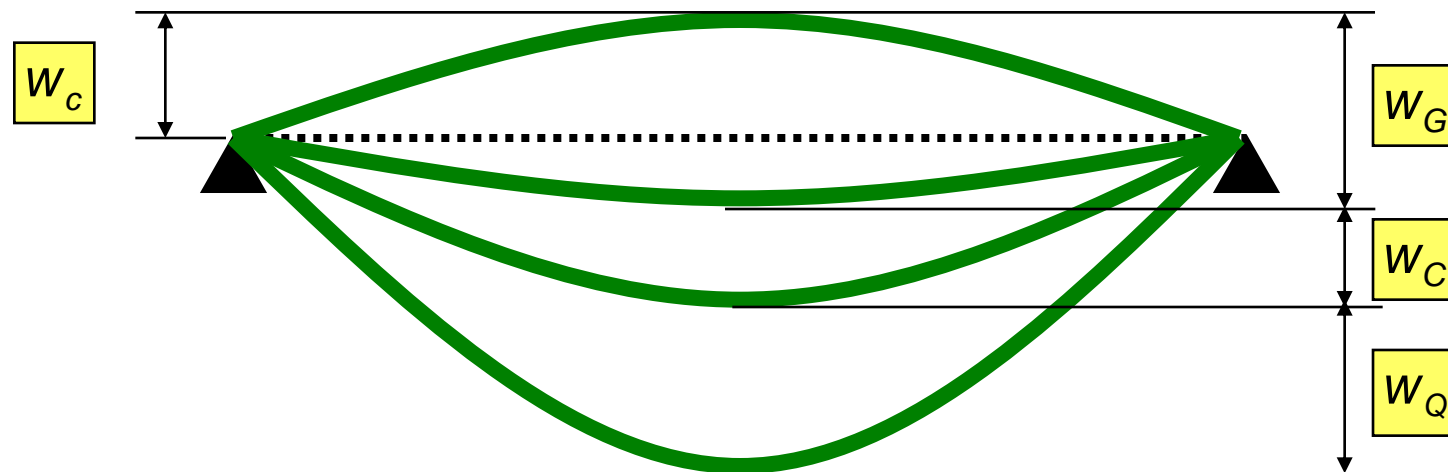


- $W_C$  A terheletlen tartó felhajlása, túlemelésből, feszítésből
- $W_G$  Kezdeti lehajlás a  $G$  állandó terhek hatására
- $W_G$  Lehajlás növekmény az állandó terhek, a kvázi-állandó esetleges terhek és a feszítés okozta kúszás és zsugorodás hatására



# Definition of deflection values

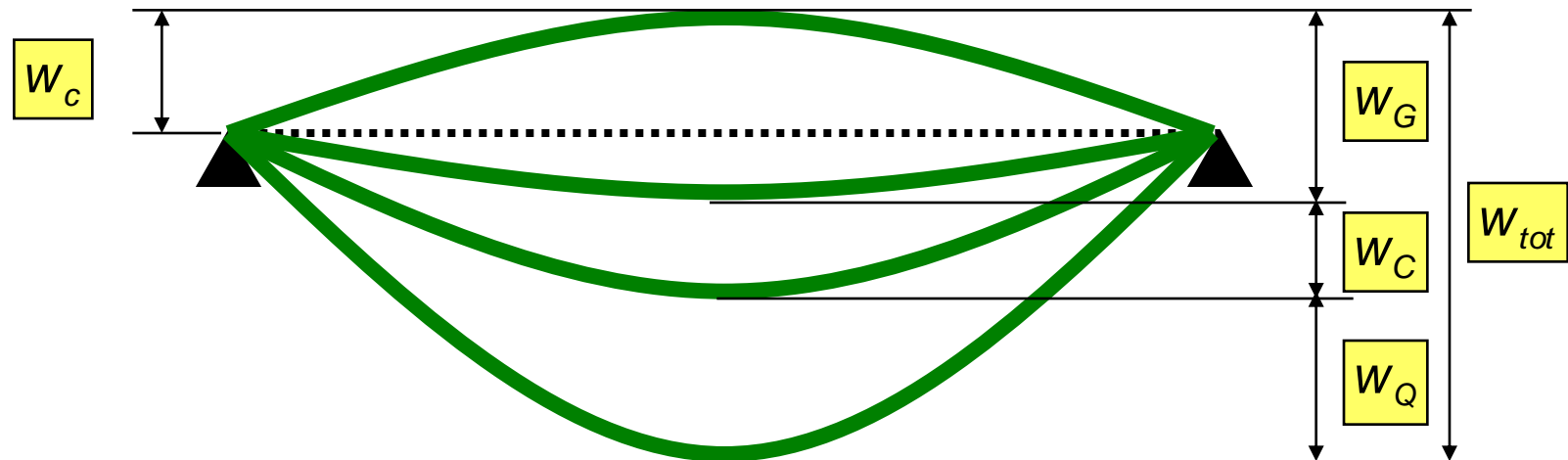
## Lehajlási értékek értelmezése



- $W_c$  A terheletlen tartó felhajlása, túlemelésből, feszítésből
- $W_G$  Kezdeti lehajlás a  $G$  állandó terhek hatására
- $W_C$  Lehajlás növekmény az állandó terhek, a kvázi-állandó esetleges terhek és a feszítés okozta kúszás és zsugorodás hatására
- $W_Q$  Lehajlás növekmény az esetleges terhek hatására

# Definition of deflection values

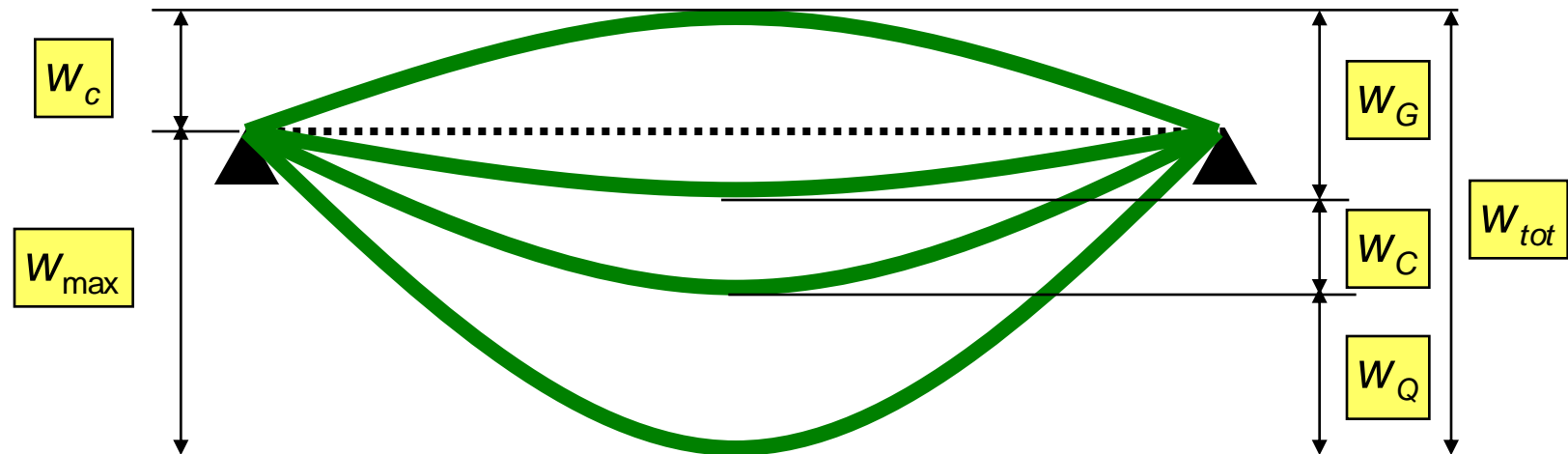
## Lehajlási értékek értelmezése



- $W_c$  A terheletlen tartó felhajlása, túlemelésből, feszítésből
- $W_G$  Kezdeti lehajlás a  $G$  állandó terhek hatására
- $W_c$  Lehajlás növekmény az állandó terhek, a kvázi-állandó esetleges terhek és a feszítés okozta kúszás és zsugorodás hatására
- $W_Q$  Lehajlás növekmény az esetleges terhek hatására
- $W_{tot}$  Teljes lehajlás

# Definition of deflection values

## Lehajlási értékek értelmezése



- $W_c$  A terheletlen tartó felhajlása, túlemelésből, feszítésből
- $W_G$  Kezdeti lehajlás a  $G$  állandó terhek hatására
- $W_C$  Lehajlás növekmény az állandó terhek, a kvázi-állandó esetleges terhek és a feszítés okozta kúszás és zsugorodás hatására
- $W_Q$  Lehajlás növekmény az esetleges terhek hatására
- $W_{tot}$  Teljes lehajlás

# Visually permitted curvilinear shape of structure

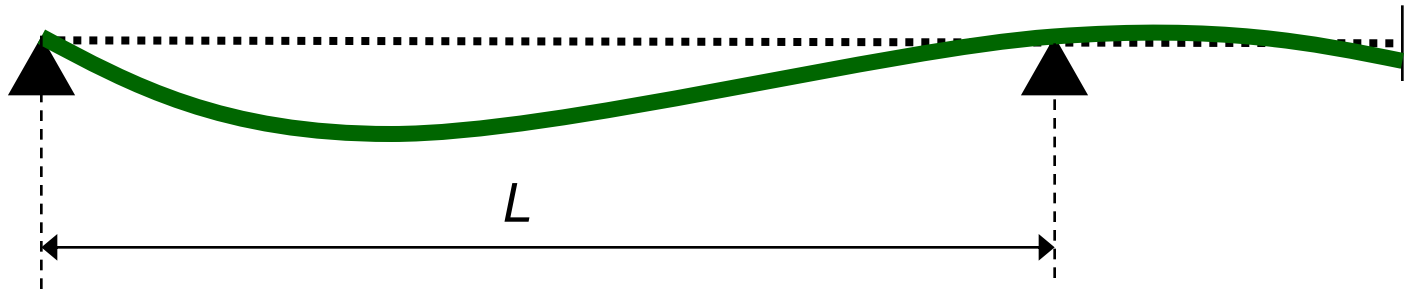
## A tartó látvány szempontjából megengedett görbültsége



# Visually permitted curvilinear shape of structure

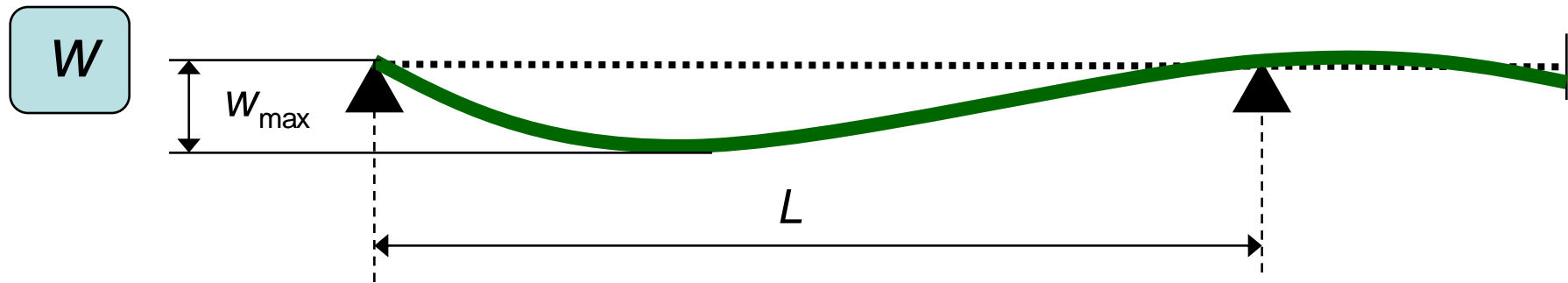
## A tartó látvány szempontjából megengedett görbültsége

$W$



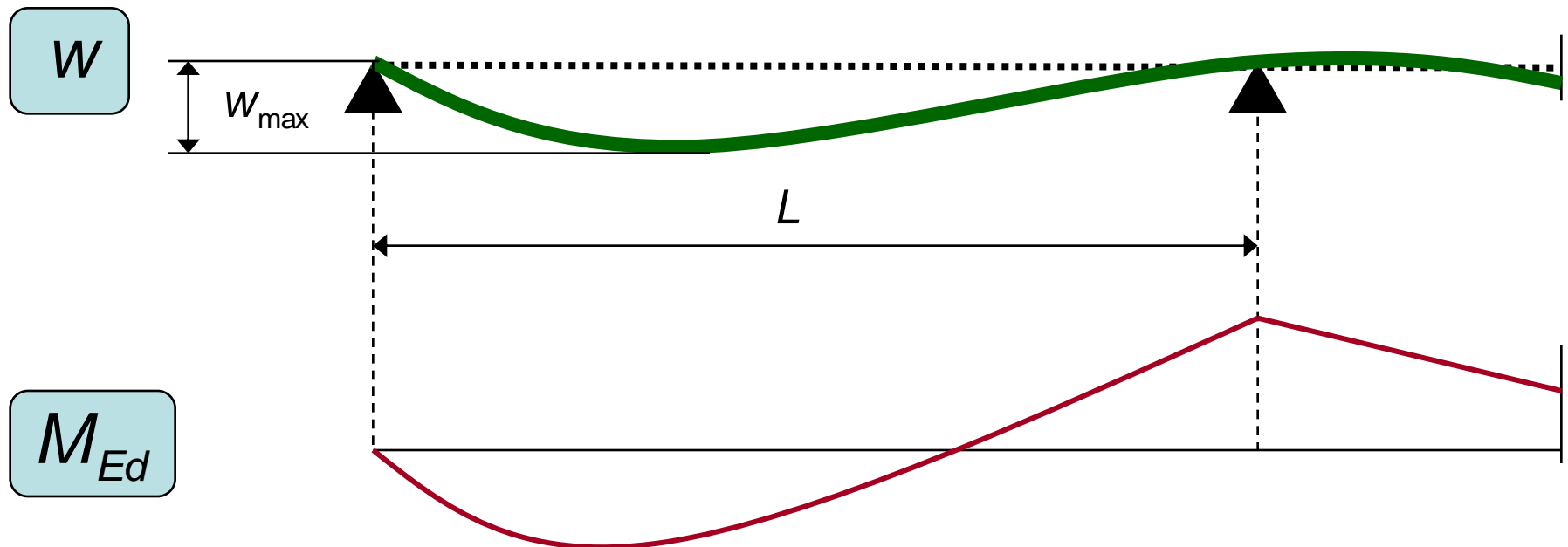
# Visually permitted curvilinear shape of structure

## A tartó látvány szempontjából megengedett görbültsége



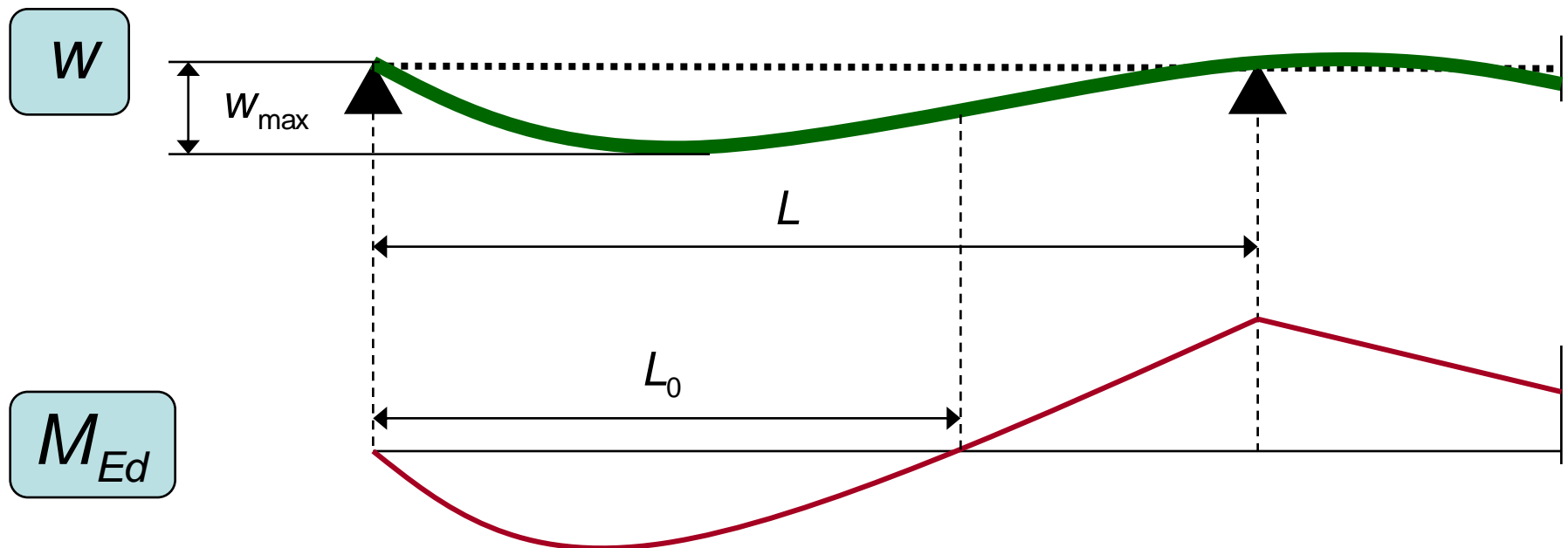
## Visually permitted curvilinear shape of structure

## A tartó látvány szempontjából megengedett görbültsége



## Visually permitted curvilinear shape of structure

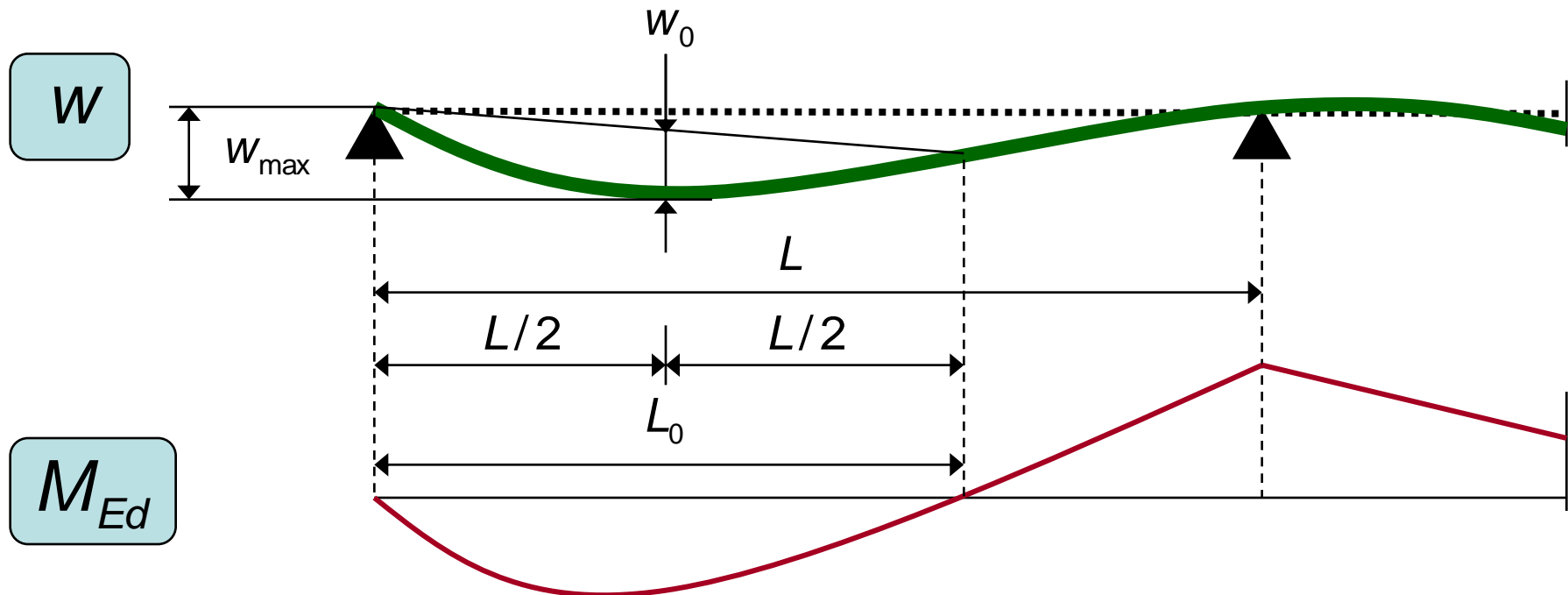
## A tartó látvány szempontjából megengedett görbültsége





## Visually permitted curvilinear shape of structure

## A tartó látvány szempontjából megengedett görbültsége



# Visually permitted curvilinear shape of structure

## A tartó látvány szempontjából megengedett görbültsége

A tartó abszolút lehajlásánál látvány szempontjából meghatározóbb a görbeség, mely az eredeti tartón számítható lehajlás és a tartó támaszközének hányadosával;

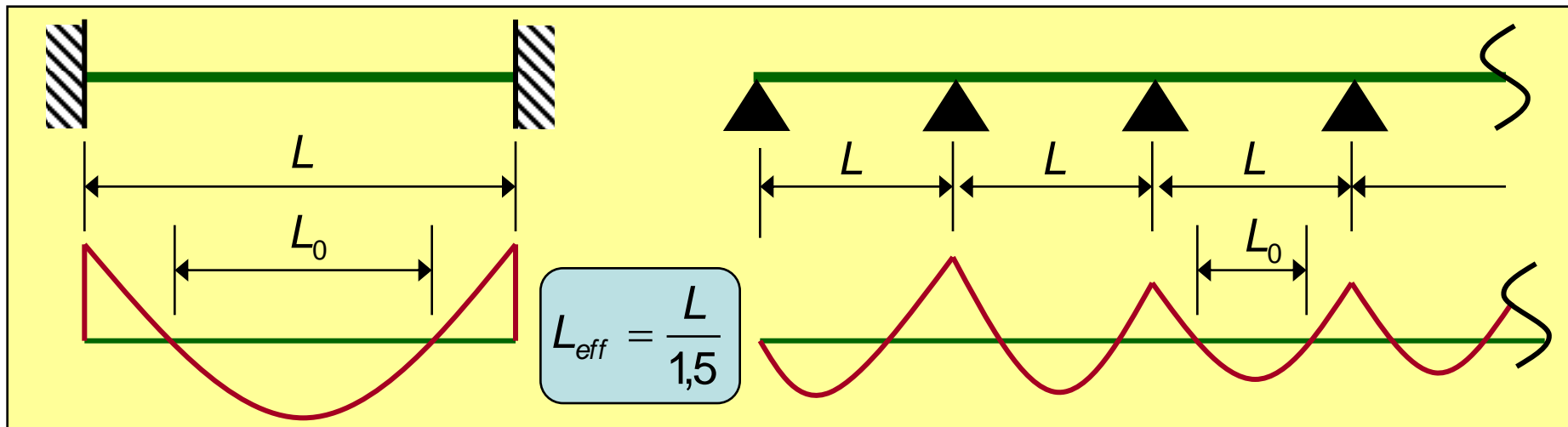
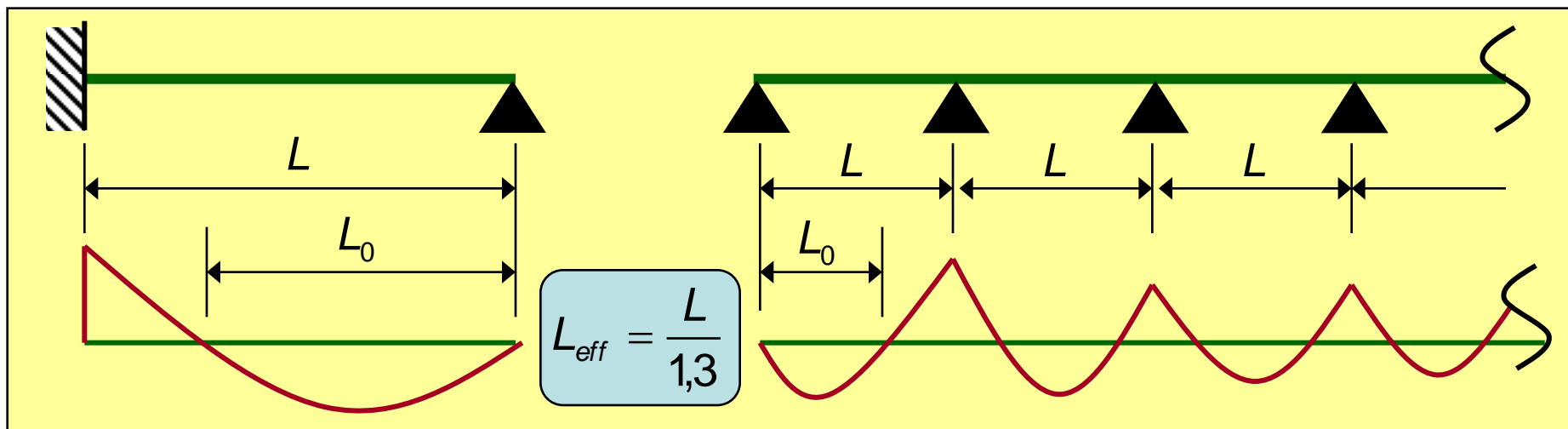
$$\frac{W_{\max}}{L}$$

vagy többtámaszú és befogott tartókon az eredeti tartó nyomatéki nullpontjai között értelmezett lehajlás, és a nyomatéki nullpontok közötti távolsággal jellemezhető;

$$\frac{W_{\text{eff}}}{L_{\text{eff}}}$$

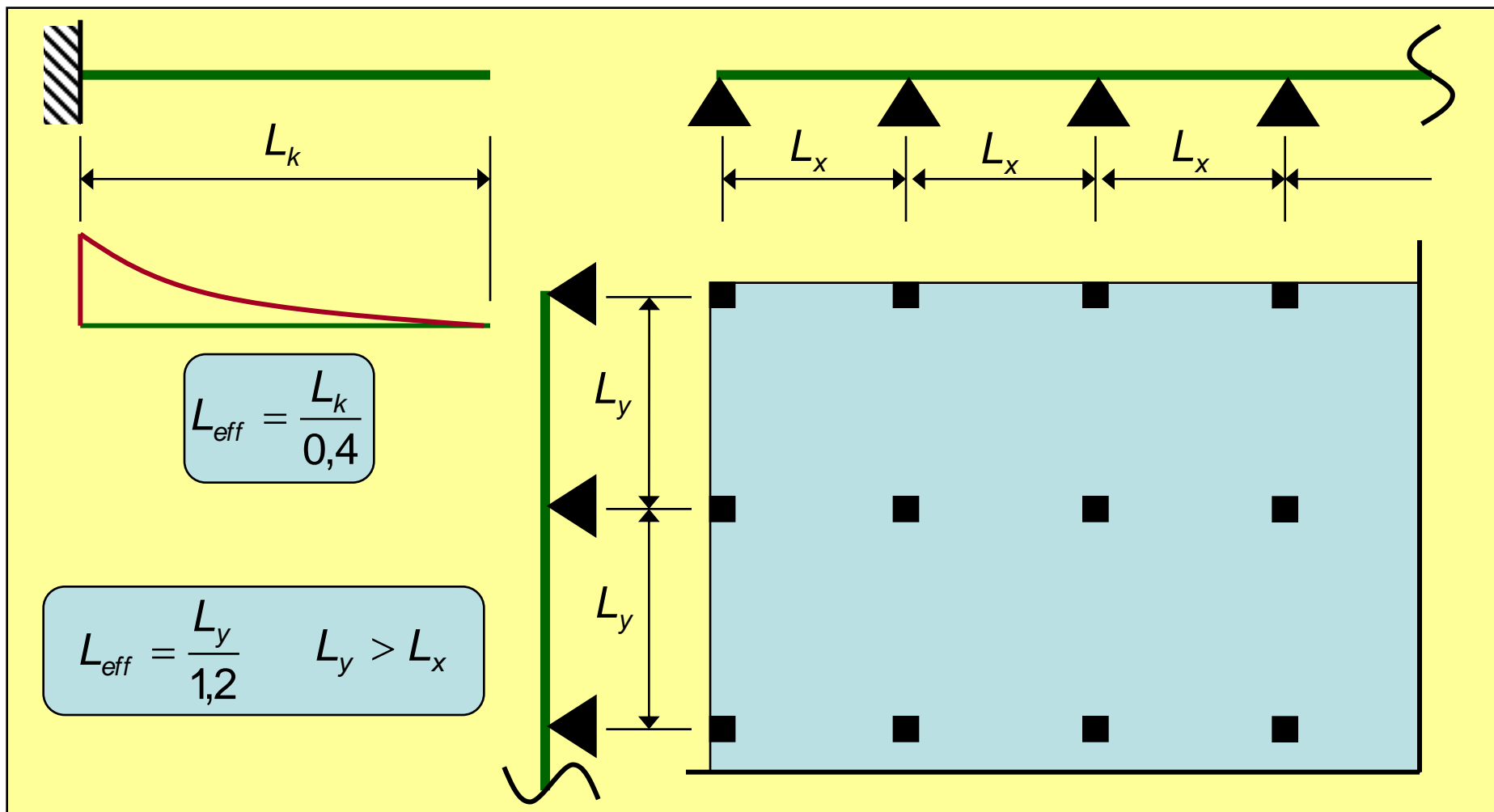
# Substituting span between zero points of the moment curve

## Nyomatéki nullpontok közötti helyettesítő támaszközök



# Substituting span between zero points of the moment curve

## Nyomatéki nullpontok közötti helyettesítő támaszközök



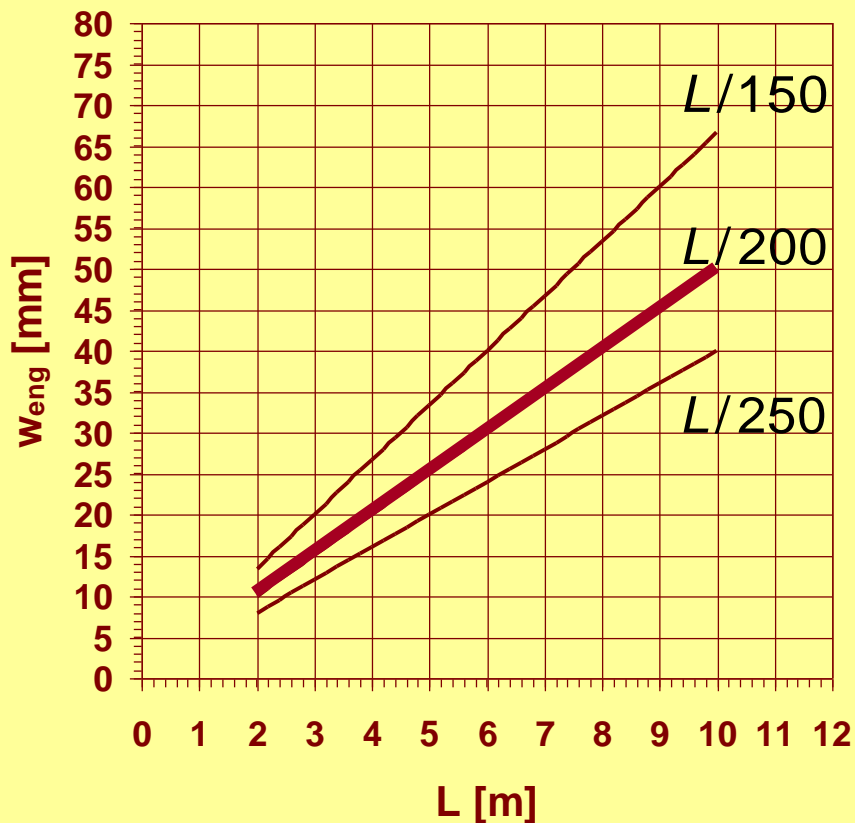
# Visually permitted deflection of structure

## A látvány szempontjából megengedett lehajlás

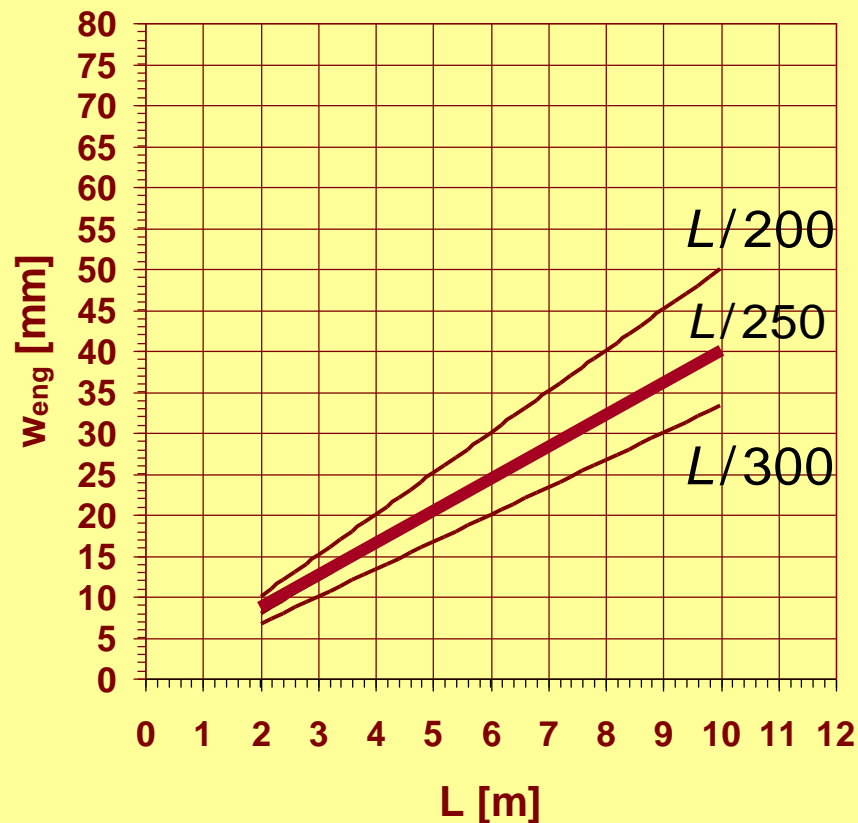
A szerkezet kialakítása a látható felület (síkok) ill. élek (egyenes vonalak) szempontjából	A tervezők, a beruházó és az építető által meghatározott igény szint		
	Még nem érzékelhető lehajlások esetén	Még nem zavaró lehajlások esetén	Még veszélyérzetet nem keltő lehajlások esetén
<b>Sima mennyezet</b> (pl. síklemez födém)	$L/250$	$L/200$	$L/150$
<b>Látható egyenes vonalak</b> (pl. gerendákkal alátámasztott födém)	$L/300$	$L/250$	$L/200$

# Visually permitted deflection of structure

## A látvány szempontjából megengedett lehajlás



**Sima mennyezet**  
(pl.: síklemez födém)



**Látható egyenes vonalak**  
(pl. gerendákkal alátámasztott födém)

# Checking the deflection in serviceability limit state

## A lehajlás ellenőrzése használati határállapotban

Limitation of the span/depth ratio

**Az effektív támaszköz ( $L$ ) és a dolgozó magasság ( $d$ ) hányadosának ( $L/d$ ) korlátozása**

$$\left(\frac{L}{d}\right)_{\text{lim}} \geq \left(\frac{L}{d}\right)$$

**Közelítő eljárás!**

# Limitation of the span/depth ( $L/d$ ) ratio

## Közelítő vizsgálat $L/d$ korlátozása alapján

A négyszög keresztmetszetű vasbeton gerenda vagy lemez eleget tesz a  $w_{lim} = L/200$  lehajlási követelménynek, ha támaszközének és dolgozó magasságának hányadosa az alábbi határértéknél kisebb:

$$\left(\frac{L}{d}\right)_{lim} = K \cdot \left[ 11 + 1,5 \cdot \sqrt{f_{ck}} \cdot \frac{\rho_0}{\rho} + 3,2 \cdot \sqrt{f_{ck}} \cdot \left(\frac{\rho_0}{\rho} - 1\right)^{3/2} \right] \quad \text{ha } \rho \leq \rho_0$$

$$\left(\frac{L}{d}\right)_{lim} = K \cdot \left[ 11 + 1,5 \cdot \sqrt{f_{ck}} \cdot \frac{\rho_0}{\rho - \rho'} + \frac{1}{12} \cdot \sqrt{f_{ck}} \cdot \sqrt{\frac{\rho'}{\rho}} \right] \quad \text{ha } \rho > \rho_0$$



# Limitation of the span/depth ( $L/d$ ) ratio

## Közelítő vizsgálat $L/d$ korlátozása alapján

$$\left(\frac{L}{d}\right)_{\text{lim}} = K \cdot \left[ 11 + 1,5 \cdot \sqrt{f_{ck}} \cdot \frac{\rho_0}{\rho} + 3,2 \cdot \sqrt{f_{ck}} \cdot \left(\frac{\rho_0}{\rho} - 1\right)^{3/2} \right] \quad \text{ha } \rho \leq \rho_0$$

$$\left(\frac{L}{d}\right)_{\text{lim}} = K \cdot \left[ 11 + 1,5 \cdot \sqrt{f_{ck}} \cdot \frac{\rho_0}{\rho - \rho'} + \frac{1}{12} \cdot \sqrt{f_{ck}} \cdot \sqrt{\frac{\rho'}{\rho}} \right] \quad \text{ha } \rho > \rho_0$$

### A szerkezeti rendszer kialakításától függő $K$ tényező

Kéttámaszú gerenda vagy kéttámaszú egy irányban teherviselő lemez. Egy és két irányban teherhordó peremlein feltámaszkodó lemez.	$K = 1,0$
Többtámaszú gerenda vagy összetett lemezmezőket alkotó egy és két irányban teherviselő lemez <b>szélső nyílása</b> . Két irányban teherhordó lemez esetén a kisebb $L/K$ a mértékadó.	$K = 1,3$
Többtámaszú gerenda, vagy összetett lemezmezőket alkotó egy és két irányban teherviselő lemez <b>közbenső nyílása</b> . Két irányban teherhordó lemez esetén a kisebb $L/K$ a mértékadó.	$K = 1,5$
Pontokon megtámasztott síklemez. A két irányban kialakított oszlopsávokon a nagyobbik $L/K$ érték a mértékadó.	$K = 1,2$
Konzol	$K = 0,4$

# Limitation of the span/depth ( $L/d$ ) ratio

## Közelítő vizsgálat $L/d$ korlátozása alapján

$$\left(\frac{L}{d}\right)_{\text{lim}} = K \cdot \left[ 11 + 1,5 \cdot \sqrt{f_{ck}} \cdot \frac{\rho_0}{\rho} + 3,2 \cdot \sqrt{f_{ck}} \cdot \left(\frac{\rho_0}{\rho} - 1\right)^{3/2} \right] \quad \text{ha } \rho \leq \rho_0$$

$$\left(\frac{L}{d}\right)_{\text{lim}} = K \cdot \left[ 11 + 1,5 \cdot \sqrt{f_{ck}} \cdot \frac{\rho_0}{\rho - \rho'} + \frac{1}{12} \cdot \sqrt{f_{ck}} \cdot \sqrt{\frac{\rho}{\rho}} \right] \quad \text{ha } \rho > \rho_0$$

$$\rho_0 = \sqrt{f_{ck}} \cdot 10^{-3}$$

A vashányad referencia értéke.

$$\rho = \frac{A_{s,req}}{b \cdot d}$$

A nyomatéki teherbírás biztosításához szükséges húzott vasalásra vonatkozó vashányad.

$$\rho' = \frac{A'_{s,req}}{b \cdot d}$$

A nyomatéki teherbírás biztosításához szükséges nyomott vasalásra vonatkozó vashányad.

# Limitation of the span/depth ( $L/d$ ) ratio

## Közelítő vizsgálat $L/d$ korlátozása alapján

$$K = 1$$

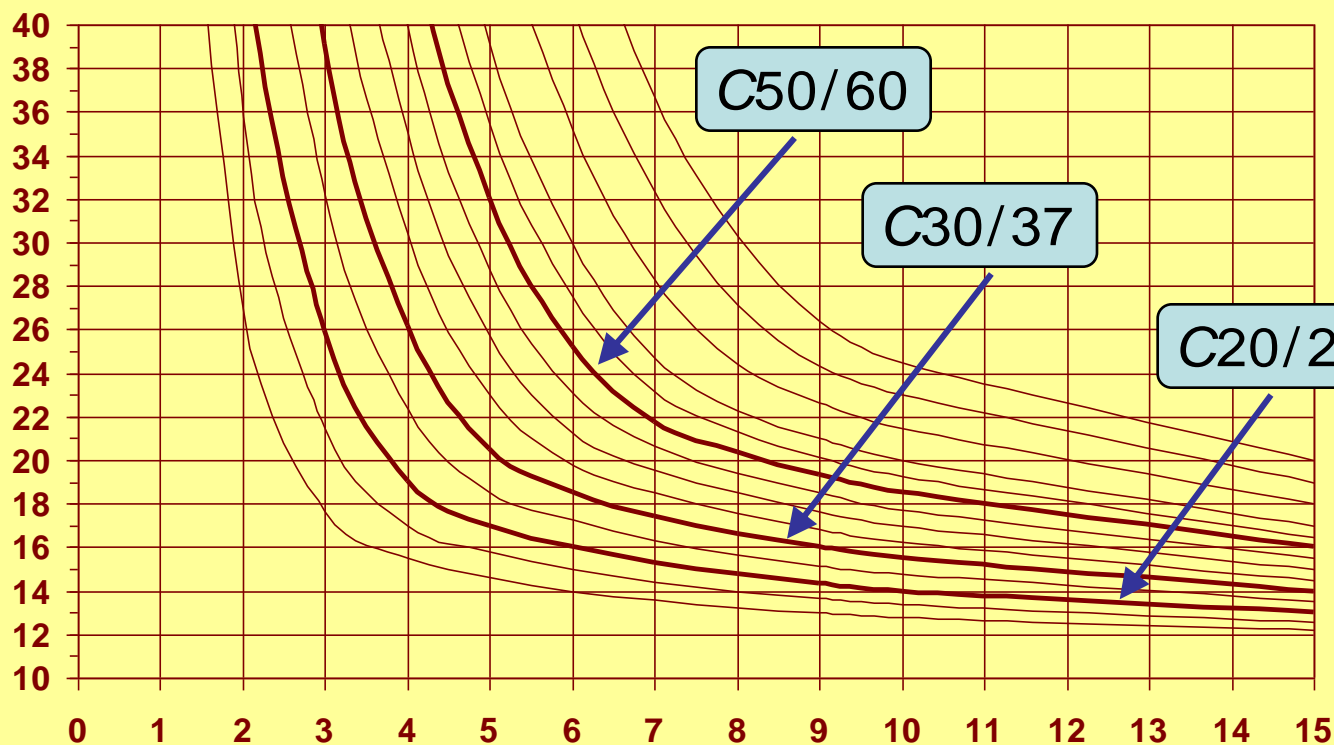
$$\rho' = 0$$

$$\sigma_s = 310 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{yk} = 500 \text{ N/mm}^2$$

$$\rho_{qp} / \rho_{Ed} = 0,5$$

$$\rho_{Rd} \approx \rho_{Ed}$$



$$\left(\frac{L}{d}\right)_{lim}$$

$$\rho = \frac{A_{s,req}}{b \cdot d} [\text{‰}]$$

# Limitation of the span/depth ( $L/d$ ) ratio

## Közelítő vizsgálat $L/d$ korlátozása alapján

$$\left(\frac{L}{d}\right)_{\text{lim}} = K \cdot \left[ 11 + 1,5 \cdot \sqrt{f_{ck}} \cdot \frac{\rho_0}{\rho} + 3,2 \cdot \sqrt{f_{ck}} \cdot \left(\frac{\rho_0}{\rho} - 1\right)^{3/2} \right] \quad \text{ha } \rho \leq \rho_0$$

$$\left(\frac{L}{d}\right)_{\text{lim}} = K \cdot \left[ 11 + 1,5 \cdot \sqrt{f_{ck}} \cdot \frac{\rho_0}{\rho - \rho'} + \frac{1}{12} \cdot \sqrt{f_{ck}} \cdot \sqrt{\frac{\rho'}{\rho}} \right] \quad \text{ha } \rho > \rho_0$$

A fenti összefüggések akkor érvényesek, ha a gerenda- vagy lemezmezőben (vagy konzolon a befogás keresztmetszetében) a használhatósági határállapot hatáskombinációja alapján a húzott acélbetétekben számított acélfeszültség **310 N/mm<sup>2</sup>**. Ettől eltérő esetben az elméleti támaszköz és a dolgozó magasság határértékét az alábbi úton számíthatjuk:

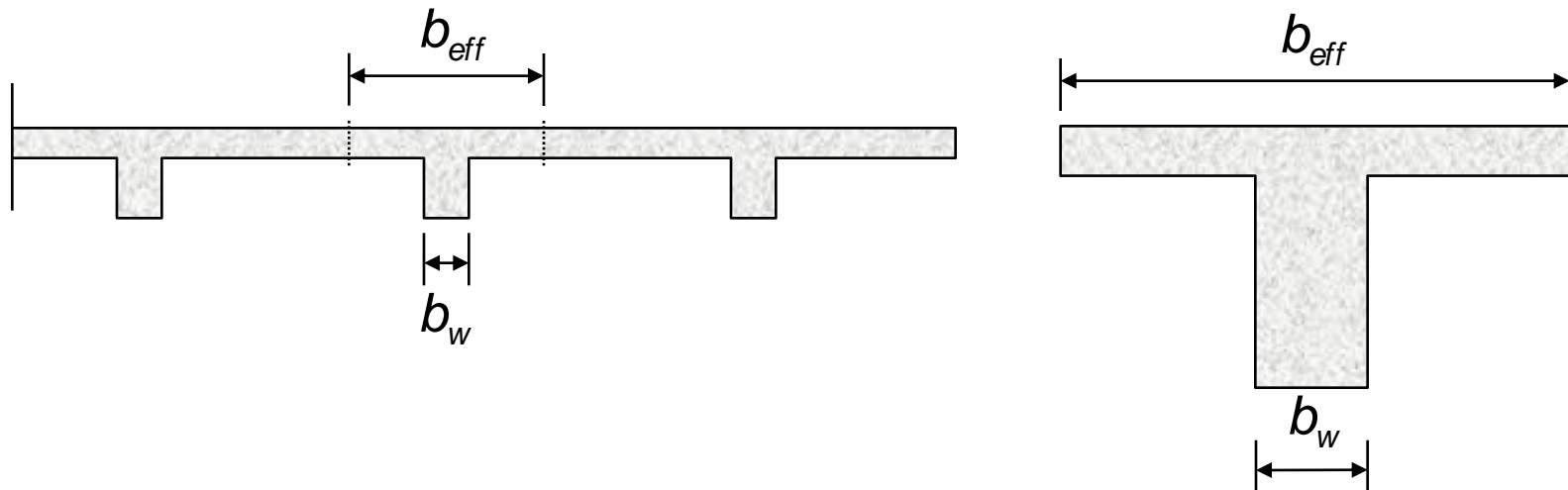
$$\left(\frac{L}{d}\right)_{\text{lim}} = \frac{310}{\sigma_s} \cdot \left(\frac{L}{d}\right)_{\text{lim}, \sigma_s=310 \text{ MPa}} \approx \frac{A_{s,prov}}{A_{s,req}} \cdot \left(\frac{L}{d}\right)_{\text{lim}, \sigma_s=310 \text{ MPa}}$$

# Limitation of the span/depth ( $L/d$ ) ratio

## Közelítő vizsgálat $L/d$ korlátozása alapján

T keresztmetszet esetén ill. fejlemezrel együtt dolgozó négyszög keresztmetszet esetén, ha a fejlemez szélességének és a borda szélességének hányadosa nagyobb mint 3, a számított határértéket 0,8-del kell csökkenteni:

$$\frac{b_{eff}}{b_w} > 3 \Rightarrow \left(\frac{L}{d}\right)_{lim} = 0,8 \cdot \left(\frac{L}{d}\right)_{lim}$$

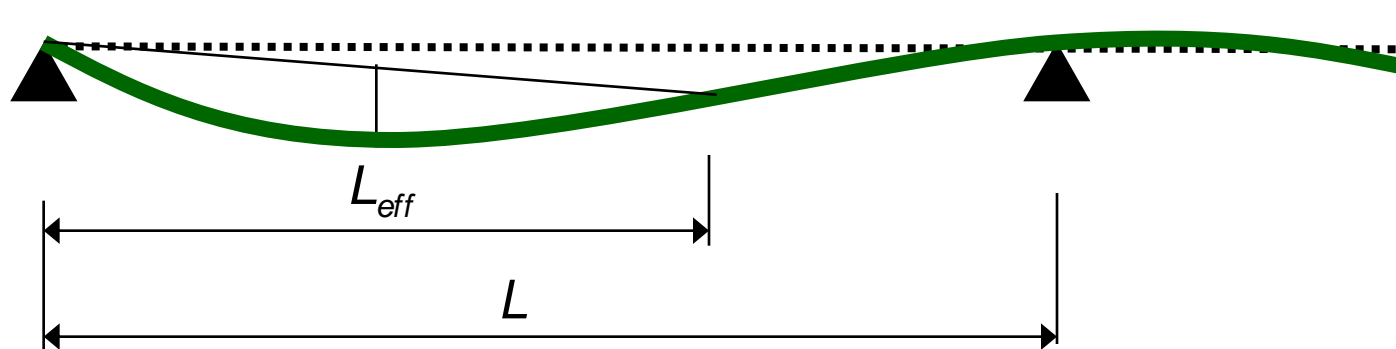


# Limitation of the span/depth ( $L/d$ ) ratio

## Közelítő vizsgálat $L/d$ korlátozása alapján

7 m-nél nagyobb fesztávolságú vasbeton gerendákra támaszkodó lemezek ill. síklemezek esetében, a lehajlások okozta válaszfal-károsodások elkerülése érdekében a számított határértéket szintén módosítani kell:

$$L > 7,00 \text{ m} \Rightarrow \left(\frac{L}{d}\right)_{\text{lim}} = \frac{7}{L} \cdot \left(\frac{L}{d}\right)_{\text{lim}}$$

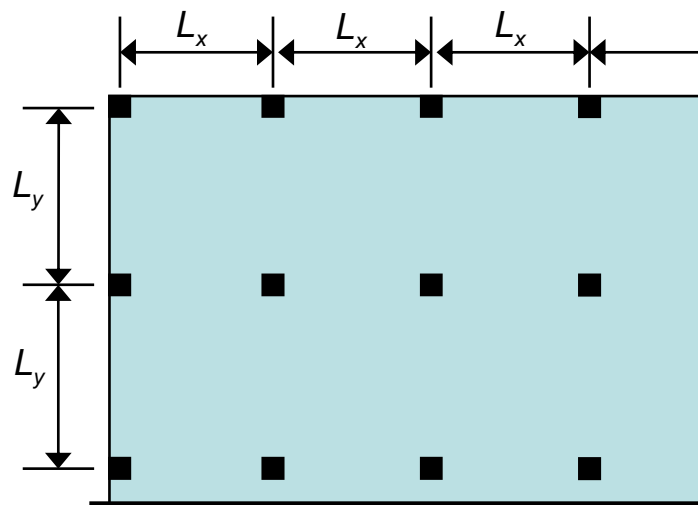


# Limitation of the span/depth ( $L/d$ ) ratio

## Közelítő vizsgálat $L/d$ korlátozása alapján

Pontokon alátámasztott síklemez födémekek esetében, ha az egymásra merőlegesen értelmezett oszlopsávok valamelyikében a pillérek távolsága meghaladja a 8,50 m-t, akkor a határértéket szintén módosítani kell:

$$L_{\max} = \max \begin{bmatrix} L_x \\ L_y \end{bmatrix} > 8,50 \text{ m} \Rightarrow \left( \frac{L}{d} \right)_{\text{lim}} = \frac{8,5}{L} \cdot \left( \frac{L}{d} \right)_{\text{lim}}$$



# Checking the deflection in serviceability limit state

## A lehajlás ellenőrzése használati határállapotban

Comparing deflection values

**A számított lehajlás ( $w$ ) és a megengedett lehajlás ( $w_{lim}$ ) értékének összehasonlítása**

$$w_{lim} \geq w$$

**Pontos eljárás!**



# Checking the deflection in serviceability limit state

## A lehajlás ellenőrzése használati határállapotban

Effect of creep, shrinkage and crack on the deflection

**A vasbeton szerkezetek alakváltozását, lehajlását nagymértékben befolyásolják a beton lassú alakváltozási jellemzői (kúszás, zsugorodás), valamint a vasbeton szerkezet repedezettségi állapota**

# Checking the deflection in serviceability limit state

## A lehajlás ellenőrzése használati határállapotban

Effect of creep, shrinkage and crack on the deflection

**A vasbeton szerkezetek alakváltozását, lehajlását nagymértékben befolyásolják a beton lassú alakváltozási jellemzői (kúszás, zsugorodás), valamint a vasbeton szerkezet repedezettségi állapota**

$$w = \frac{1}{8} \cdot \frac{p_{qp} \cdot L^4}{E \cdot I}$$

# Checking the deflection in serviceability limit state

## A lehajlás ellenőrzése használati határállapotban

Effect of creep, shrinkage and crack on the deflection

**A vasbeton szerkezetek alakváltozását, lehajlását nagymértékben befolyásolják a beton lassú alakváltozási jellemzői (kúszás, zsugorodás), valamint a vasbeton szerkezet repedezettségi állapota**

A pontos számításhoz a kúszás és a zsugorodás hatását figyelembe vevő alakváltozási modulusra van szükség!

$$w = \frac{1}{8} \cdot \frac{p_{gp} \cdot L^4}{E \cdot I}$$

# Checking the deflection in serviceability limit state

## A lehajlás ellenőrzése használati határállapotban

Effect of creep, shrinkage and crack on the deflection

**A vasbeton szerkezetek alakváltozását, lehajlását nagymértékben befolyásolják a beton lassú alakváltozási jellemzői (kúszás, zsugorodás), valamint a vasbeton szerkezet repedezettségi állapota**

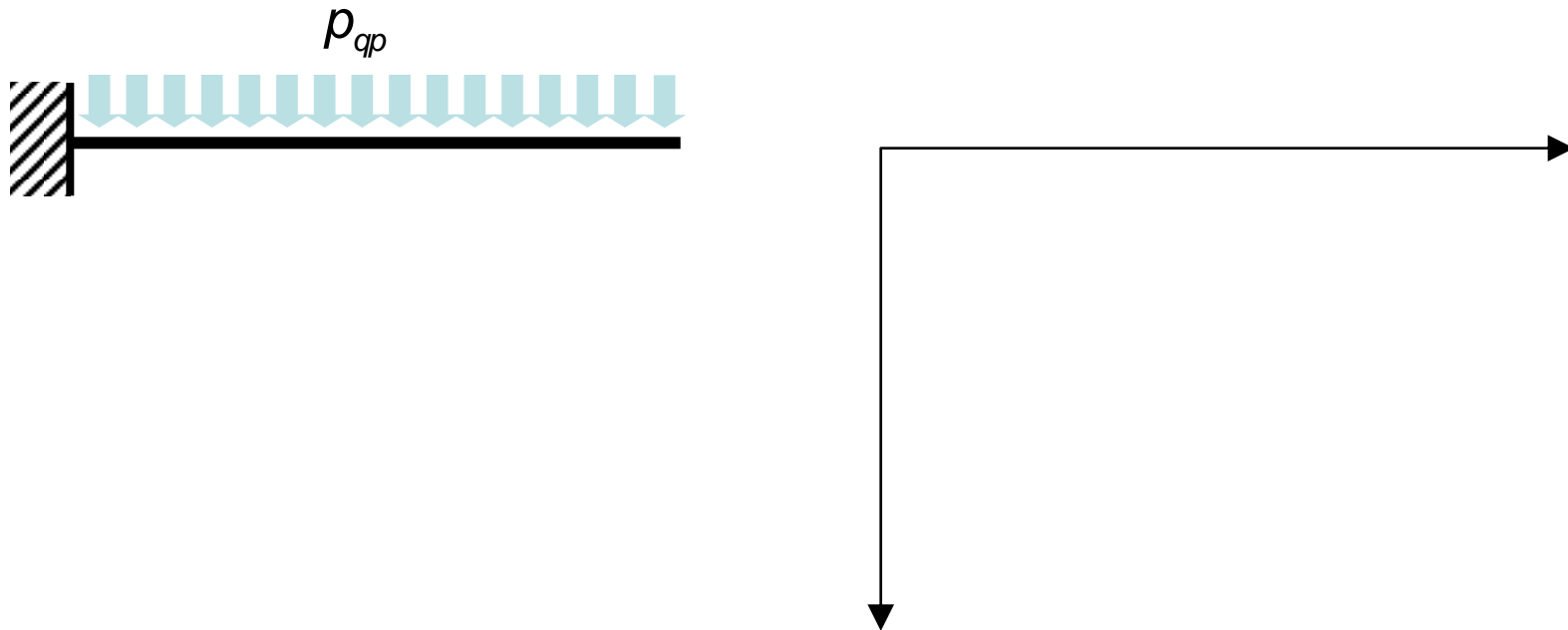
A pontos számításhoz a kúszás és a zsugorodás hatását figyelembe vevő alakváltozási modulusra van szükség!

$$w = \frac{1}{8} \cdot \frac{p_{gp} \cdot L^4}{E \cdot I}$$

A pontos számításhoz a szerkezet repedezettségi állapotát figyelembe vevő tehetelenségi nyomatékra van szükség!

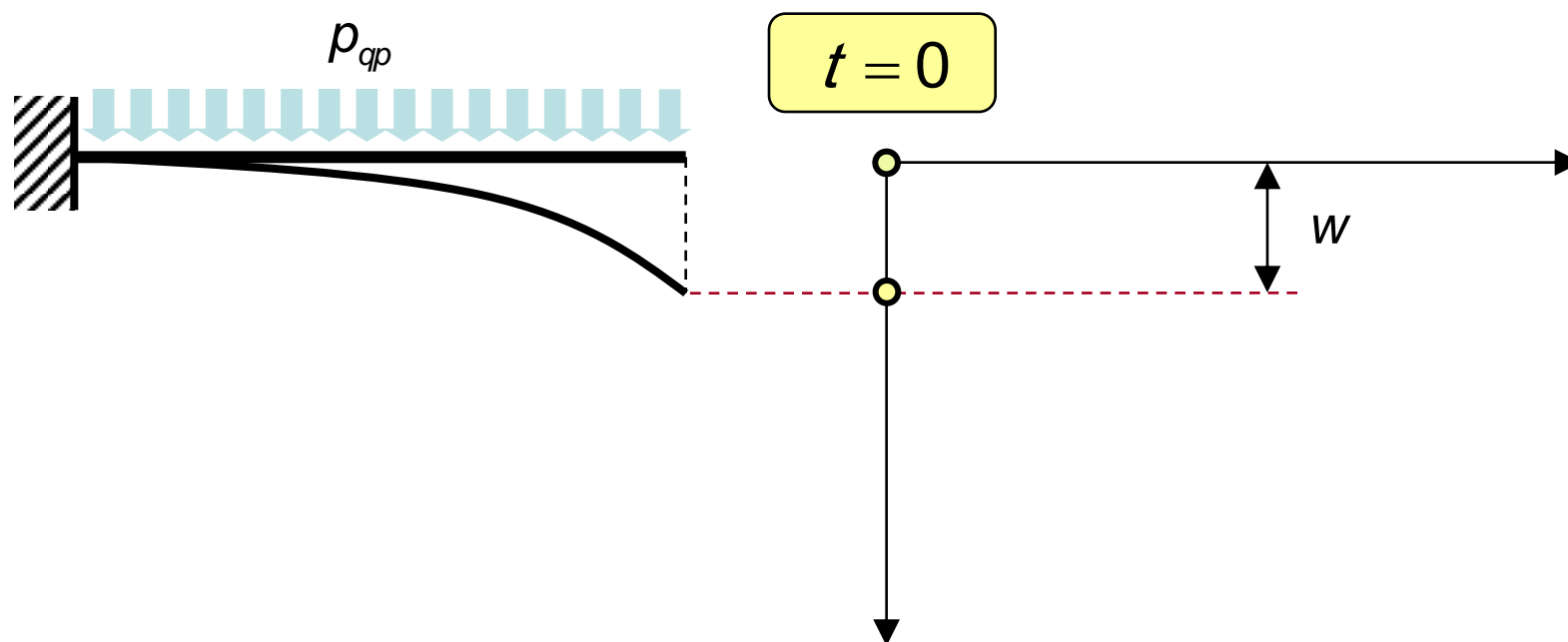
# Effect of creep

## A kúszás hatásának figyelembe vétele



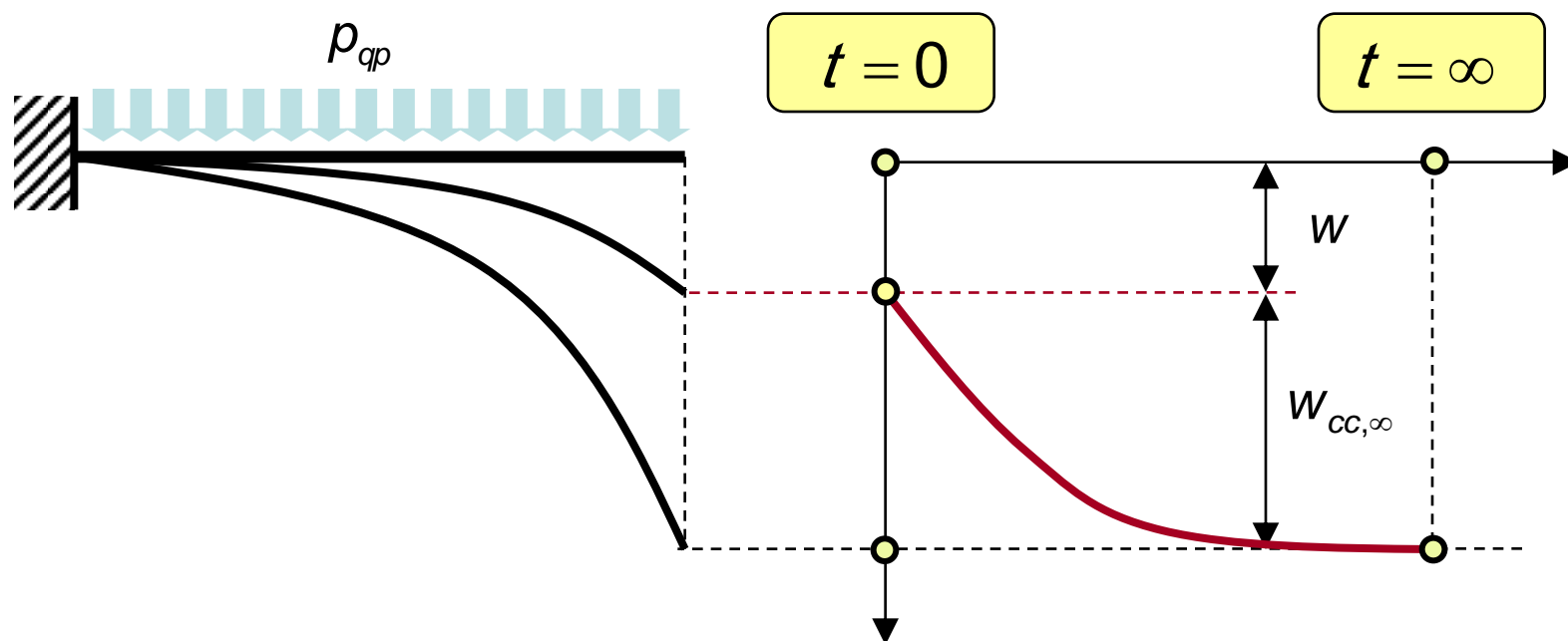
## Effect of creep

## A kúszás hatásának figyelembe vétele



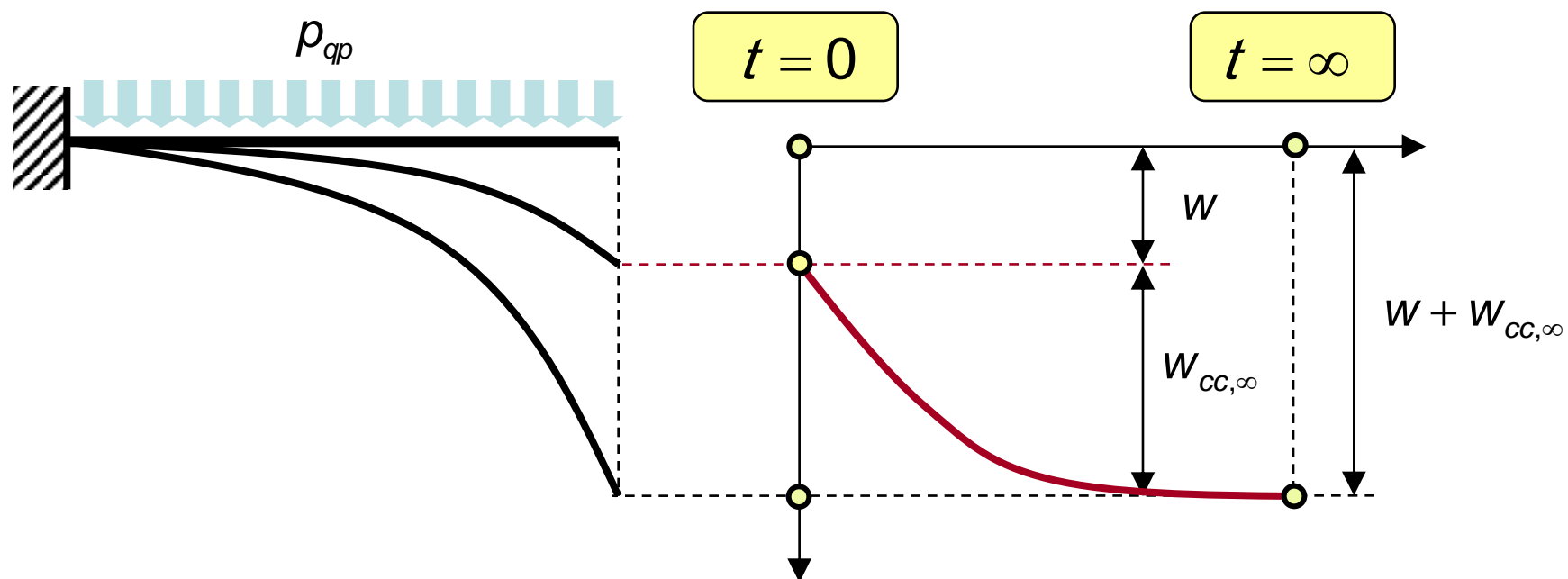
## Effect of creep

## A kúszás hatásának figyelembe vétele



## Effect of creep

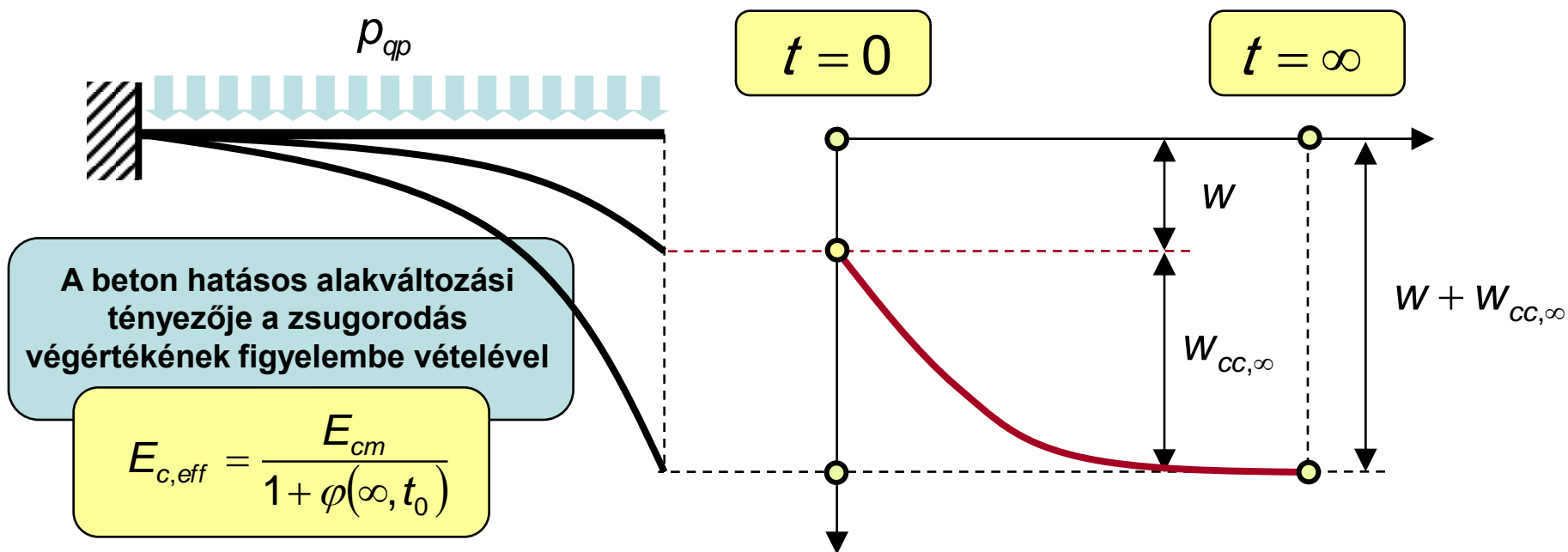
## A kúszás hatásának figyelembe vétele





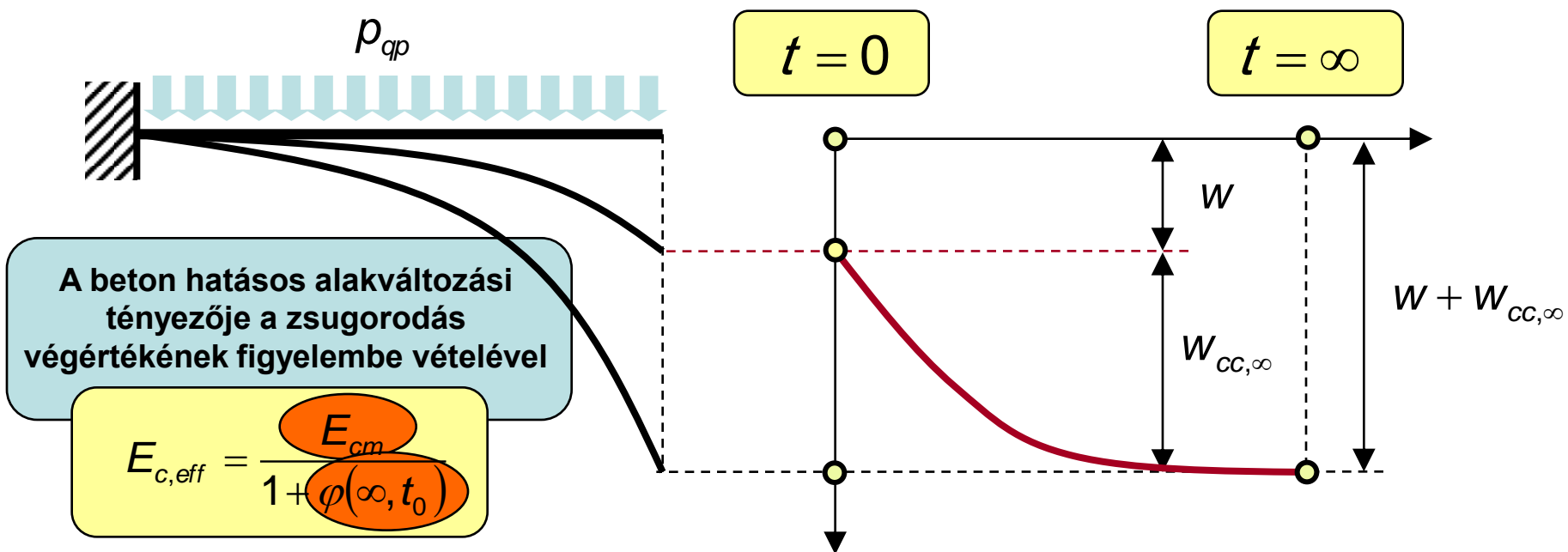
## Effect of creep

## A kúszás hatásának figyelembe vétele



## Effect of creep

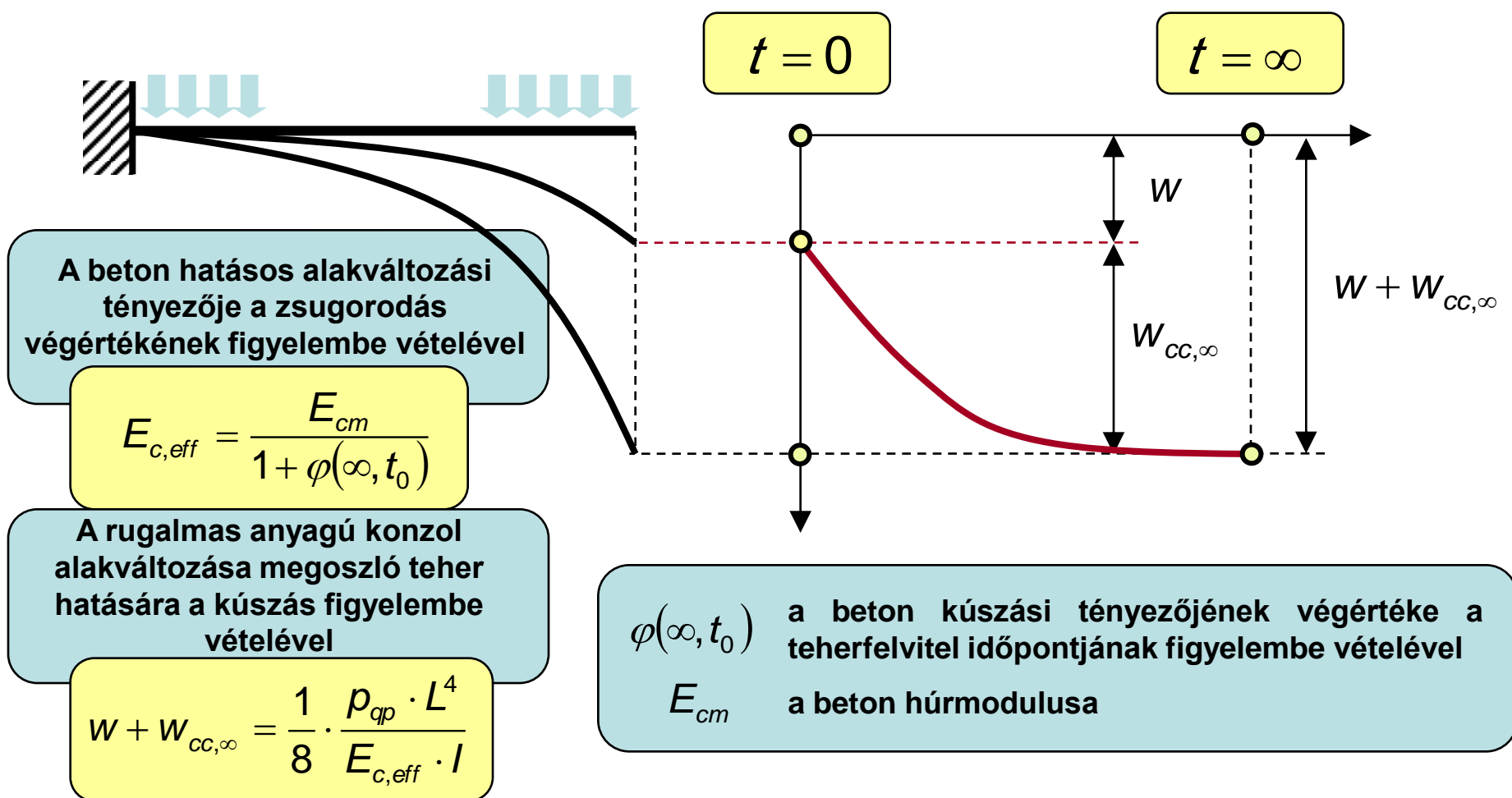
## A kúszás hatásának figyelembe vétele



$\varphi(\infty, t_0)$  a beton kúszási tényezőjének végértéke a teherfelvitel időpontjának figyelembe vételével  
 $E_{cm}$  a beton húrmódulusa

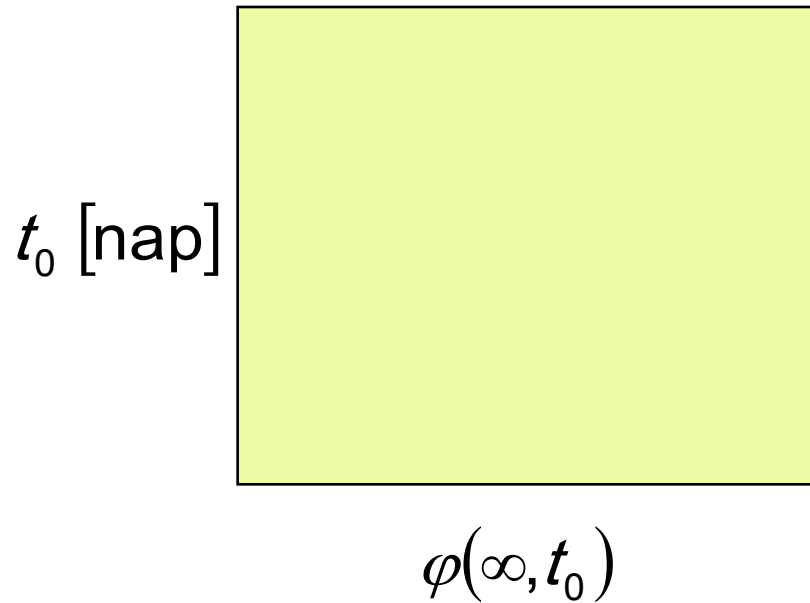
## Effect of creep

## A kúszás hatásának figyelembe vétele



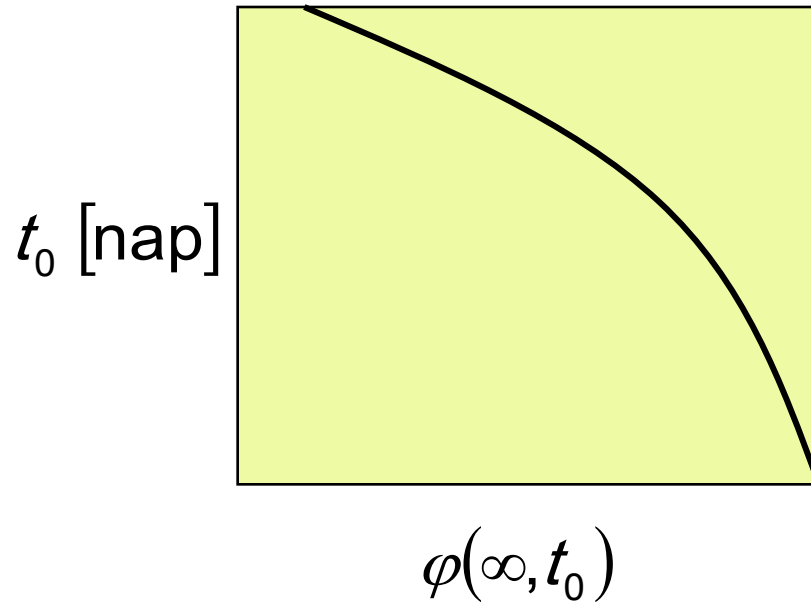
# Determination of creep coefficient of concrete

## A beton kúszási tényezőjének meghatározása



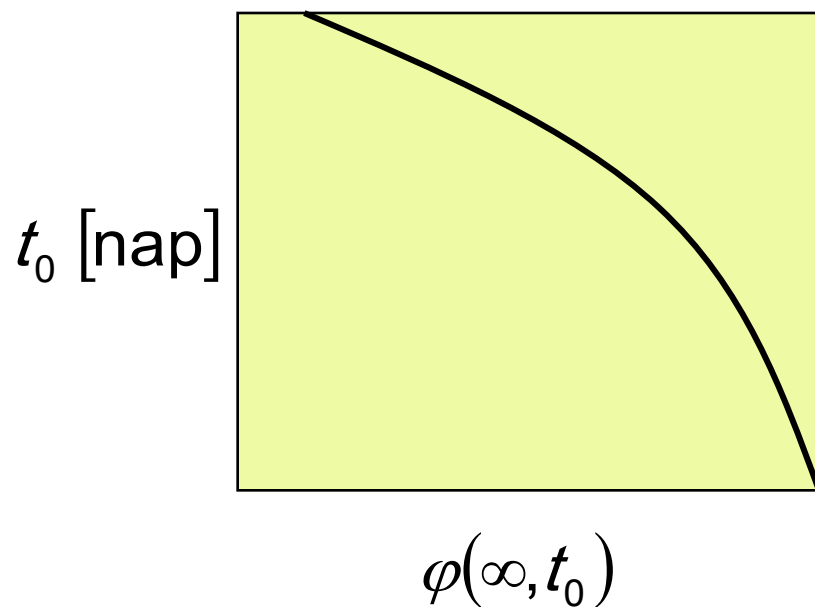
# Determination of creep coefficient of concrete

## A beton kúszási tényezőjének meghatározása



# Determination of creep coefficient of concrete

## A beton kúszási tényezőjének meghatározása



$C f_{ck} / f_{ck, cube}$

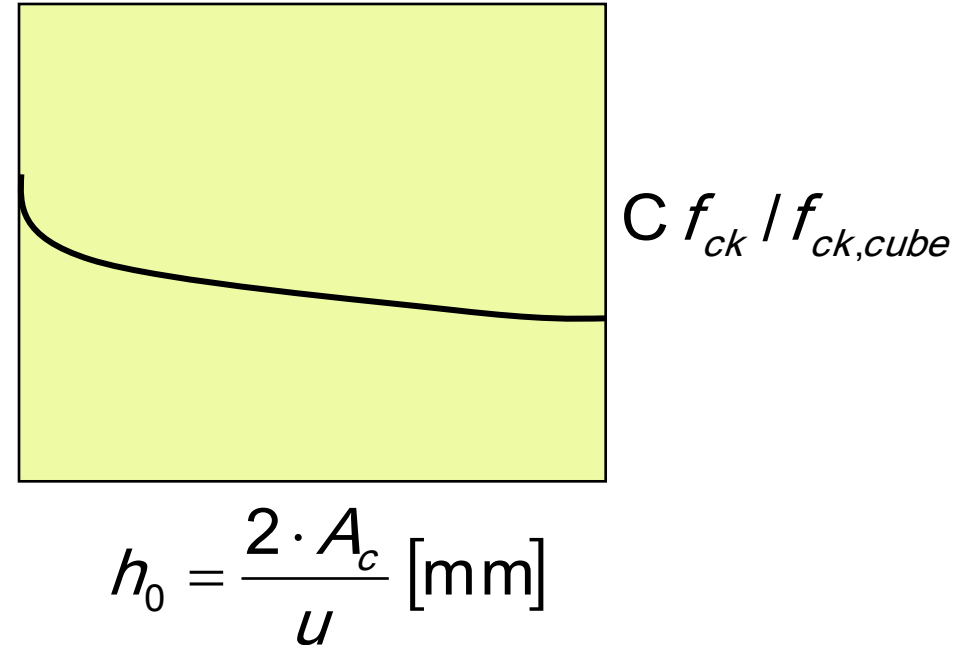
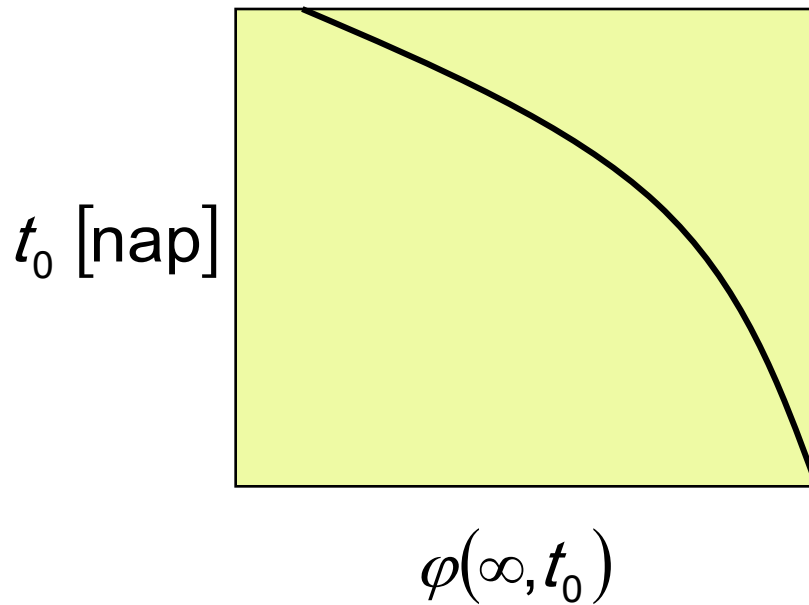
$$h_0 = \frac{2 \cdot A_c}{u} \text{ [mm]}$$

$C f_{ck} / f_{ck, cube}$

$$h_0 = \frac{2 \cdot A_c}{u} \text{ [mm]}$$

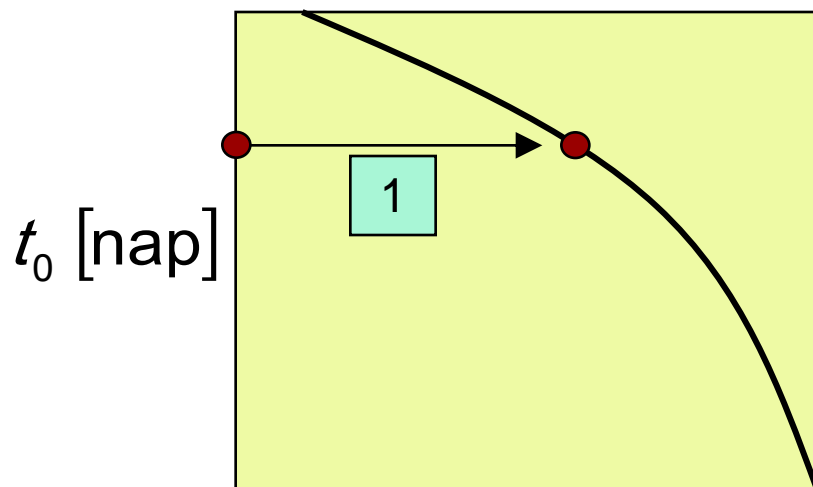
# Determination of creep coefficient of concrete

## A beton kúszási tényezőjének meghatározása



# Determination of creep coefficient of concrete

## A beton kúszási tényezőjének meghatározása



$$\varphi(\infty, t_0)$$

$$t_0 \text{ [nap]}$$

a beton kora a terhelés felvitelekor



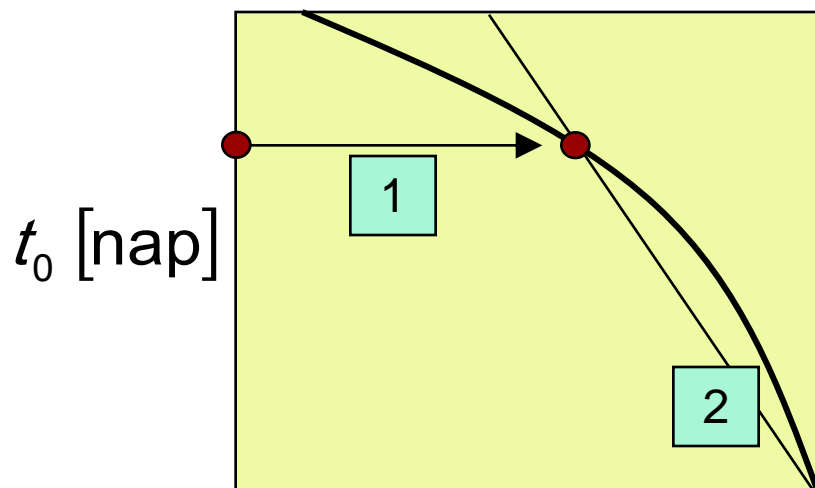
$$h_0 = \frac{2 \cdot A_c}{u} \text{ [mm]}$$

$$C f_{ck} / f_{ck, cube}$$



# Determination of creep coefficient of concrete

## A beton kúszási tényezőjének meghatározása



$$\varphi(\infty, t_0)$$

$$t_0 \text{ [nap]}$$

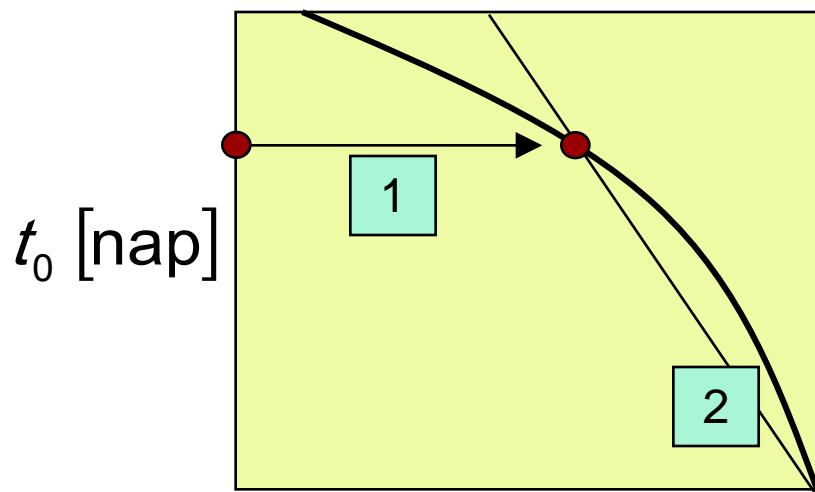
a beton kora a terhelés felvitelekor



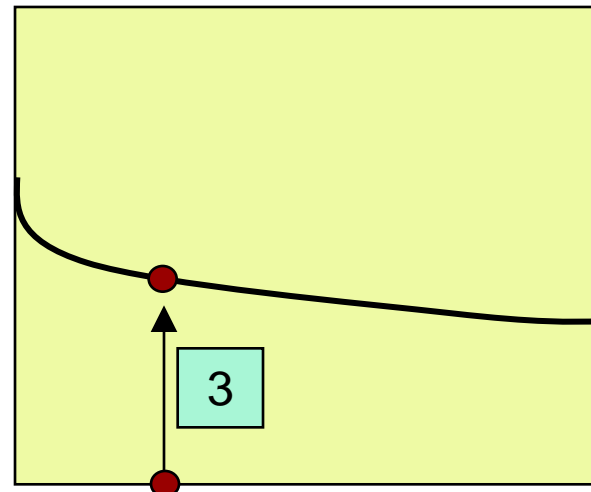
$$h_0 = \frac{2 \cdot A_c}{u} \text{ [mm]}$$

# Determination of creep coefficient of concrete

## A beton kúszási tényezőjének meghatározása



$$\varphi(\infty, t_0)$$



$$h_0 = \frac{2 \cdot A_c}{u} \text{ [mm]}$$

$$t_0 \text{ [nap]}$$

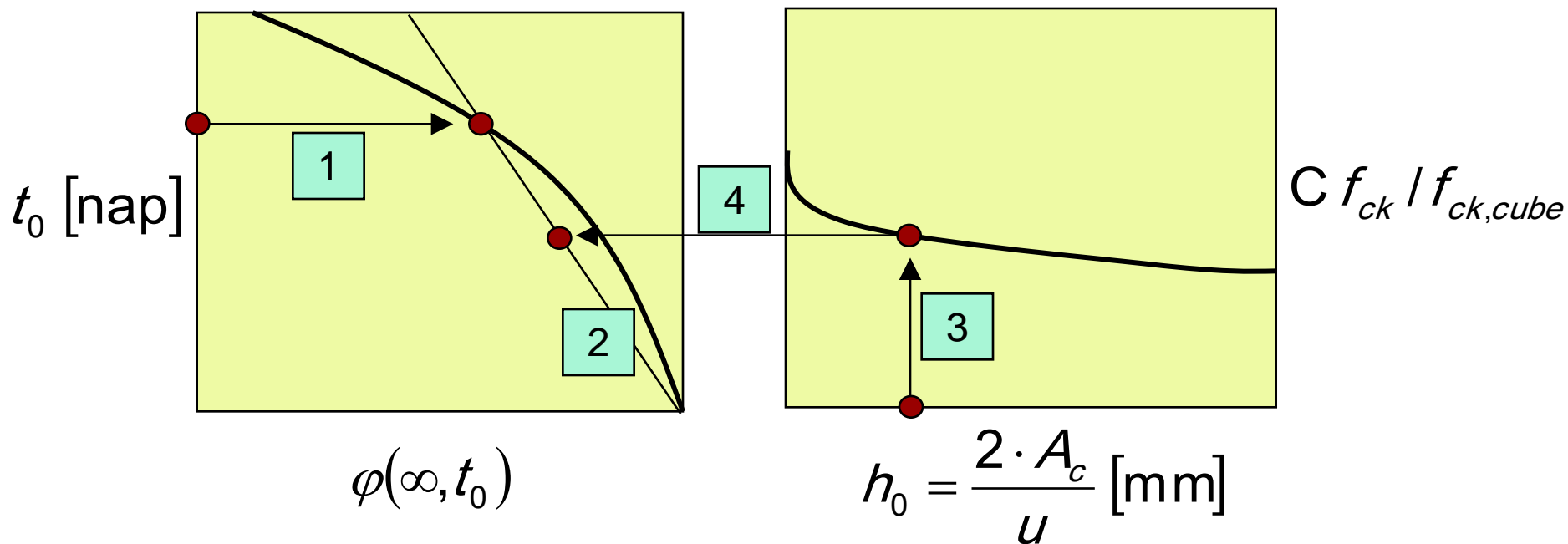
a beton kora a terhelés felvitelekor

$$h_0 = \frac{2 \cdot A_c}{u} \text{ [mm]}$$

helyettesítő méret

# Determination of creep coefficient of concrete

## A beton kúszási tényezőjének meghatározása



$t_0$  [nap]

a beton kora a terhelés felvitelekor

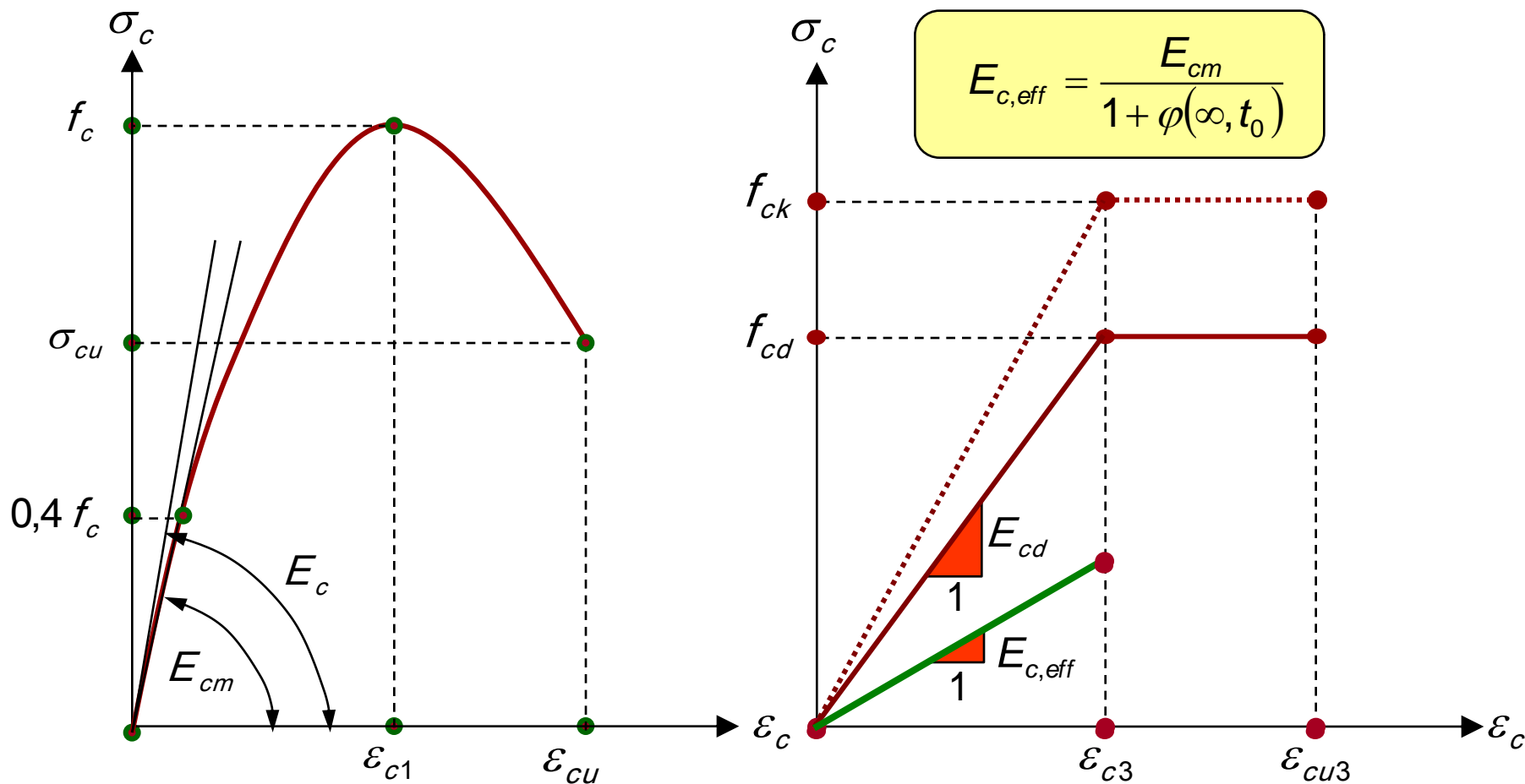
$$h_0 = \frac{2 \cdot A_c}{u} \text{ [mm]}$$

helyettesítő méret



# Effective modulus of concrete

## A beton hatásos alakváltozási tényezője



# Effect of shrinkage

## A zsugorodás hatásának figyelembe vétele

A beton zsugorodási alakváltozásának végértéke két meghatározó részből áll: a **száradási** ( $\varepsilon_{cd}$ ) zsugorodási és az **autogén** ( $\varepsilon_{ca}$ ) zsugorodási alakváltozások végértékeiből.

$$\varepsilon_{cs} = \varepsilon_{cd,\infty} + \varepsilon_{ca,\infty}$$

# Effect of shrinkage

## A zsugorodás hatásának figyelembe vétele

A beton zsugorodási alakváltozásának végértéke két meghatározó részből áll: a **száradási** ( $\varepsilon_{cd}$ ) zsugorodási és az **autogén** ( $\varepsilon_{ca}$ ) zsugorodási alakváltozások végértékeiből.

$$\varepsilon_{cs} = \varepsilon_{cd,\infty} + \varepsilon_{ca,\infty}$$

$$\varepsilon_{ca,\infty} = 2,5 \cdot (f_{ck} - 10) \cdot 10^{-6}$$

**A beton autogen zsugorodási alakváltozásának végértéke**

# Effect of shrinkage

## A zsugorodás hatásának figyelembe vétele

A beton zsugorodási alakváltozásának végértéke két meghatározó részből áll: a **száradási** ( $\varepsilon_{cd}$ ) zsugorodási és az **autogén** ( $\varepsilon_{ca}$ ) zsugorodási alakváltozások végértékeiből.

$$\varepsilon_{cs} = \varepsilon_{cd,\infty} + \varepsilon_{ca,\infty}$$

$$\varepsilon_{cd,\infty} = k_h \cdot \varepsilon_{cd,0}$$

$$\varepsilon_{ca,\infty} = 2,5 \cdot (f_{ck} - 10) \cdot 10^{-6}$$

**A beton száradási  
zsugorodási  
alakváltozásának végértéke**

**A beton autogén zsugorodási  
alakváltozásának végértéke**



# Final value of drying shrinkage

## A száradási zsugorodás végértéke

A beton száradási zsugorodási alakváltozásának végértéke meghatározható az alábbi összefüggéssel:

$$\varepsilon_{cd,\infty} = k_h \cdot \varepsilon_{cd,0}$$

$h_0$	$k_h$
100	1,00
200	0,85
300	0,75
$\geq 500$	0,70

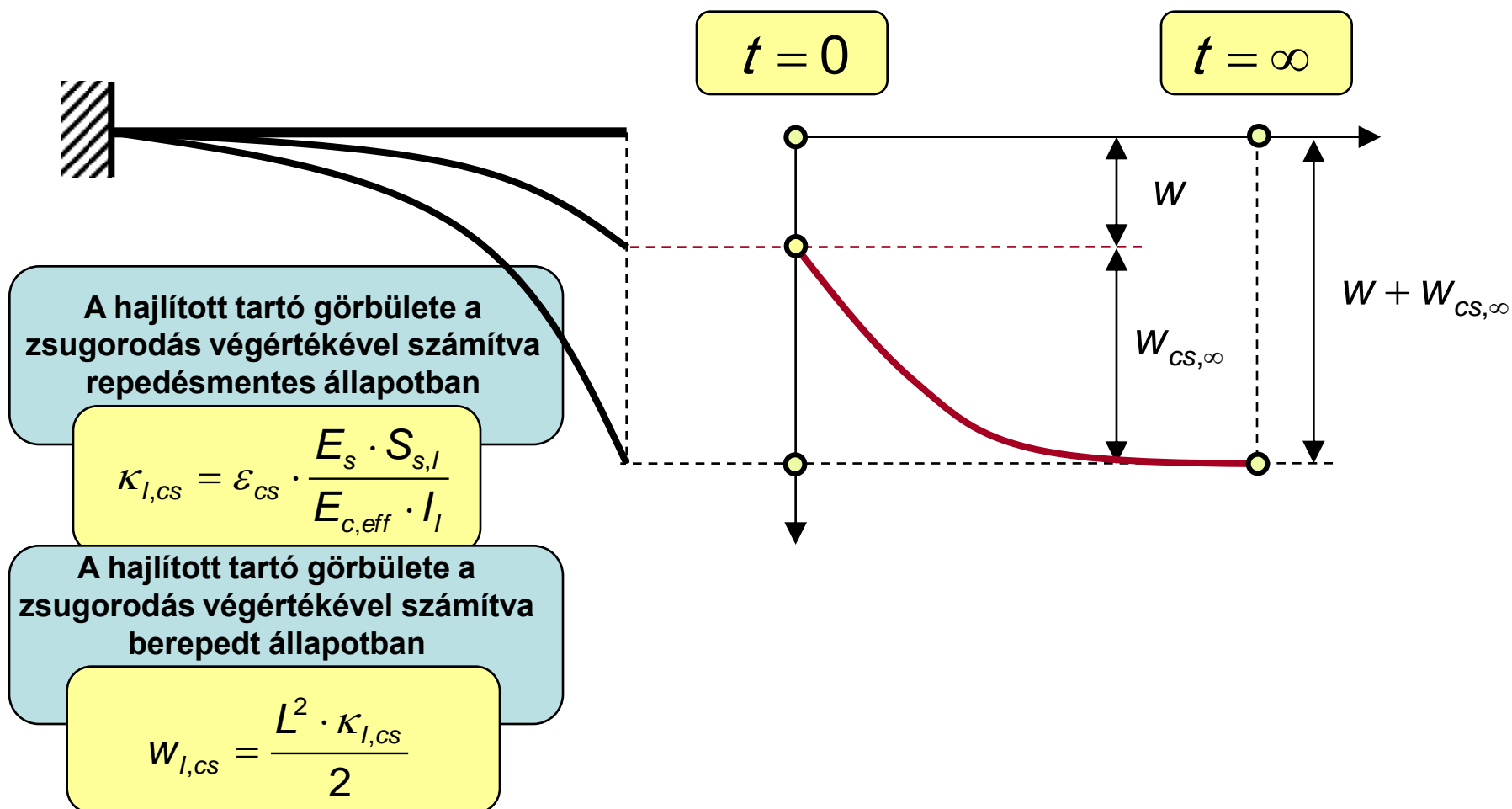
$f_{ck}/f_{ck \text{ cube}}$	$\varepsilon_{cd,0}$ [%] (CEM Class N)					
	Relatív páratartalom [%]					
	20	40	60	80	90	100
C20/25	0,62	0,58	0,49	0,30	0,17	0,00
C40/50	0,48	0,46	0,38	0,24	0,13	0,00
C60/75	0,38	0,36	0,30	0,19	0,10	0,00
C80/95	0,30	0,28	0,24	0,15	0,08	0,00
C90/105	0,27	0,25	0,21	0,13	0,07	0,00

$$h_0 = \frac{2 \cdot A_c}{u} \text{ [mm]}$$

a keresztmetszet helyettesítő mérete

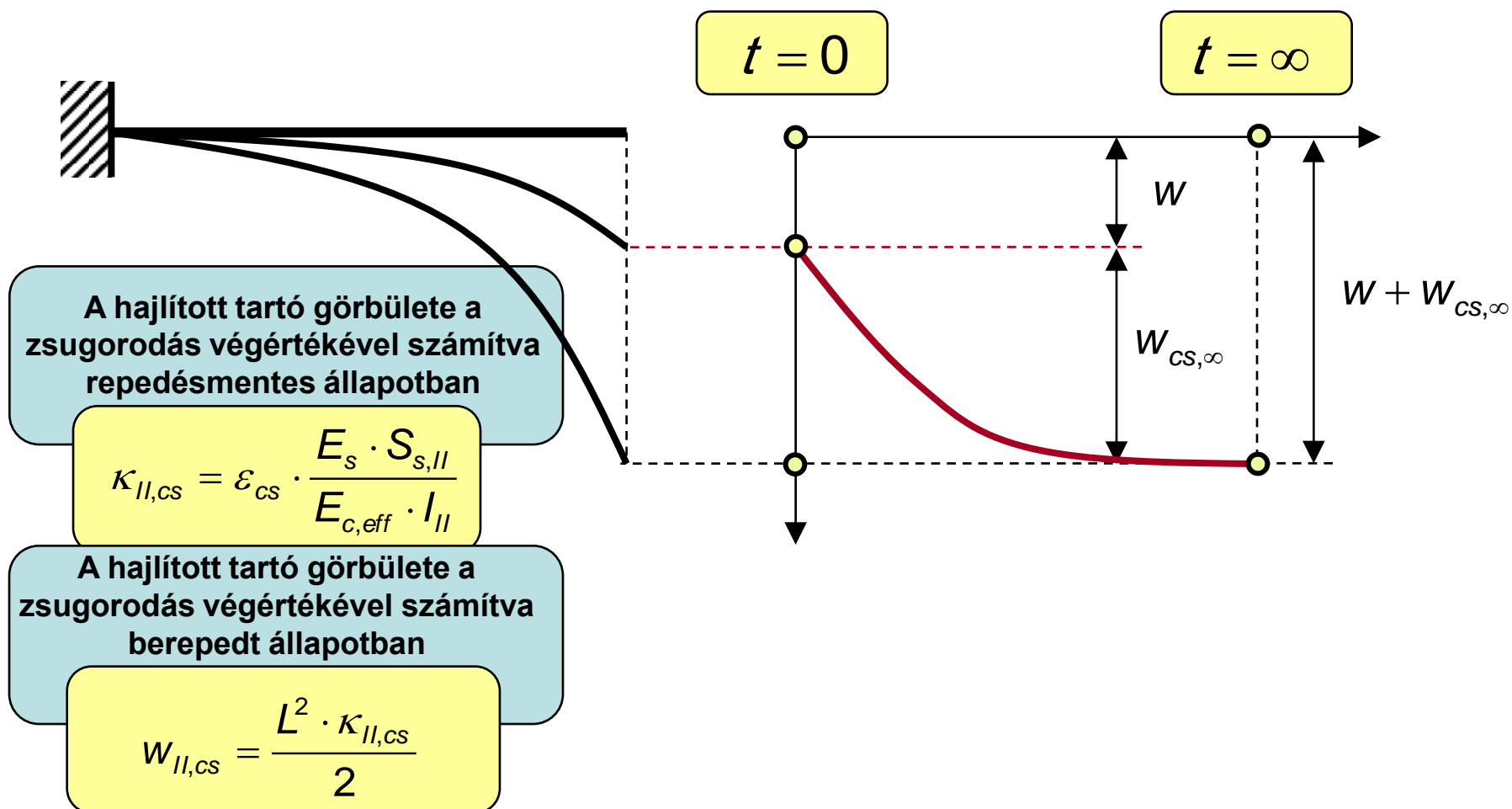
# Effect of creep on the deflection of beam in bending

## A zsugorodás hatására bekövetkező lehajlás



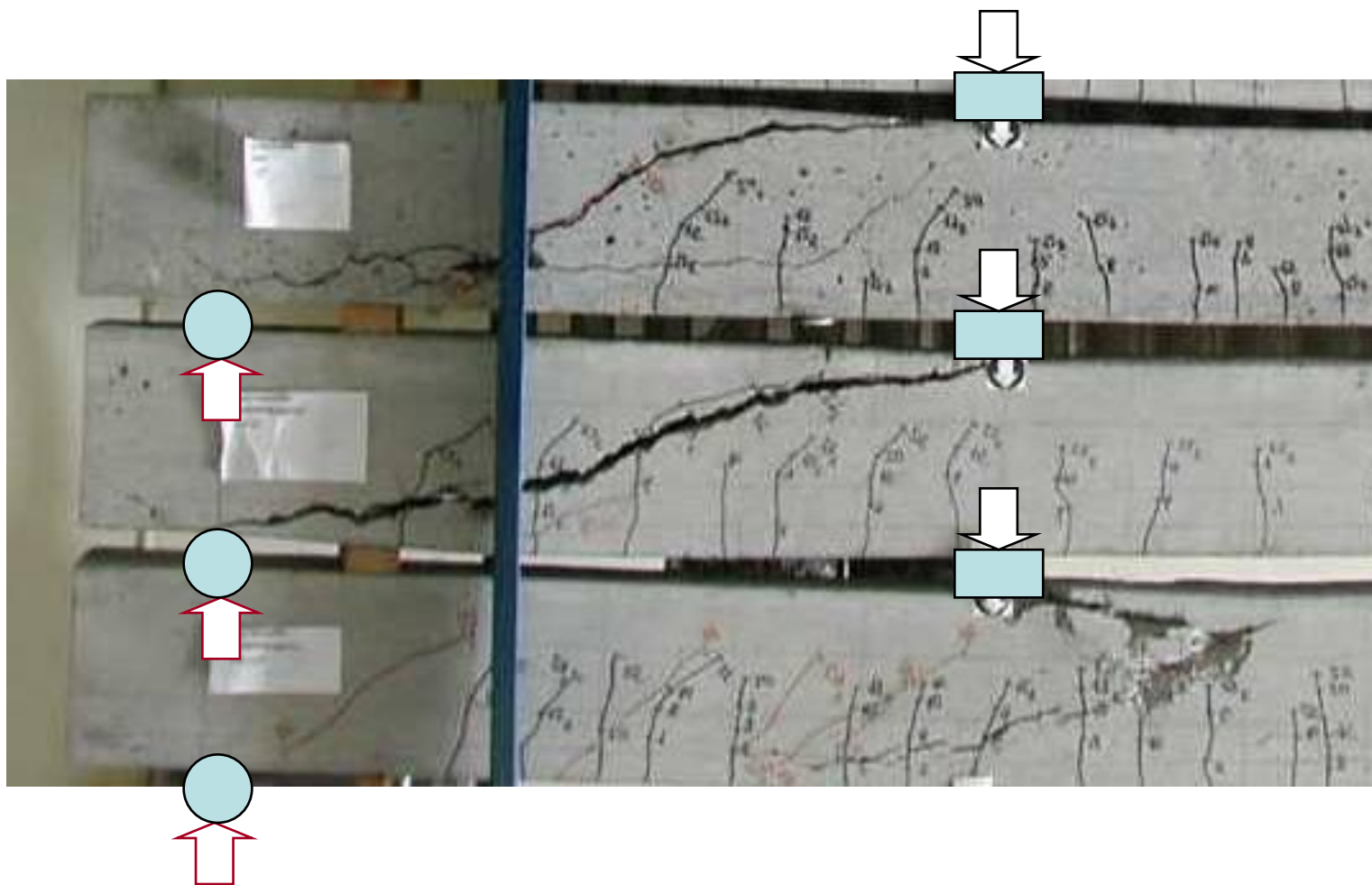
# Effect of creep on the deflection of beam in bending

## A zsugorodás hatására bekövetkező lehajlás



# Effect of cracking behaviour

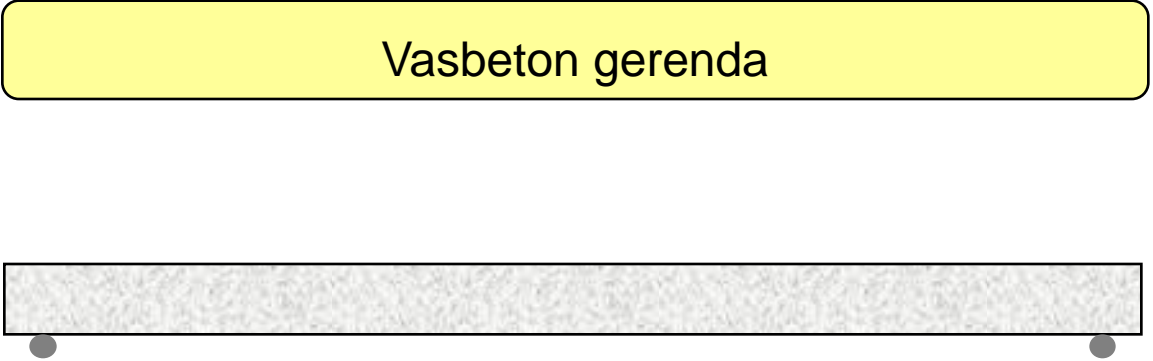
## A repedezettség hatásának figyelembe vétele



# Effect of cracking behaviour

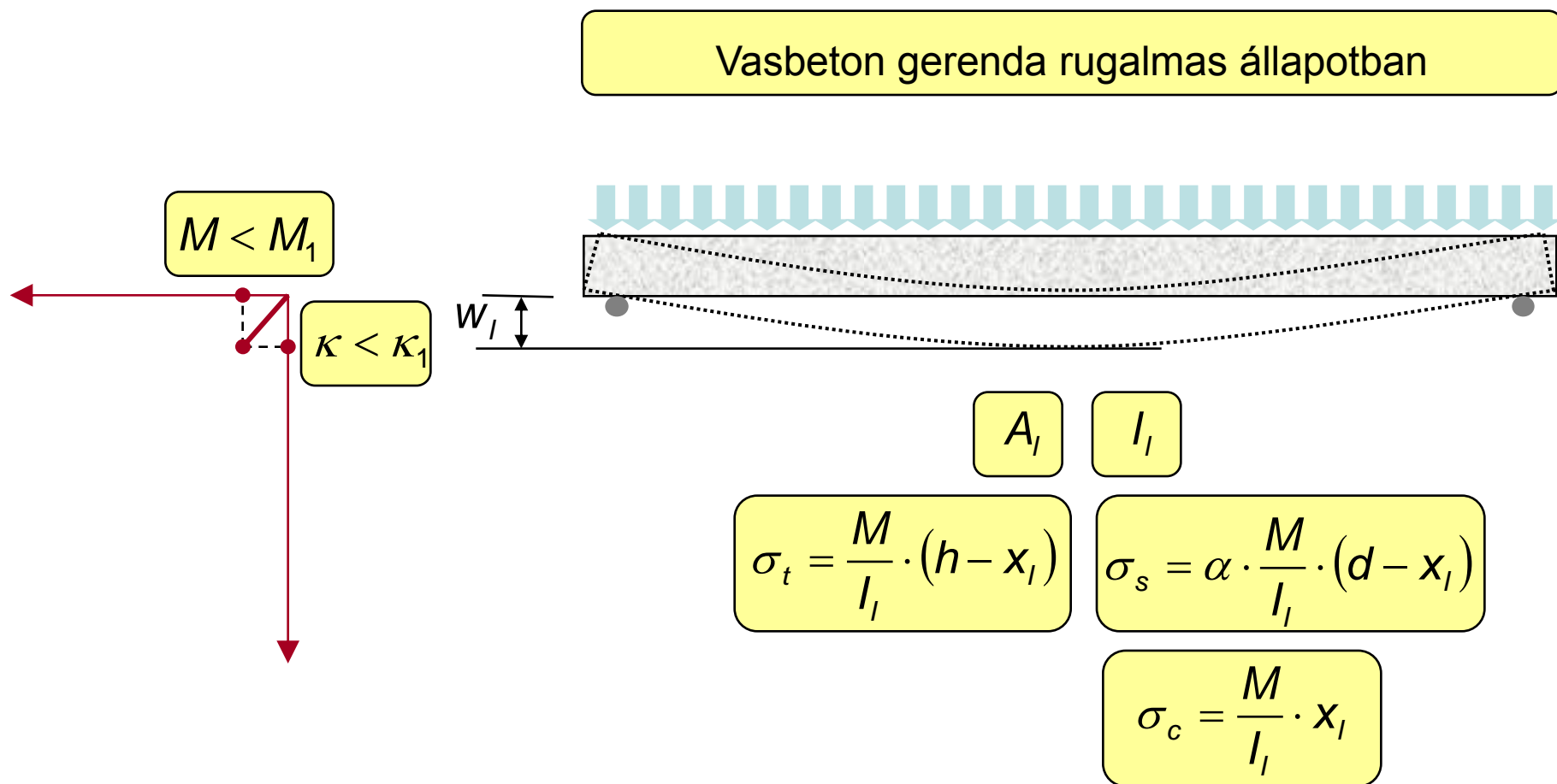
## A repedezettség hatásának figyelembe vétele

Vasbeton gerenda



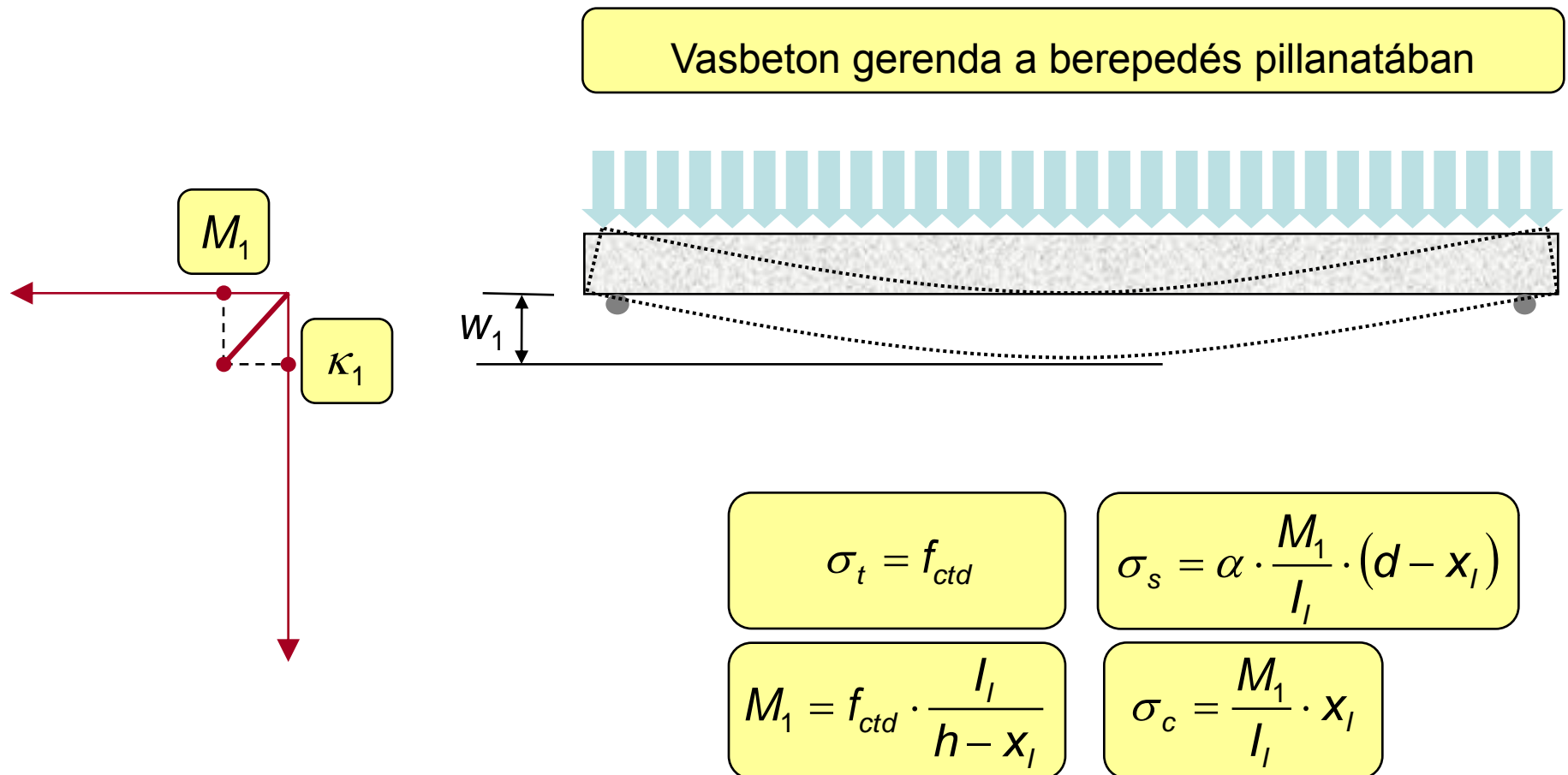
# Effect of cracking behaviour

## A repedezettség hatásának figyelembe vétele



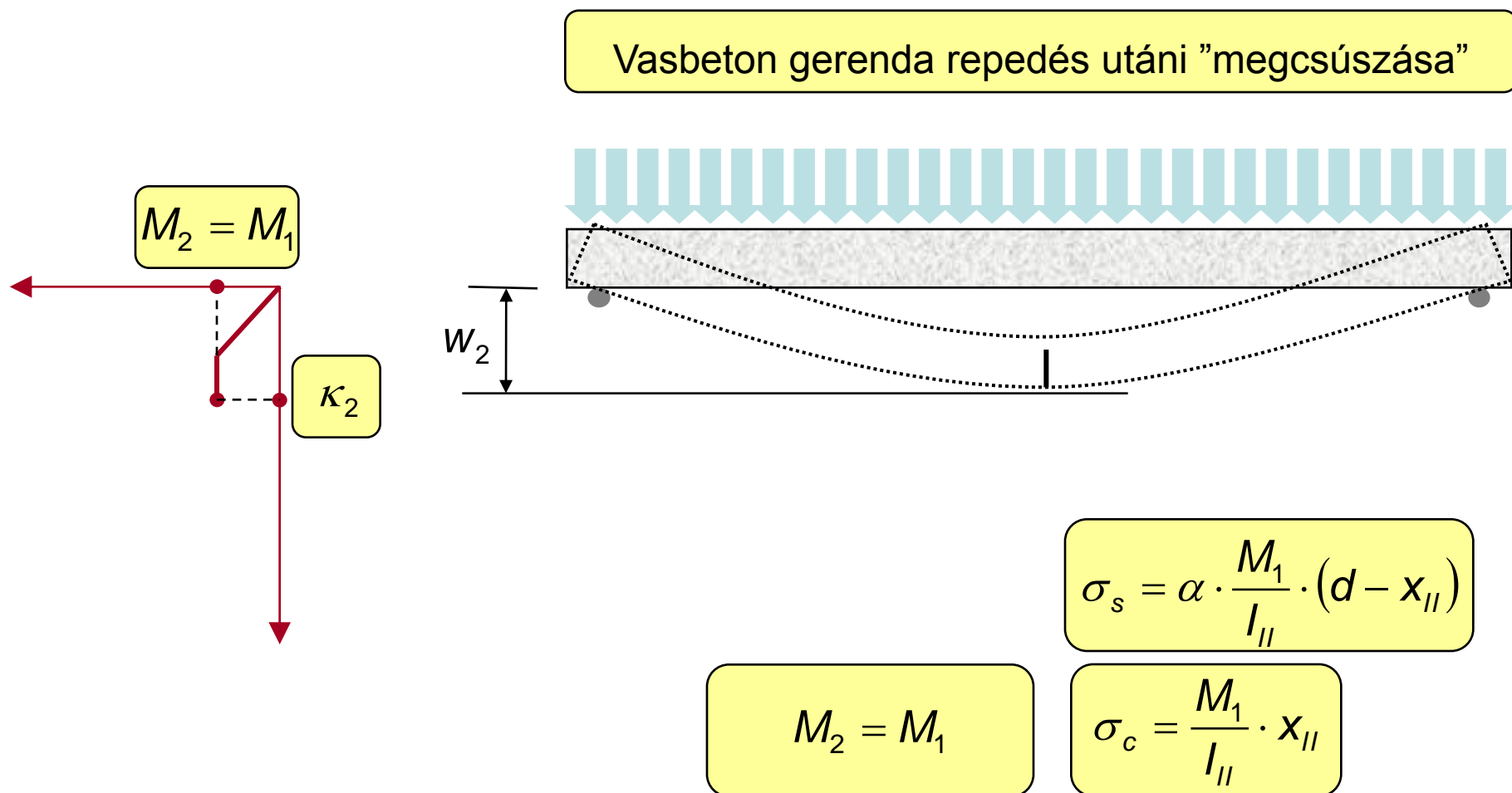
# Effect of cracking behaviour

## A repedezettség hatásának figyelembe vétele



# Effect of cracking behaviour

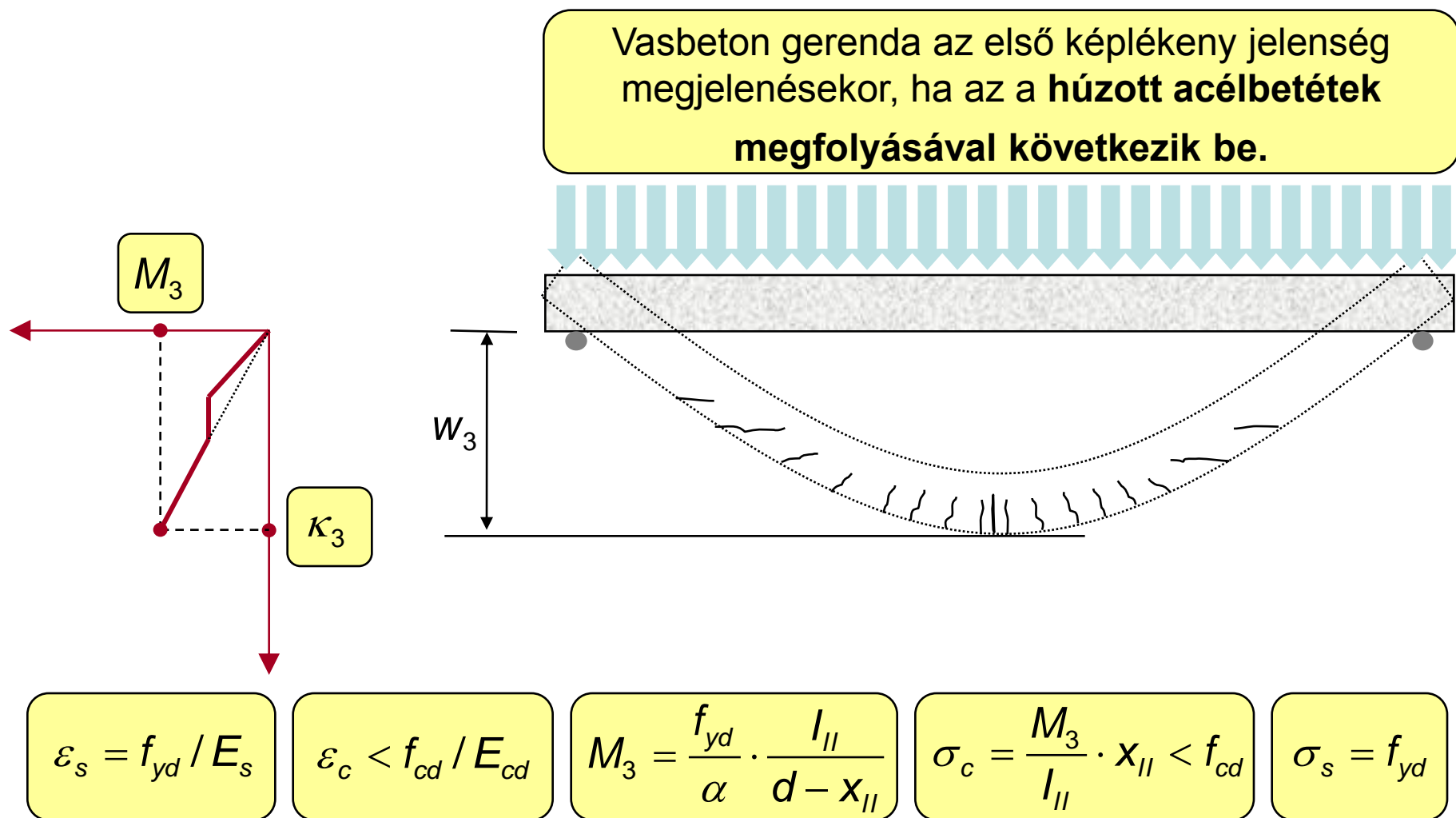
## A repedezettség hatásának figyelembe vétele





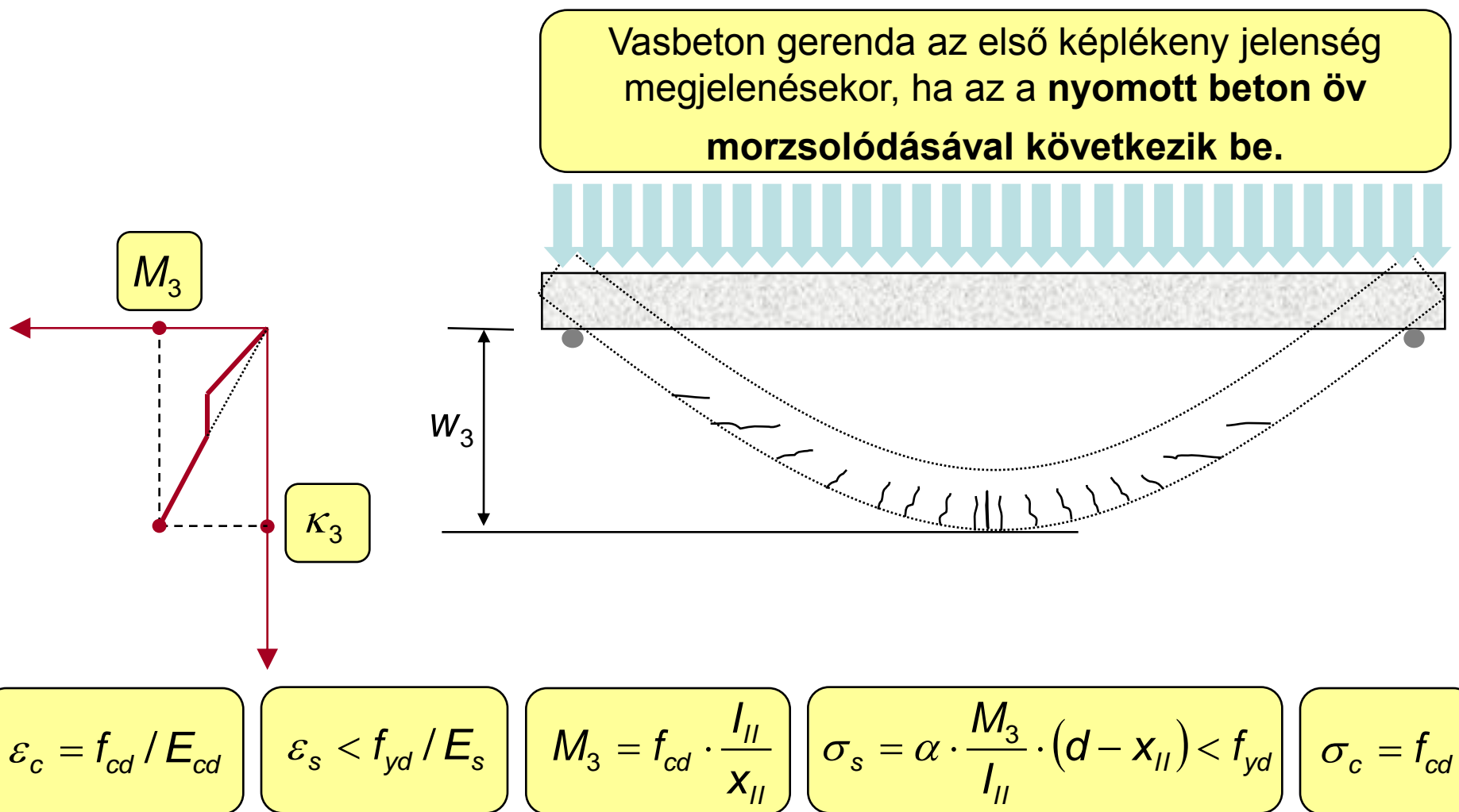
# Effect of cracking behaviour

## A repedezettség hatásának figyelembe vétele



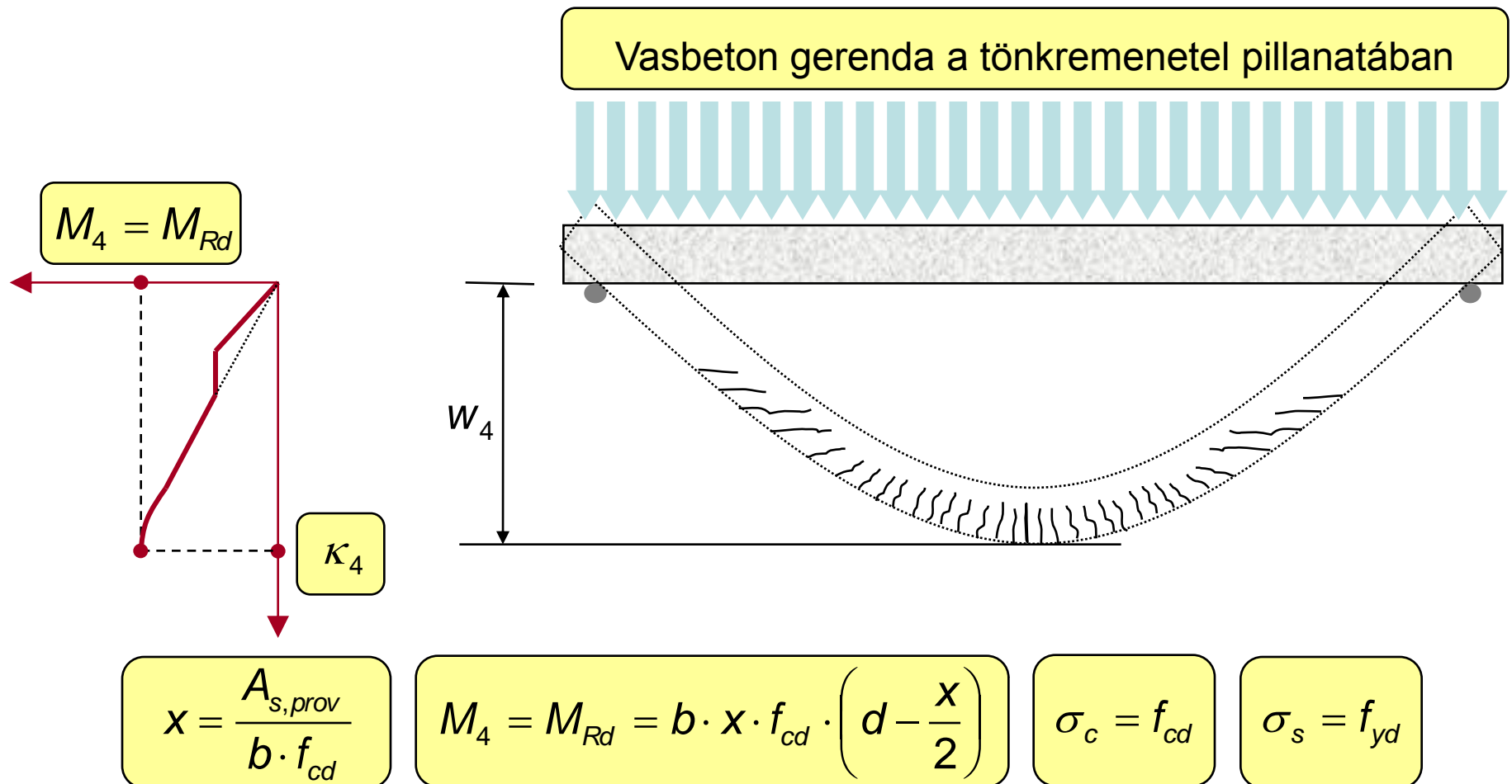
# Effect of cracking behaviour

## A repedezettség hatásának figyelembe vétele



# Effect of cracking behaviour

## A repedezettség hatásának figyelembe vétele



# Calculation of RC beam deflection

## Vasbeton gerenda lehajlásának pontos számítása

Vasbeton gerenda görbülete a **hatások kvázi-állandó kombinációja** alapján számítva, ha a gerenda **repedésmentes állapotban** van

$$\kappa_{I,M(p_{qp})} = \frac{M(p_{qp})}{E_{c,eff} \cdot I_I} \quad \kappa_{I,cs} = \varepsilon_{cs} \cdot \frac{E_s \cdot S_{s,I}}{E_{c,eff} \cdot I_I}$$

$$\kappa_I = \frac{M(p_{qp})}{E_{c,eff} \cdot I_I} + \varepsilon_{cs} \cdot \frac{E_s \cdot S_{s,I}}{E_{c,eff} \cdot I_I}$$

# Calculation of RC beam deflection

## Vasbeton gerenda lehajlásának pontos számítása

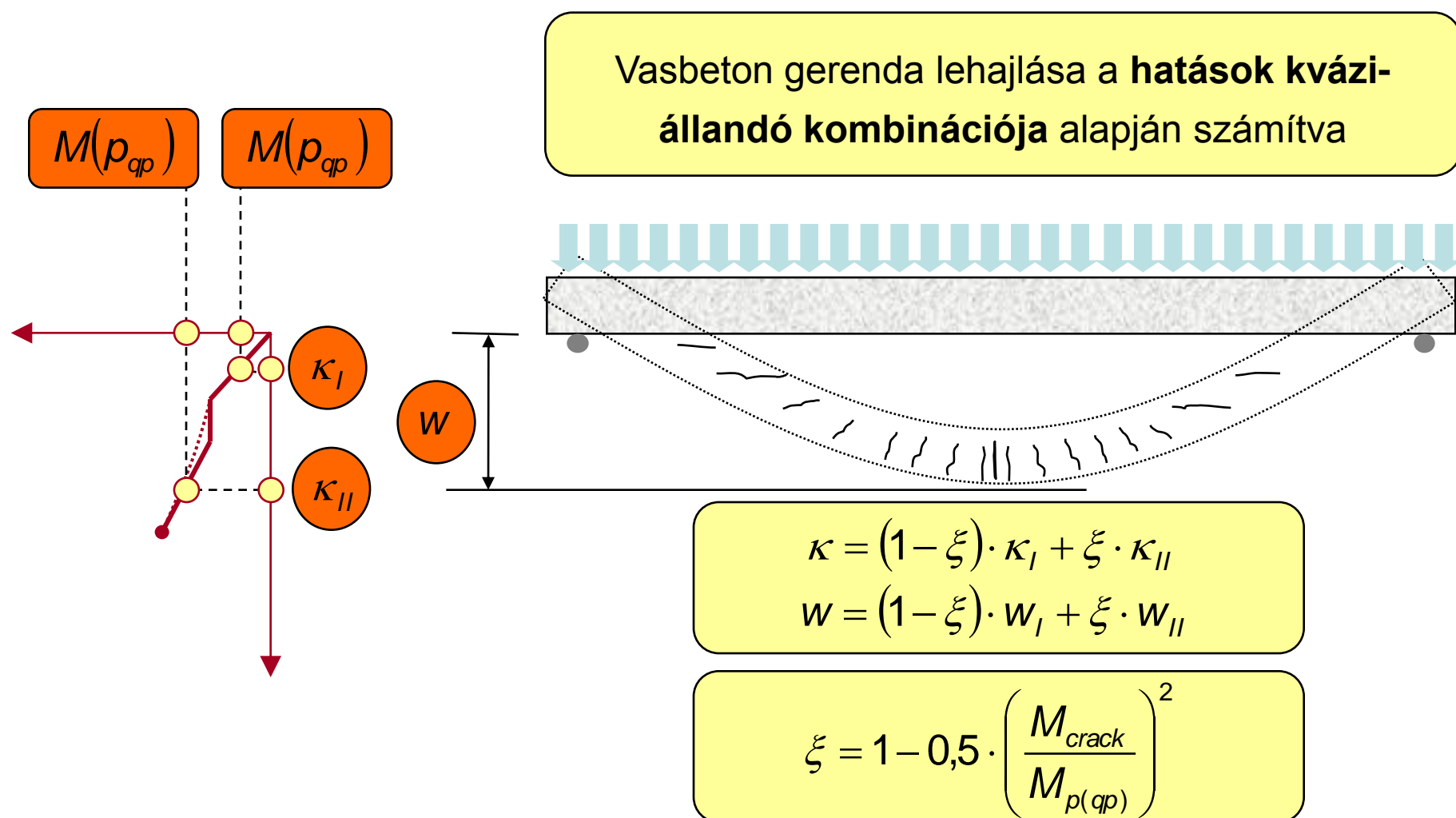
Vasbeton gerenda görbülete a **hatások kvázi-állandó kombinációja** alapján számítva, ha a gerenda **berepedt állapotban** van

$$\kappa_{II, M(p_{qp})} = \frac{M(p_{qp})}{E_{c,eff} \cdot I_{II}} \quad \kappa_{II,cs} = \varepsilon_{cs} \cdot \frac{E_s \cdot S_{s,II}}{E_{c,eff} \cdot I_{II}}$$

$$\kappa_{II} = \frac{M(p_{qp})}{E_{c,eff} \cdot I_{II}} + \varepsilon_{cs} \cdot \frac{E_s \cdot S_{s,II}}{E_{c,eff} \cdot I_{II}}$$

# Calculation of RC beam deflection

## Vasbeton gerenda lehajlásának pontos számítása



# Deflection values on different structures

## Lehajlás értékek különböző tartókon

**Kéttámaszú, egyenletesen megoszló teherrel terhelt tartó:**

$$W_I = \frac{5}{384} \cdot \frac{p_{qp} \cdot L^4}{E_{c,eff} \cdot I_I} + \frac{1}{8} \cdot L^2 \cdot K_{I,cs}$$

$$W_{II} = \frac{5}{384} \cdot \frac{p_{qp} \cdot L^4}{E_{c,eff} \cdot I_{II}} + \frac{1}{8} \cdot L^2 \cdot K_{II,cs}$$

**Konzol, egyenletesen megoszló teherrel terhelve**

$$W_I = \frac{1}{8} \cdot \frac{p_{qp} \cdot L^4}{E_{c,eff} \cdot I_I} + \frac{1}{2} \cdot L^2 \cdot K_{I,cs}$$

$$W_{II} = \frac{1}{8} \cdot \frac{p_{qp} \cdot L^4}{E_{c,eff} \cdot I_{II}} + \frac{1}{2} \cdot L^2 \cdot K_{II,cs}$$

**Mindkét végén befogott, egyenletesen megoszló teherrel terhelt tartó:**

$$W_I = \frac{1}{384} \cdot \frac{p_{qp} \cdot L^4}{E_{c,eff} \cdot I_I} + \frac{1}{16} \cdot L^2 \cdot K_{I,cs}$$

$$W_{II} = \frac{1}{384} \cdot \frac{p_{qp} \cdot L^4}{E_{c,eff} \cdot I_{II}} + \frac{1}{16} \cdot L^2 \cdot K_{II,cs}$$

**Egyik végén befogott másik végén csuklós, egyenletesen megoszló teherrel terhelt tartó:**

$$W_I = \frac{5}{384} \cdot \frac{p_{qp} \cdot L^4}{E_{c,eff} \cdot I_I} + \frac{1}{8} \cdot L^2 \cdot K_{I,cs}$$

$$W_{II} = \frac{5}{384} \cdot \frac{p_{qp} \cdot L^4}{E_{c,eff} \cdot I_{II}} + \frac{1}{8} \cdot L^2 \cdot K_{II,cs}$$

# Checking the crack width in serviceability limit state

## A repedéstágasság ellenőrzése használati határállapotban

Limitation of crack width

**A keresztmetszetben a kvázi-állandó vagy a gyakori hatáskombinációk alapján számított repedéstágasság értéke nem haladhatja meg a maximális repedéstágasság értékét:**

$$W_{\max} \geq W_k$$



# Recommended maximum crack width values, $w_{\max}$

## A repedéstágasság javasolt maximális értékei, $w_{\max}$

Kitéti (környezeti) osztály	Vasbeton és csúszókábeles feszített szerkezetek	Tapadóbetétes feszített szerkezetek
	Kvázi-állandó hatáskombináció esetén	Gyakori hatáskombináció esetén
X0, XC1	0,4 mm	0,2 mm
XC2, XC3, XC4	0,3 mm	0,2 mm
XD1, XD2, XS1, XS2, XS3		Dekompresszió

# Calculation of crack width

## A repedéstágasság számítása

$$w_k = s_{r,\max} (\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm})$$

$w_k$  repedéstágasság

$s_{r,\max}$  maximális repedéstávolság

$\varepsilon_{sm}$  a húzott betonacélban a használhatósági határállapot hatáskombinációi (jellemzően a kvázi-állandó) alapján számítható átlagos acélfeszültség, a beton lassú alakváltozásainak és a húzott öv merevítő hatásának figyelembe vételével

$\varepsilon_{cm}$  a betonban közvetlenül a berepedés előtt számítható átlagos húzófeszültség

# Calculation of crack width

## A repedéstágasság számítása

$$W_k = s_{r,max} (\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm})$$

$$\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm} = \frac{\sigma_s - k_t \cdot \frac{f_{ct,eff}}{\rho_{p,eff}} \cdot (1 + \alpha_e \cdot \rho_{p,eff})}{E_s} \geq 0,6 \cdot \frac{\sigma_s}{E_s}$$

$$s_{r,max} = \left\{ \begin{array}{ll} k_3 \cdot C_{nom} + \frac{k_1 \cdot k_2 \cdot k_4 \cdot \emptyset}{\rho_{p,eff}} & \text{ha } s_{\emptyset} \leq 5 \cdot \left( C_{nom} + \frac{\emptyset}{2} \right) \\ 1,3 \cdot (h - x) & \text{ha } s_{\emptyset} > 5 \cdot \left( C_{nom} + \frac{\emptyset}{2} \right) \end{array} \right\}$$

# Calculation of crack width

## A repedéstágasság számítása

$$W_k = s_{r,max} (\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm})$$

$$\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm} = \frac{\sigma_s - k_t \cdot \frac{f_{ct,eff}}{\rho_{p,eff}} \cdot (1 + \alpha_e \cdot \rho_{p,eff})}{E_s} \geq 0,6 \cdot \frac{\sigma_s}{E_s}$$

$$s_{r,max} = \left\{ \begin{array}{ll} k_3 \cdot C_{nom} + \frac{k_1 \cdot k_2 \cdot k_4 \cdot \emptyset}{\rho_{p,eff}} & \text{ha } s_{\emptyset} \leq 5 \cdot \left( C_{nom} + \frac{\emptyset}{2} \right) \\ 1,3 \cdot (h - x) & \text{ha } s_{\emptyset} > 5 \cdot \left( C_{nom} + \frac{\emptyset}{2} \right) \end{array} \right\}$$

# Calculation of crack width

## A repedéstágasság számítása

$$\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm} = \frac{\sigma_s - k_t \cdot \frac{f_{ct,eff}}{\rho_{p,eff}} \cdot (1 + \alpha_e \cdot \rho_{p,eff})}{E_s} \geq 0,6 \cdot \frac{\sigma_s}{E_s}$$

$$\sigma_s = \alpha_e \cdot \frac{M(p_{qp})}{I_{II}} \cdot (d - x_{li}) \quad \alpha_e = \frac{E_s}{E_{cm}} \quad \alpha_e = \frac{E_s}{E_{c,eff}}$$

MSZ ENV 1992-1-1:2005

Ezzel számolva figyelembe vesszük a kúszás hatását is!!!

# Calculation of crack width

## A repedéstágasság számítása

$$\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm} = \frac{\sigma_s - k_t \cdot \frac{f_{ct,eff}}{\rho_{p,eff}} \cdot (1 + \alpha_e \cdot \rho_{p,eff})}{E_s} \geq 0,6 \cdot \frac{\sigma_s}{E_s}$$

$$\sigma_s = \alpha_e \cdot \frac{M(p_{qp})}{I_{II}} \cdot (d - x_{li}) \quad \alpha_e = \frac{E_s}{E_{cm}} \quad \alpha_e = \frac{E_s}{E_{c,eff}}$$

# Calculation of crack width

## A repedéstágasság számítása

$$\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm} = \frac{\sigma_s \cdot k_t \cdot \frac{f_{ct,eff}}{\rho_{p,eff}} \cdot (1 + \alpha_e \cdot \rho_{p,eff})}{E_s} \geq 0,6 \cdot \frac{\sigma_s}{E_s}$$

$k_t = 0,6$  rövid idejű terhelés esetén (short term loading)

$k_t = 0,4$  időbeli terhelés esetén (long term loading)

# Calculation of crack width

## A repedéstágasság számítása

$$\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm} = \frac{\sigma_s - k_t \cdot \frac{f_{ct,eff}}{\rho_{p,eff}} \cdot (1 + \alpha_e \cdot \rho_{p,eff})}{E_s} \geq 0,6 \cdot \frac{\sigma_s}{E_s}$$

$$f_{ct,eff} = f_{ctm} \quad , \quad f_{ct,eff} = f_{ctm}(t)$$



# Calculation of crack width

## A repedéstágasság számítása

$$\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm} = \frac{\sigma_s - k_t \cdot \frac{f_{ct,eff}}{\rho_{p,eff}} \cdot (1 + \alpha_e \cdot \rho_{p,eff})}{E_s} \geq 0,6 \cdot \frac{\sigma_s}{E_s}$$

$$\rho_{p,eff} = \frac{A_s + \xi_1^2 \cdot A_p'}{A_{c,eff}}$$

# Calculation of crack width

## A repedéstágasság számítása

$$\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm} = \frac{\sigma_s - k_t \cdot \frac{f_{ct,eff}}{\rho_{p,eff}} \cdot (1 + \alpha_e \cdot \rho_{p,eff})}{E_s} \geq 0,6 \cdot \frac{\sigma_s}{E_s}$$

$$\rho_{p,eff} = \frac{A_s + \xi_1^2 \cdot A_p'}{A_{c,eff}}$$

$A_s$  húzott acélbetétek keresztmetszeti területe

$A_p'$  feszítőbetétek keresztmetszeti területe

$A_{c,eff}$

központos húzás esetén a betonkeresztmetszet hajlítás esetén az alábbi ábrákon összefoglalt terület

# Calculation of crack width

## A repedéstágasság számítása

$$\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm} = \frac{\sigma_s - k_t \cdot \frac{f_{ct,eff}}{\rho_{p,eff}} \cdot (1 + \alpha_e \cdot \rho_{p,eff})}{E_s} \geq 0,6 \cdot \frac{\sigma_s}{E_s}$$

$$\rho_{p,eff} = \frac{A_s + \xi_1^2 \cdot A_p'}{A_{c,eff}}$$

$A_s$  húzott acélbetétek  
keresztmetszeti területe

$A_p'$  feszítőbetétek  
keresztmetszeti területe

$A_{c,eff}$  központos húzás esetén a  
betonkeresztmetszet  
hajlítás esetén az alábbi  
ábrákon összefoglalt terület

# Calculation of crack width

## A repedéstágasság számítása

$$\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm} = \frac{\sigma_s - k_t \cdot \frac{f_{ct,eff}}{\rho_{p,eff}} \cdot (1 + \alpha_e \cdot \rho_{p,eff})}{E_s} \geq 0,6 \cdot \frac{\sigma_s}{E_s}$$

$$\rho_{p,eff} = \frac{A_s + \xi_1^2 \cdot A_p'}{A_{c,eff}}$$

$A_s$  húzott acélbetétek  
keresztmetszeti területe

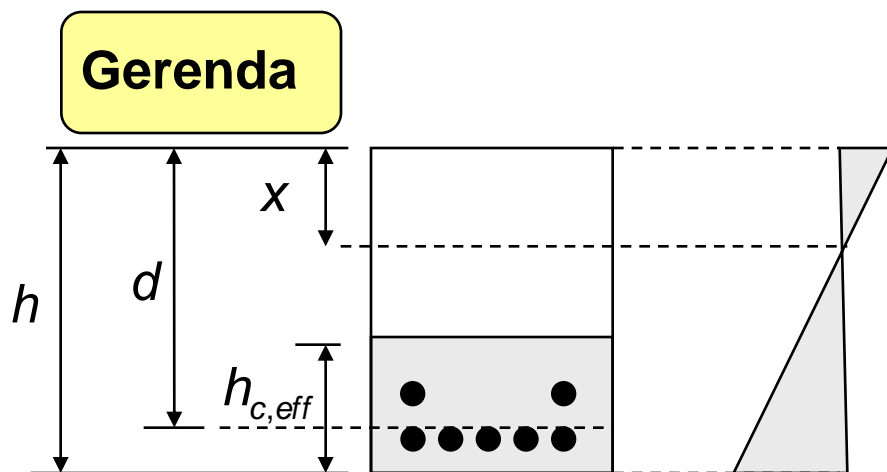
$A_p'$  feszítőbetétek  
keresztmetszeti területe

$A_{c,eff}$

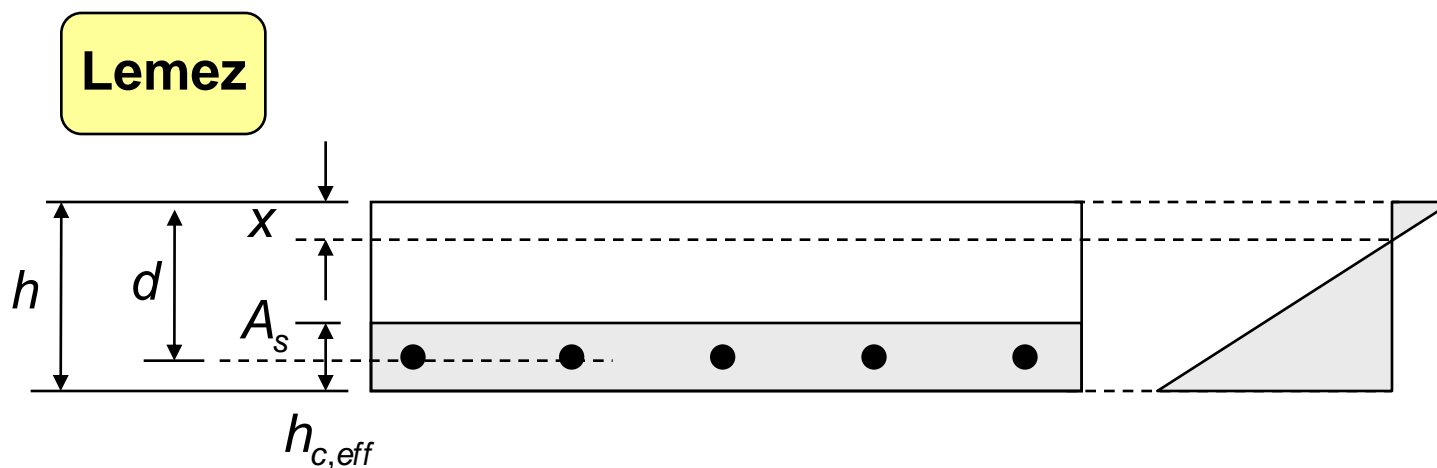
központos húzás esetén a  
betonkeresztmetszet  
hajlítás esetén az alábbi  
ábrákon összefoglalt terület

# Calculation of crack width

## A repedéstágasság számítása



$$h_{c,eff} = \min \left\{ \begin{array}{l} 2,5 \cdot (h - d) \\ \frac{(h - x)}{3} \\ h \\ \frac{h}{2} \end{array} \right\}$$



# Calculation of crack width

## A repedéstágasság számítása

$$s_{r,\max} = \left\{ \begin{array}{ll} k_3 \cdot C_{nom} + \frac{k_1 \cdot k_2 \cdot k_4 \cdot \emptyset}{\rho_{p,eff}} & \text{ha } s_{\emptyset} \leq 5 \cdot \left( C_{nom} + \frac{\emptyset}{2} \right) \\ 1,3 \cdot (h - x) & \text{ha } s_{\emptyset} > 5 \cdot \left( C_{nom} + \frac{\emptyset}{2} \right) \end{array} \right\}$$

# Calculation of crack width

## A repedéstágasság számítása

$$s_{r,\max} = \begin{cases} k_3 \cdot C_{nom} + \frac{k_1 \cdot k_2 \cdot k_4 \cdot \varnothing}{\rho_{p,eff}} & \text{ha } s_{\varnothing} \leq 5 \cdot \left( C_{nom} + \frac{\varnothing}{2} \right) \\ 1,3 \cdot (h - x) & \text{ha } s_{\varnothing} > 5 \cdot \left( C_{nom} + \frac{\varnothing}{2} \right) \end{cases}$$

$$k_1 = \begin{cases} 0,8 & \text{bordás acélbetétek} \\ 1,6 & \text{sima acélbetétek} \end{cases}$$

$$k_2 = \begin{cases} 0,5 & \text{hajlítás esetén} \\ 1,0 & \text{tisza húzás esetén} \end{cases}$$

$$k_3 = 3,4$$

$$k_4 = 0,425$$

# Checking of crack width by simplified methods

## A repedéstágasság vizsgálata közelítő módszerekkel

Maximum bar diameter

**A keresztmetszetben alkalmazott húzott acélbetétek átmérőjének korlátozása:**

$$\varnothing_{\max} \geq \varnothing$$

Maximum bar spacing

**A keresztmetszetben alkalmazott húzott acélbetétek távolságának korlátozása:**

$$s_{\varnothing, \max} \geq s_{\varnothing}$$



# Maximum bar diameter, $\varnothing_{\max}$

## A maximális betonacél átmérő, $\varnothing_{\max}$

$$C_{nom} = 25 \text{ mm}$$

$$f_{ct,eff} = 2,9 \text{ N/mm}^2$$

$$h_{cr} = 0,5$$

$$(h-d) = 0,1 \cdot d$$

$$k_1 = 0,8$$

$$k_2 = 0,5$$

$$k_c = 0,4$$

$$k_t = 0,4$$

$$k = 1,0$$

$$k' = 1,0$$

Acélbetétekben számított feszültség $\sigma_s$ [N/mm <sup>2</sup> ]	Maximális betonacél átmérő $\varnothing_{\max}$ [mm]		
	$w_k = 0,4$ mm	$w_k = 0,3$ mm	$w_k = 0,2$ mm
160	40	32	25
200	32	25	16
240	20	16	12
280	16	12	8
320	12	10	6
360	10	8	5
400	8	6	4
450	6	5	-

# Maximum bar spacing, $s_{\emptyset, \max}$

## A betonacélok maximális távolsága, $s_{\emptyset, \max}$

$$C_{nom} = 25 \text{ mm}$$

$$f_{ct,eff} = 2,9 \text{ N/mm}^2$$

$$h_{cr} = 0,5$$

$$(h-d) = 0,1 \cdot d$$

$$k_1 = 0,8$$

$$k_2 = 0,5$$

$$k_c = 0,4$$

$$k_t = 0,4$$

$$k = 1,0$$

$$k' = 1,0$$

Acélbetétekben számított feszültség $\sigma_s$ [N/mm <sup>2</sup> ]	A betonacélok maximális távolsága $s_{\emptyset, \max}$ [mm]		
	$w_k = 0,4$ mm	$w_k = 0,3$ mm	$w_k = 0,2$ mm
160	300	300	200
200	300	250	150
240	250	200	100
280	200	150	50
320	150	100	-
360	100	50	-

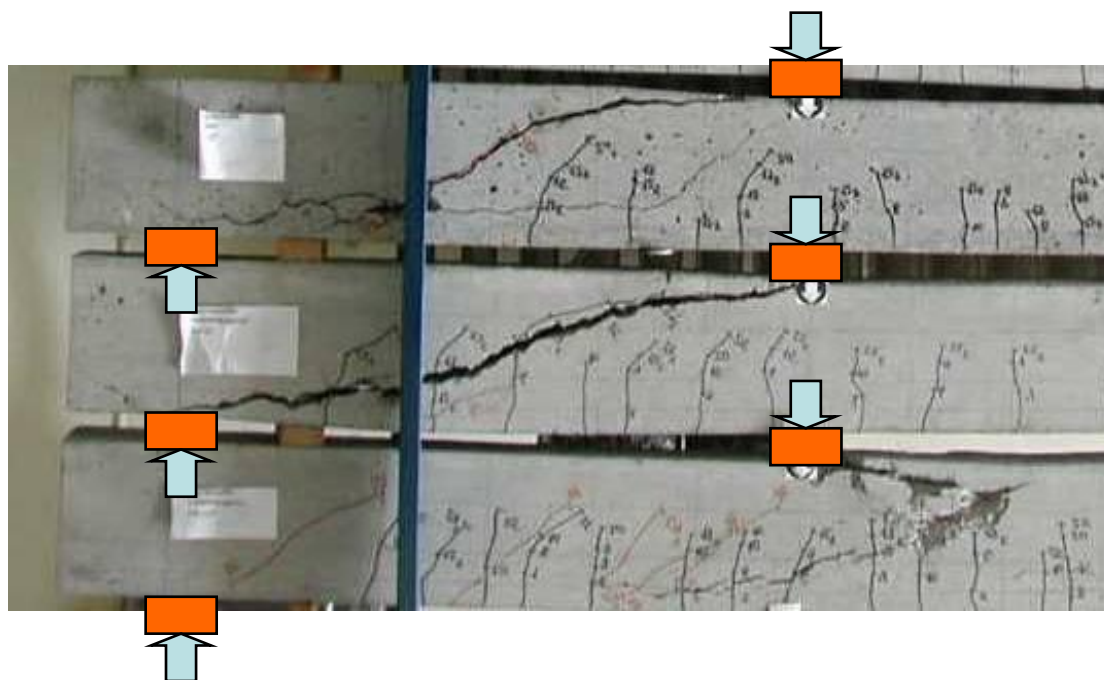
# XI.

## Reinforced Concrete Structures I.

### Vasbetonszerkezetek I.

- Teherbírési és használhatósági határállapotok -

**Köszönöm a figyelmet!**



**Dr. Kovács Imre PhD**  
tanszékvezető  
főiskolai tanár

**E-mail:**  
[dr.kovacs.imre@gmail.com](mailto:dr.kovacs.imre@gmail.com)

**Mobil:**  
06-30-743-68-65

**Iroda:**  
06-52-415-155 / 77764

**WEB:**

[www.epito.eng.unideb.hu](http://www.epito.eng.unideb.hu)