



INTERREG V-A
SLOVENSKÁ REPUBLIKA
ČESKÁ REPUBLIKA



EURÓPSKA ÚNIA
EURÓPSKY FOND
REGIONÁLNEHO ROZVOJA
SPOLOČNE BEZ HRANÍC

Globálna analýza mostov

Spriahnuté ocel'obetónové mosty - činitele ovplyvňujúce analýzu

NÁZOV PROJEKTU:

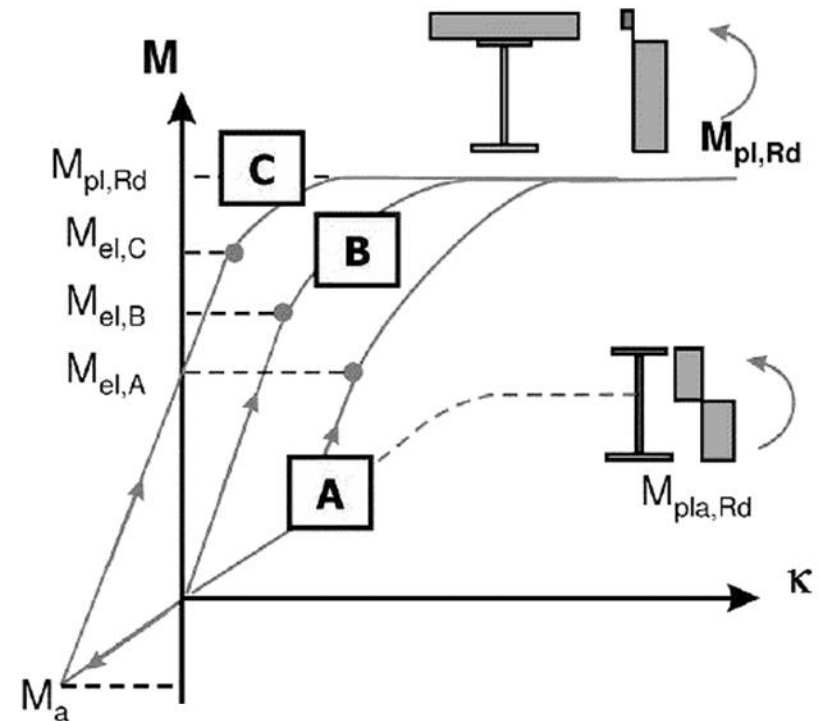
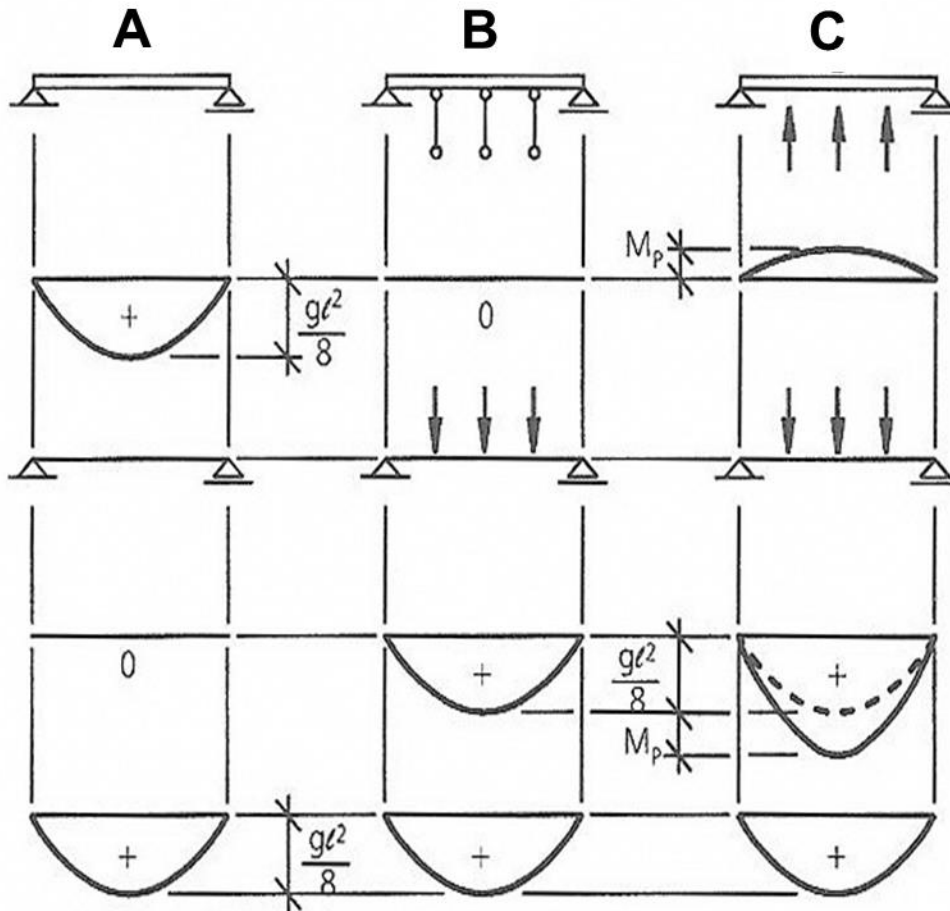
**Podpora edukačných aktivít pre výchovu mladých odborníkov
v oblasti mostného stavitel'stva v cezhraničnom regióne**

**VŠB TECHNICKÁ
UNIVERZITA
OSTRAVA**



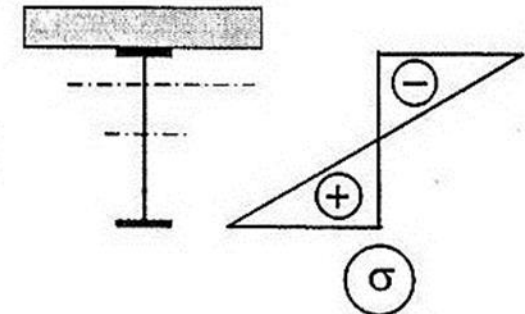
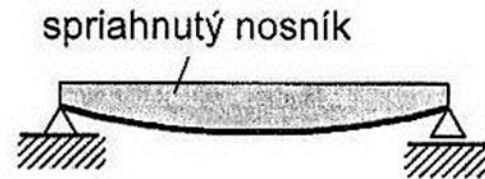
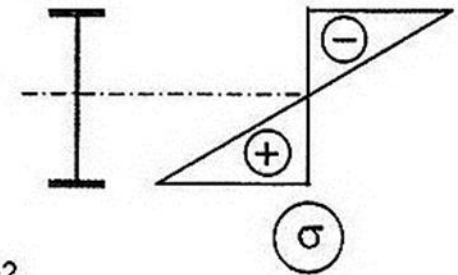
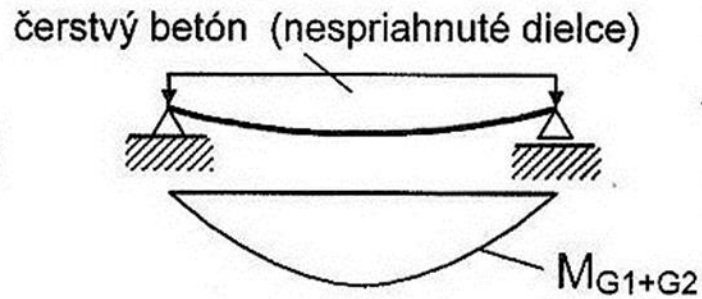
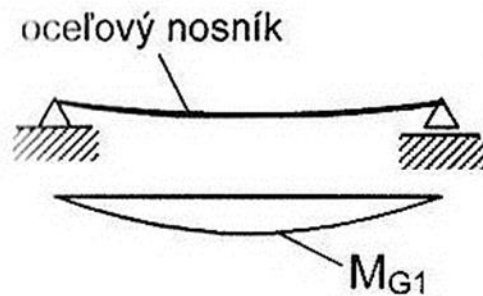
EDUMOS

Spriahnuté oceľobetónové mosty - globálna analýza – vplyv postupov výstavby



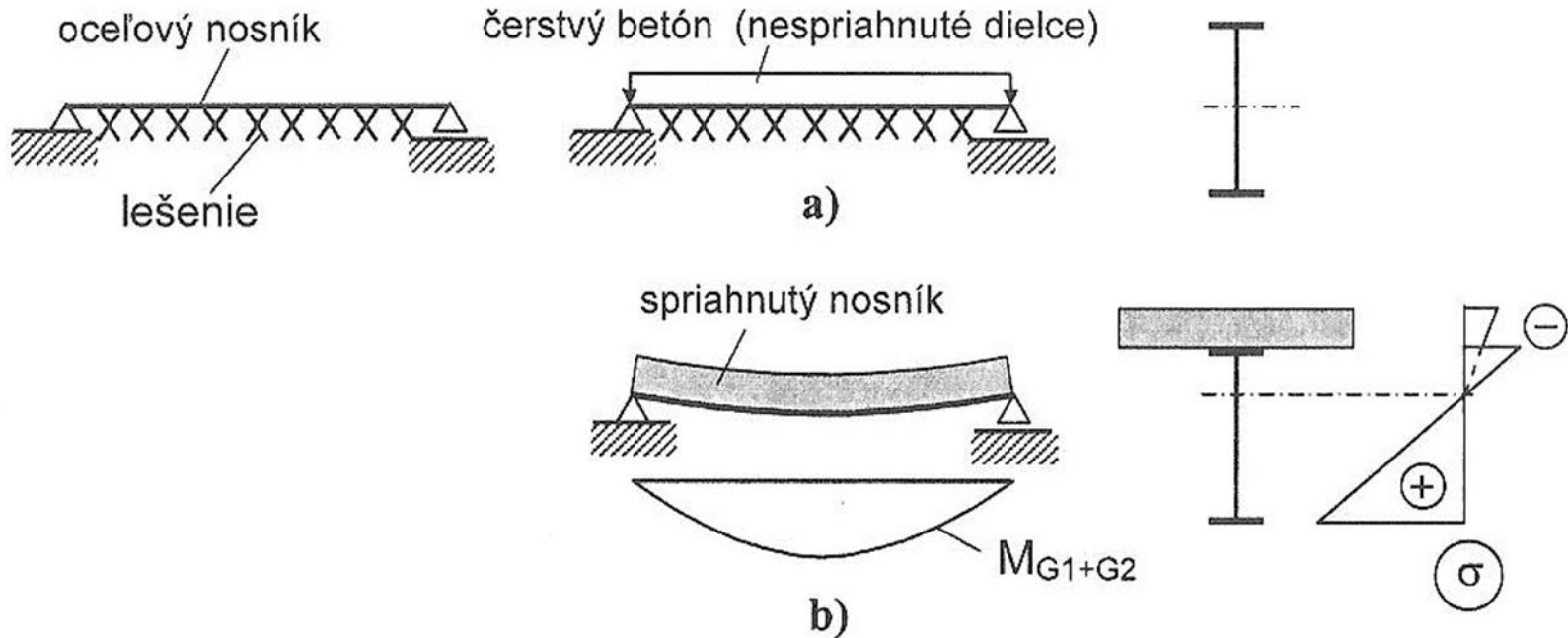
Spriahnuté oceľobetónové mosty - globálna analýza – vplyv postupov výstavby

Výstavba na definitívnych podperách



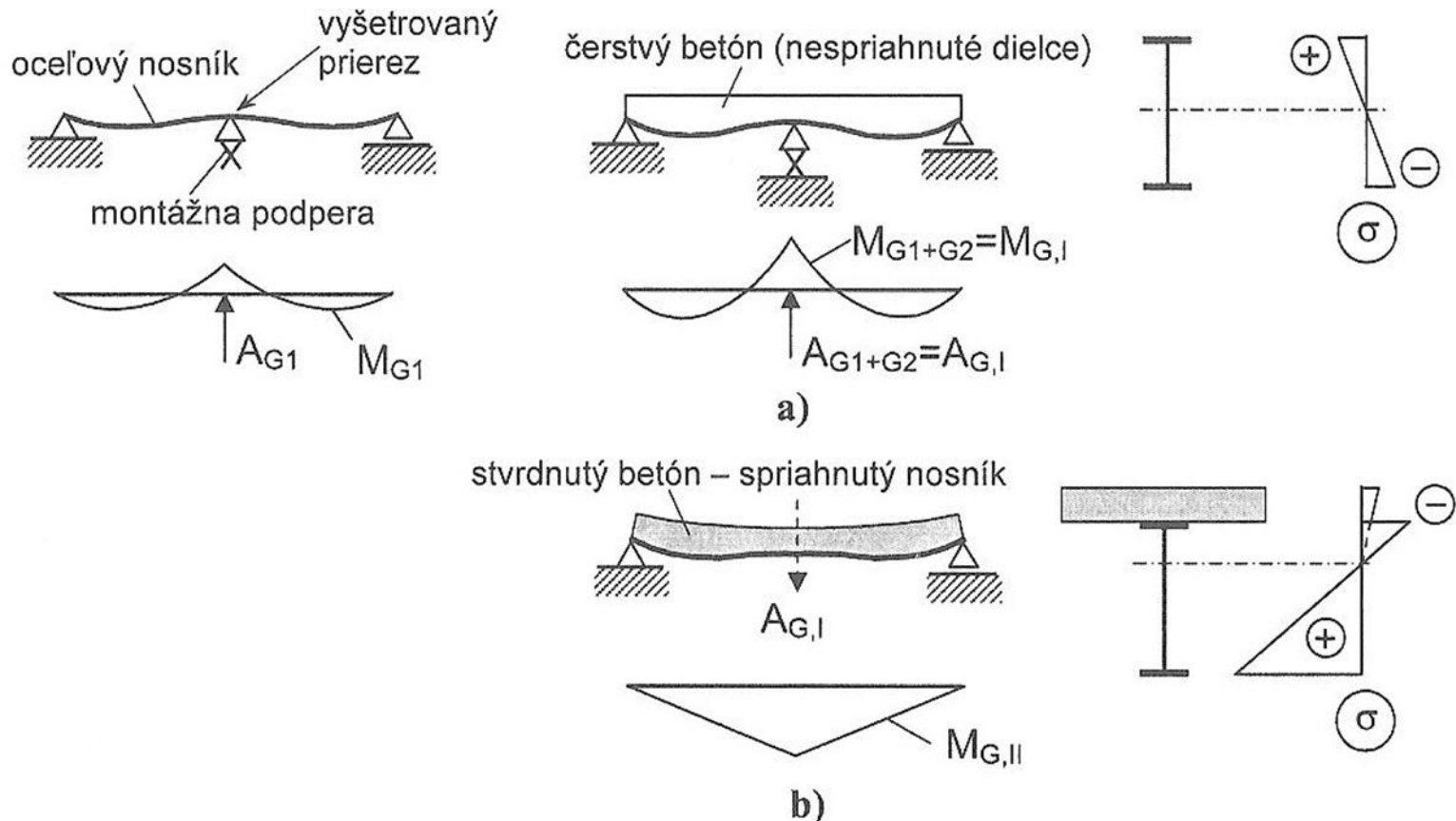
Spriahnuté oceľobetónové mosty - globálna analýza – vplyv postupov výstavby

Výstavba na lešení – na kontinuálnom podopretí



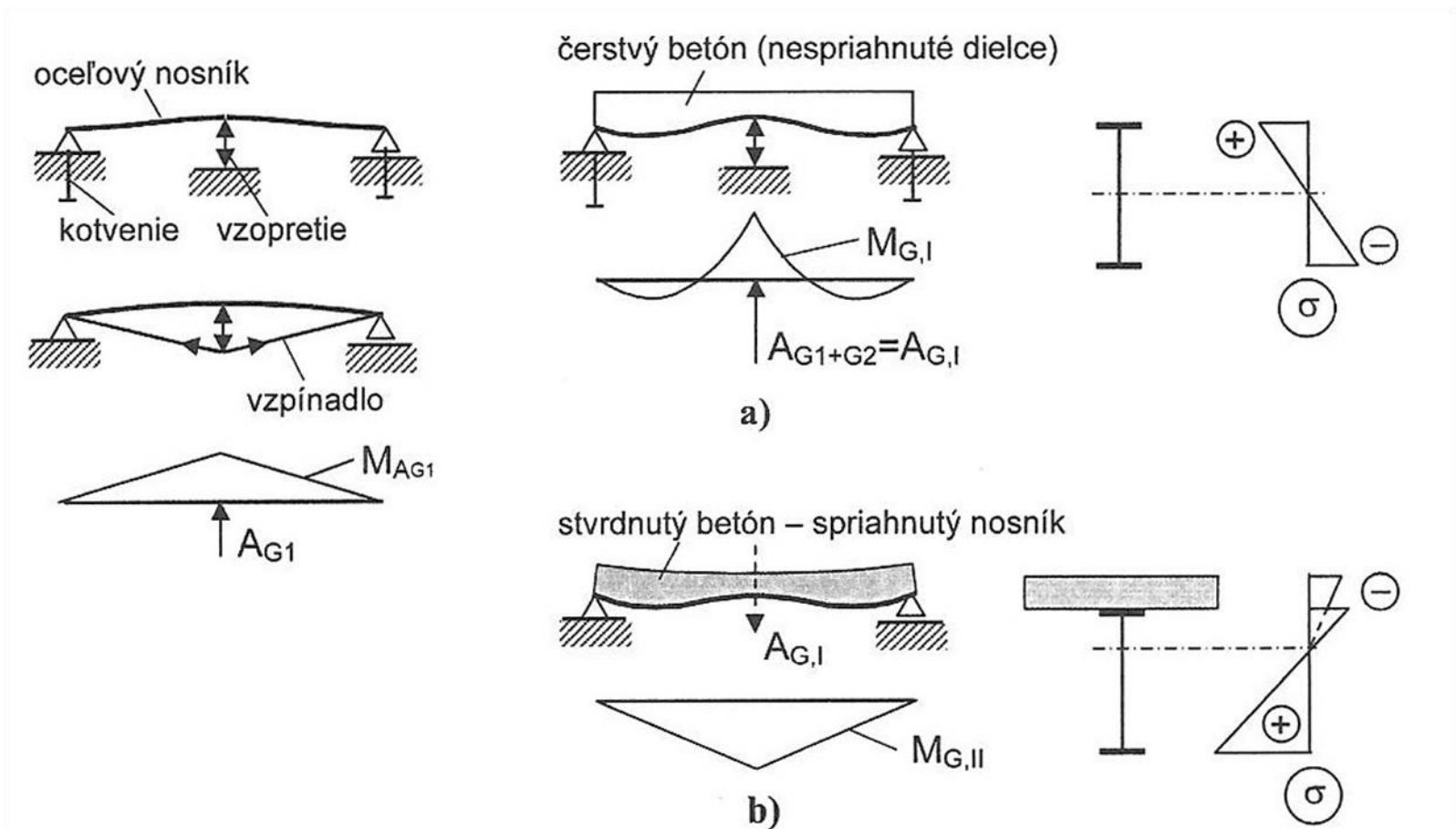
Spriahnuté oceľobetónové mosty - globálna analýza – vplyv postupov výstavby

Výstavba s diskretnými montážnymi podperami



Spriahnuté oceľobetónové mosty - globálna analýza – vplyv postupov výstavby

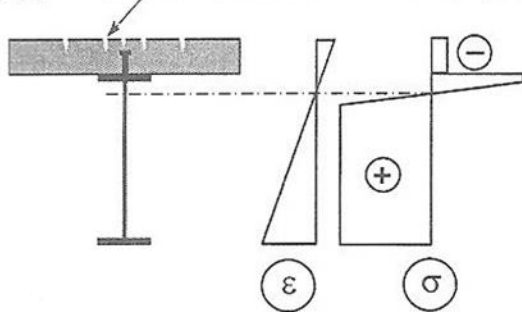
Výstavba s montážnym vzopätím oceľového nosníka



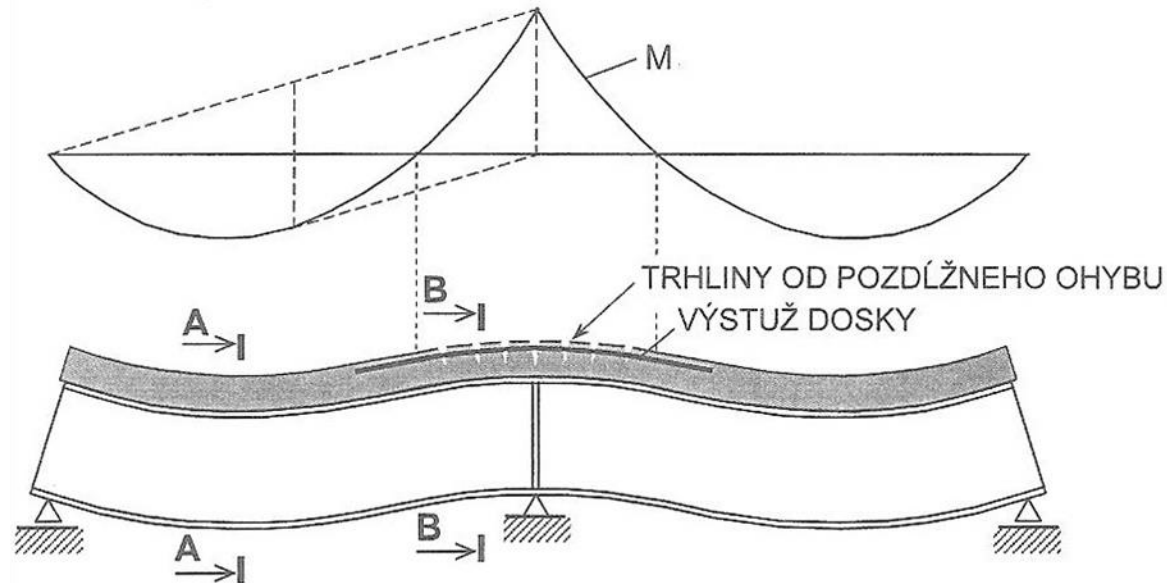
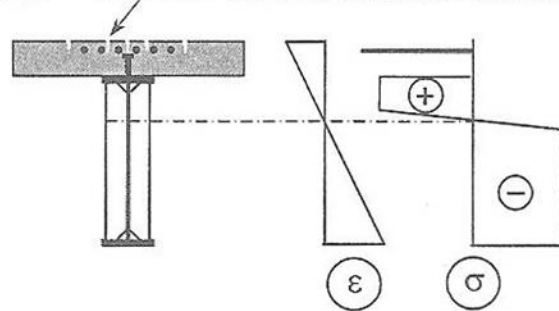
Spriahnuté oceľobetónové mosty - globálna analýza – trhliny v betónovej doske

Trhliny v betónovej doske a ťahové spevnenie betónu

A-A TRHLINY OD PRIEČNEHO OHYBU

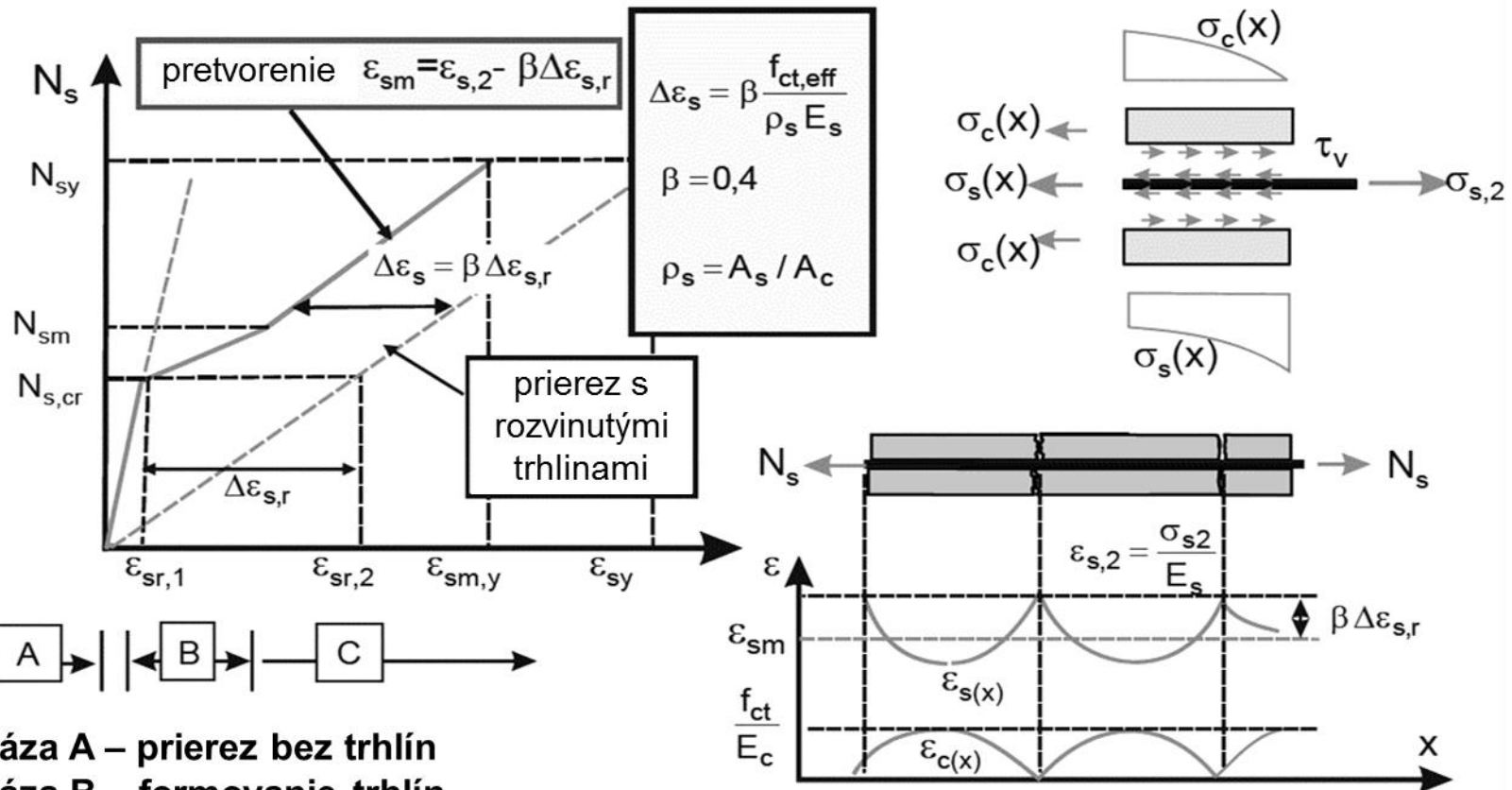


B-B TRHLINY OD PRIEČNEHO OHYBU



Spriahnuté oceľobetónové mosty - globálna analýza – trhliny v betónovej doske

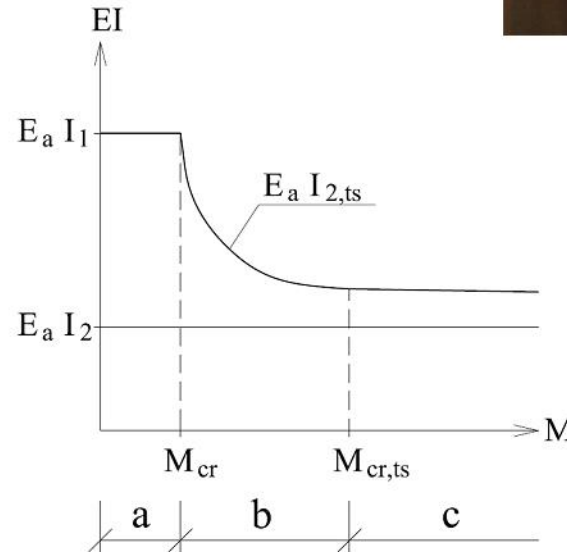
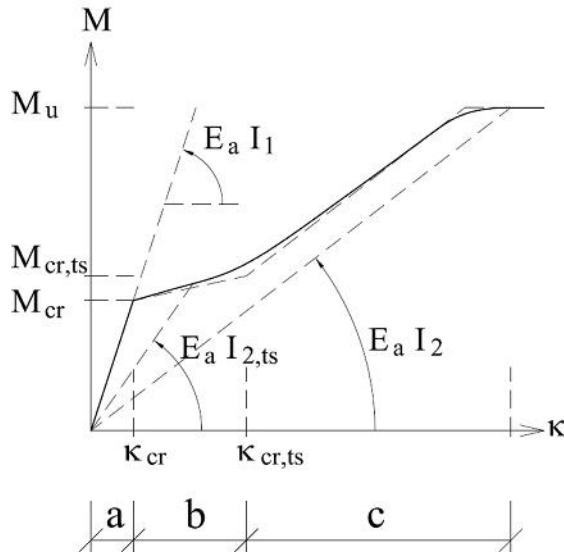
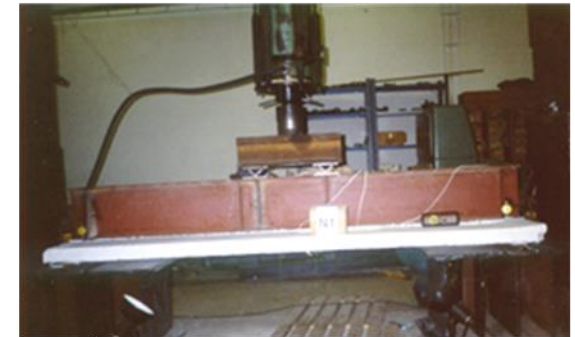
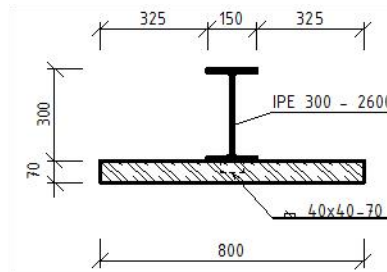
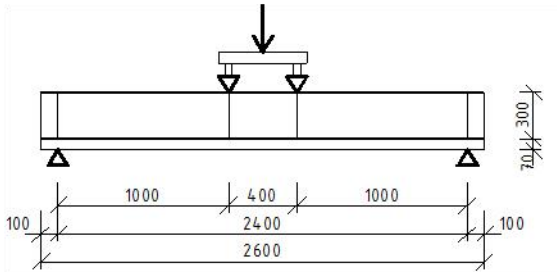
Trhliny v betónovej doske a ťahové spevnenie betónu



- Fáza A – prierez bez trhlín
- Fáza B – formovanie trhlín
- Fáza C – rozširovanie vzniknutých trhlín

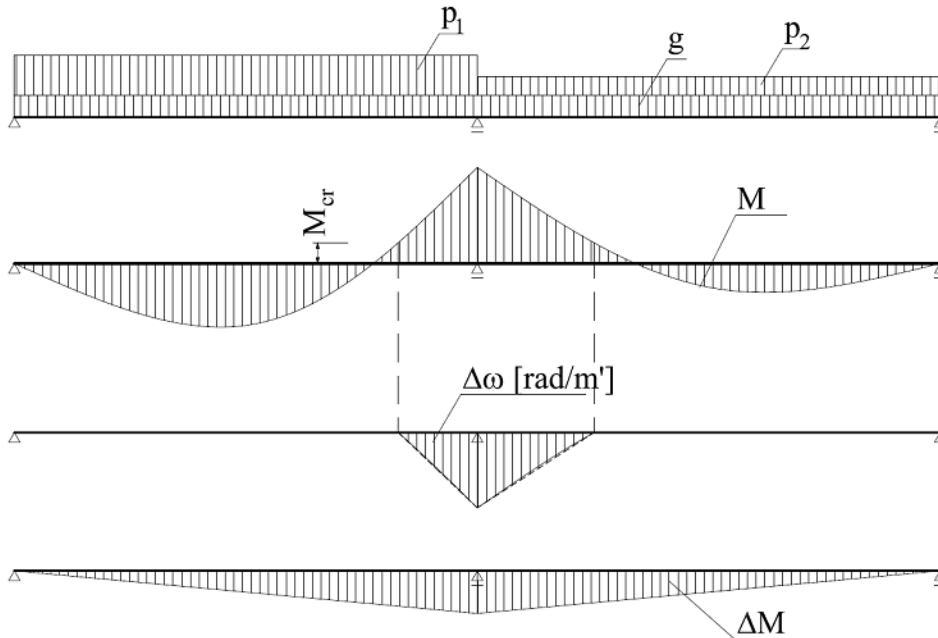
Spriahnuté oceľobetónové mosty - globálna analýza – trhliny v betónovej doske

Trhliny v betónovej doske a ťahové spevnenie betónu



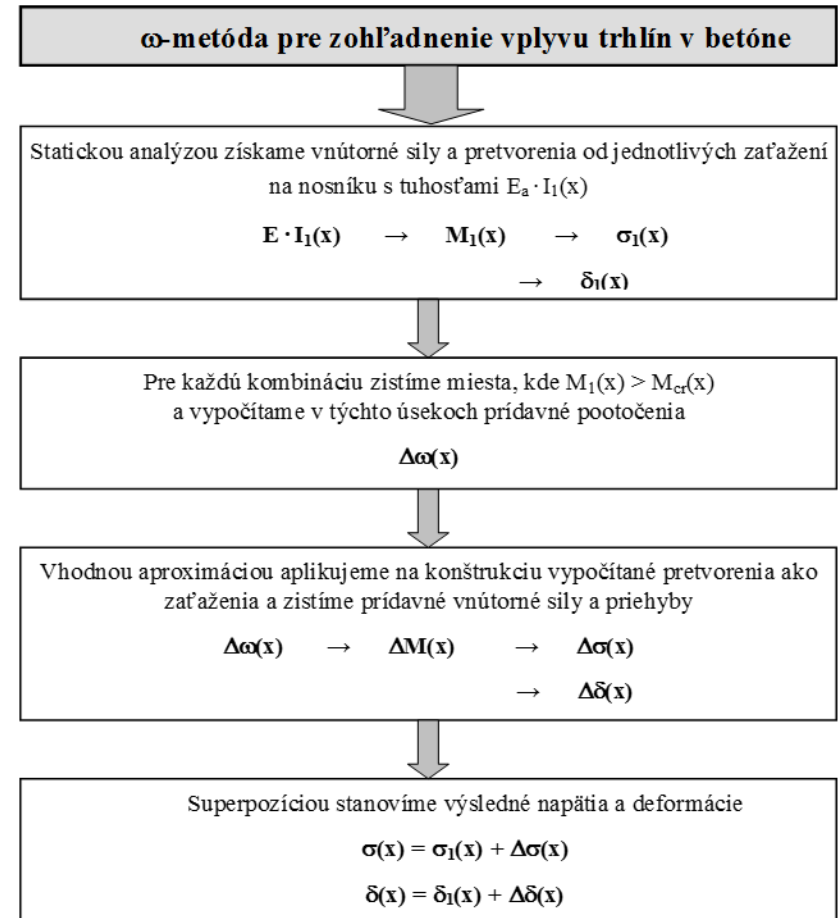
Spriahnuté oceľobetónové mosty - globálna analýza – trhliny v betónovej doske

Alternatívny výpočet - možnosť prídavného „zaťaženia“



$$\Delta\omega(x) = \omega_1(x) - \omega_{2,ts}(x) = \frac{M(x)}{EI_1(x)} - \frac{M(x)}{EI_{2,ts}(x)}$$

$$[\text{rad} \cdot \text{m}^{-1}]$$



Spriahnuté oceľobetónové mosty - globálna analýza – dotvarovanie betónu

Zohľadnenie dotvarovania

pomer modulov pružnosti

$$n_L = n_0 (1 + \psi_L \varphi_t)$$

základný pomer modulov pružnosti

$$n_0 = E_a / E_{cm}$$

súčiniteľ dotvarovania

$$\varphi(t, t_0) = \varphi_0 \beta(t, t_0)$$

t je vek betónu v dňoch v uvažovanom čase

t_0 je vek betónu v dňoch v čase vnesenia zaťaženia

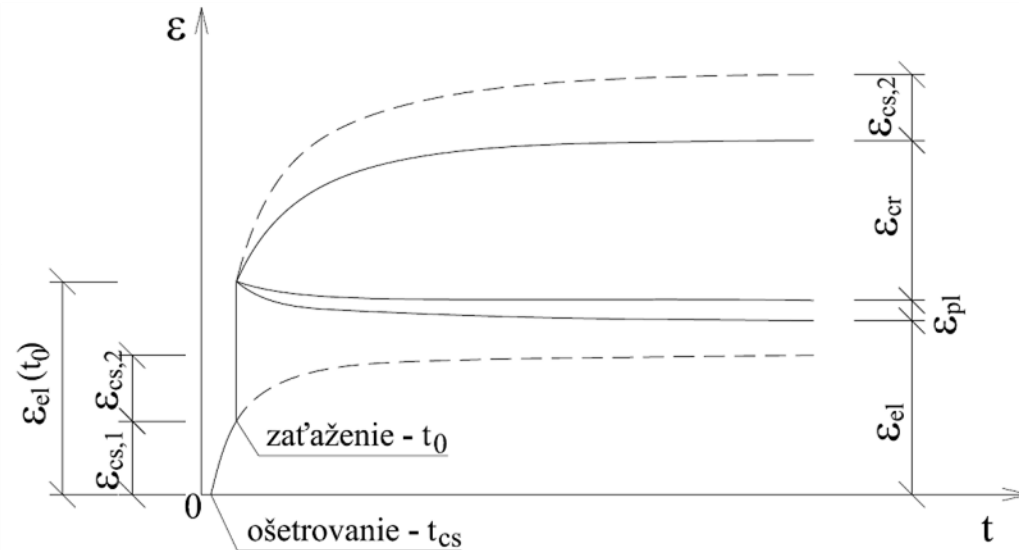
φ_0 je teoretický súčiniteľ dotvarovania

ψ_L je násobiteľ, ktorý sa berie hodnotou:

1,10 pre stále zaťaženie

0,55 pre zmrašťovanie

1,50 pre predpätie vnesené deformáciami

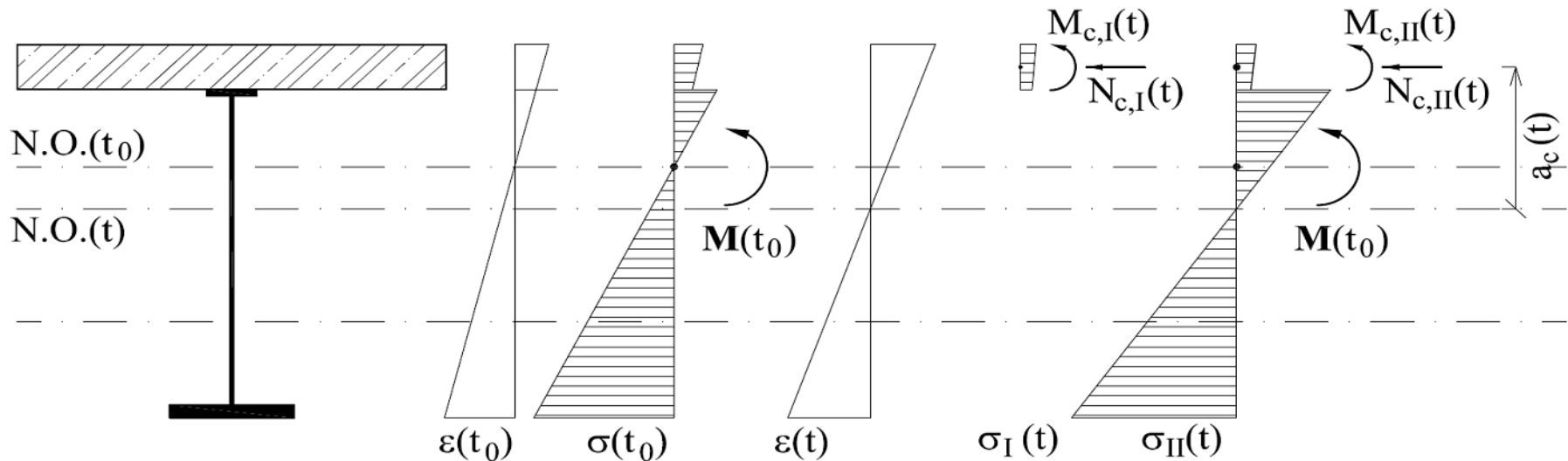


Spriahnuté oceľobetónové mosty - globálna analýza – dotvarovanie betónu

Zohľadnenie dotvarovania v rámci prierezu

$$\sigma(t) = \sigma(t_0) \left[1 - \frac{\varphi_t}{1 + \psi_L \varphi_t} \right] = \sigma(t_0) \xi_t$$

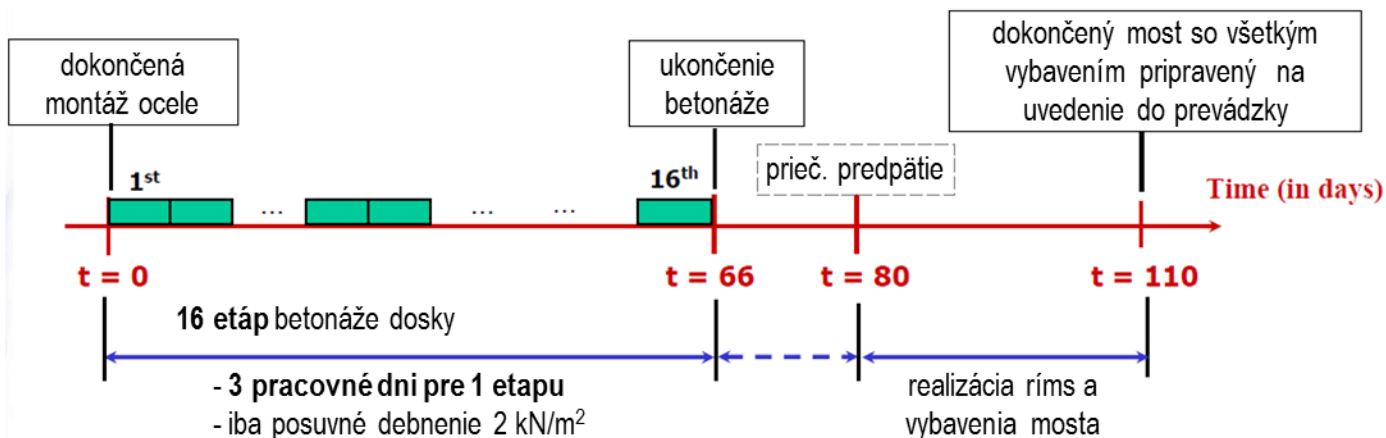
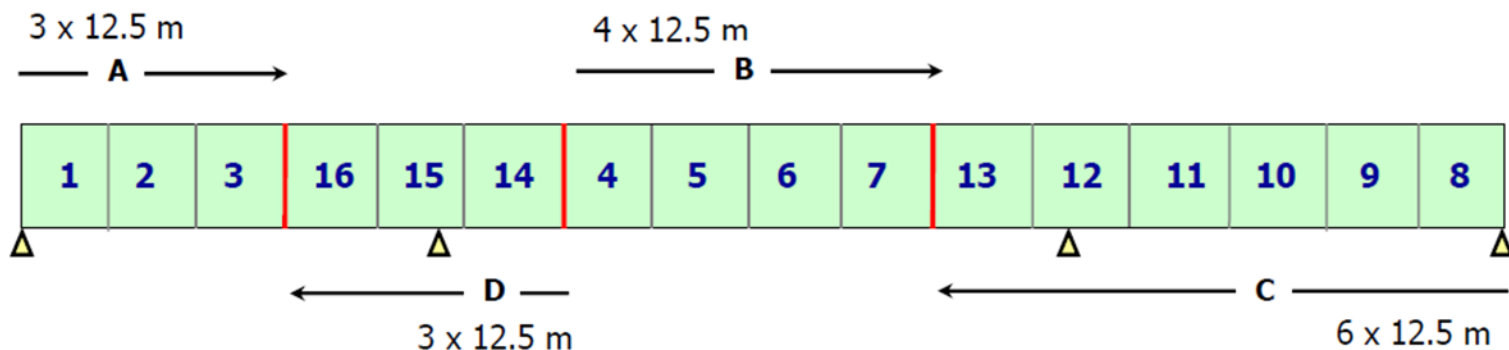
$$\xi_t = \xi(t, t_0) = 1 - \frac{\varphi_t}{1 + \psi_L \varphi_t} = 1 - \varphi_t \frac{n_0}{n_L}$$



Spriahnuté oceľobetónové mosty - globálna analýza – dotvarovanie betónu

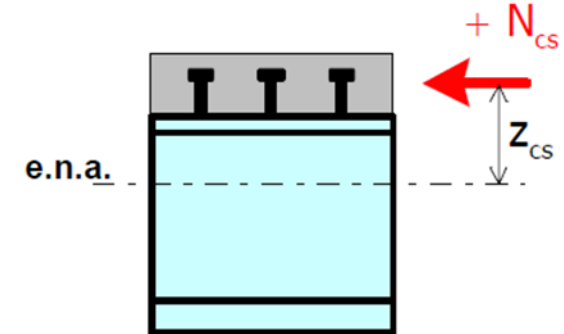
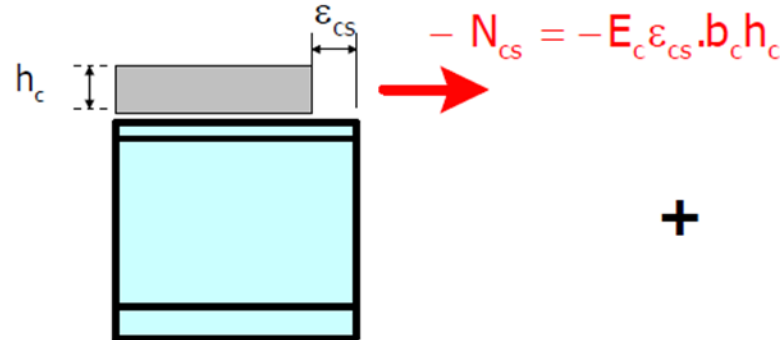
Betonáž dosky po etapách

Príklad harmonogramu mosta so 16 etapami betonáže dosky s priečnym predpätím



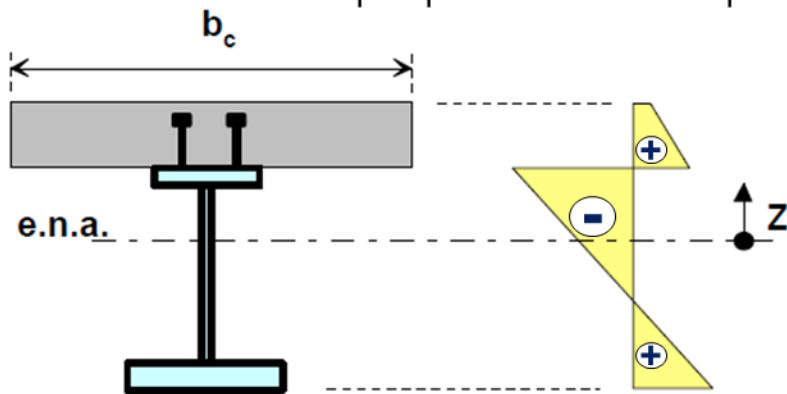
Spriahnuté oceľobetónové mosty - globálna analýza – zmrašťovanie betónu

Vplyv zmrašťovania



sila potrebná na zabránenie
deformácie od zmrašťovania za
predpokladu nulového spriahnutia

sila od zmrašťovania sa
aplikuje späť ako akcia na
spriahnutý prierez



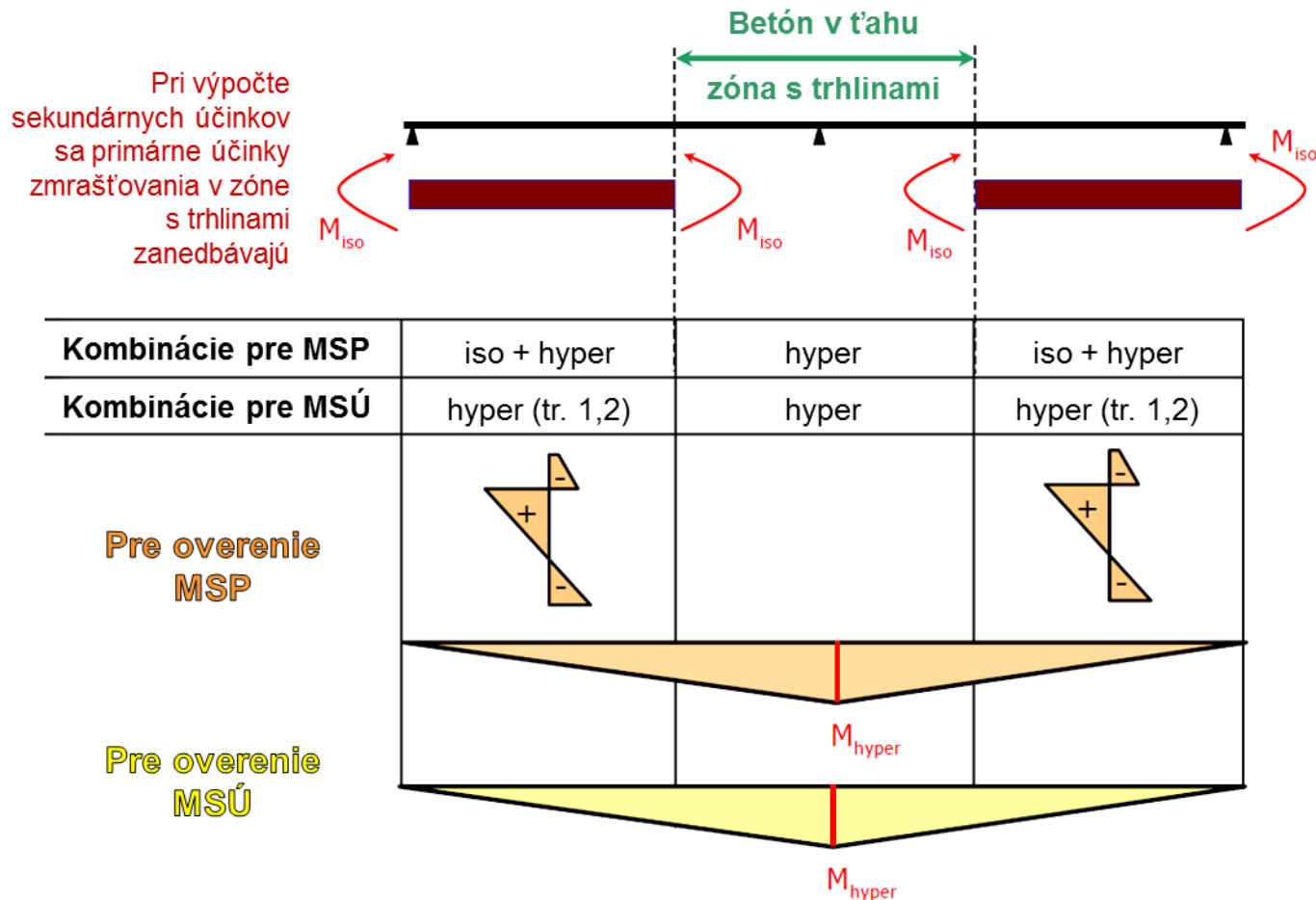
$$N_{cs} = \sigma_{cs} A_c = -\varepsilon_{cs} E_c A_c$$

Spriahnuté oceľobetónové mosty - globálna analýza – zmrašťovanie betónu

Vplyv zmrašťovania v globálnej analýze

- primárne účinky
v rámci prierezu
„isostatic”

- sekundárne účinky
na staticky neurčitej
konštrukcii
„hyperstatic”



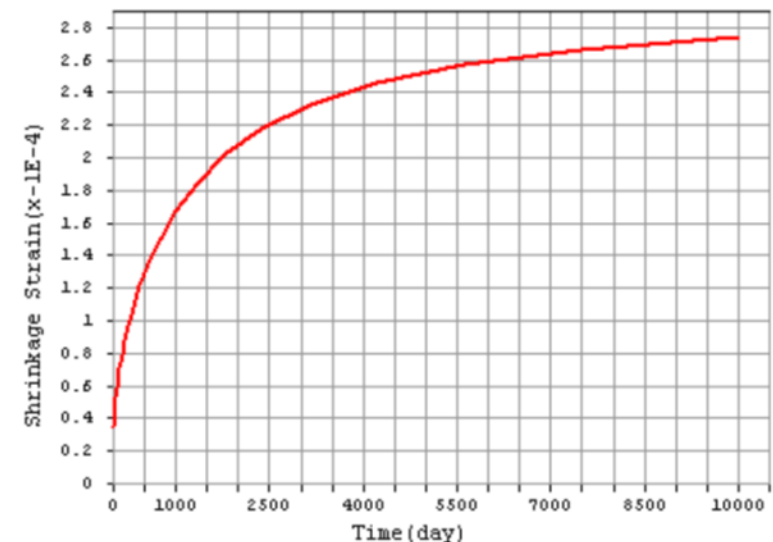
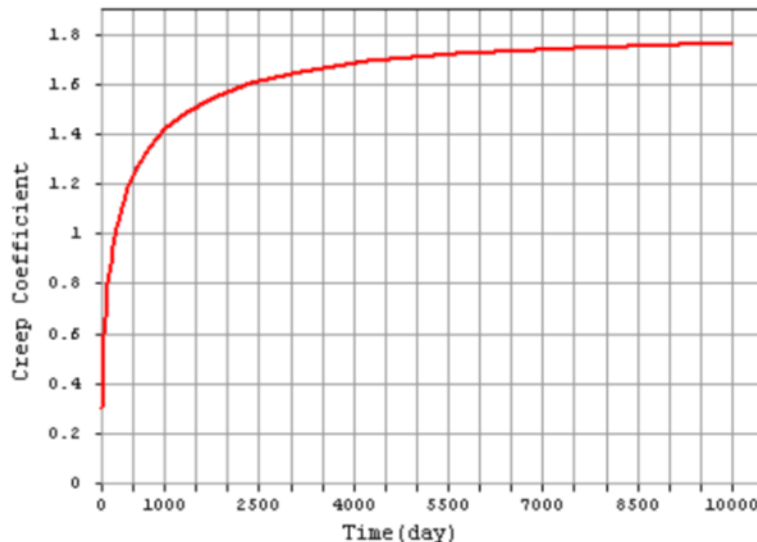
Spriahnuté oceľobetónové mosty - globálna analýza – sekundárne účinky reológie

Sekundárne účinky dotvarovania

Sekundárne účinky vznikajú ako prírastky napätosti v prierezoch spriahnutých trémov v dôsledku redistribúcie vnútorných síl následkom statickej neurčitosti trémov. Ich výpočet je pomerne náročný, avšak s použitím výpočtovej techniky sa značne zjednodušil.

Časovou analýzou (softvéry)

Alebo **zjednodušene** - minimálne 2-krokovou analýzou



Spriahnuté oceľobetónové mosty - globálna analýza – sekundárne účinky reológie (alter. metóda)

Sekundárne účinky dotvarovania – ALTERNATÍVNA metóda

Alternatívna metóda (tzv. ω -metóda) pre výpočet:

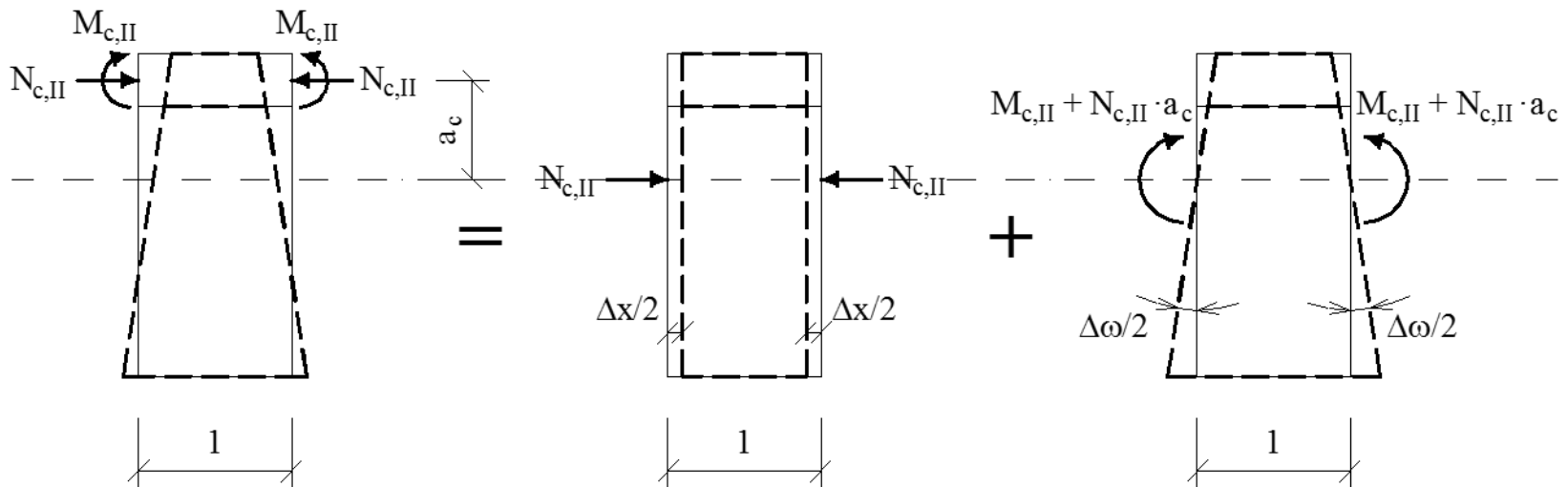
- sekundárnych účinkov dotvarovania v globálnej analýze
 - sekundárnych účinkov zmrašťovania v globálnej analýze
 - ale aj pre výpočet vplyvu trhlín na tuhosť v globálnej analýze
-
- **náhrada efektu zmeny tuhosti v priereze spojitým zaťažením pretvoreniami**
 - bez potreby zmeny tuhosti v modeli
 - stačí jedna iterácia
 - využitie súčasných softvérov na zadávanie vynútených spojitých deformácií ako zaťažovacích stavov
 - prehľadnosť
 - ďalej je ω -metóda vysvetlená na dotvarovaní

Spriahnuté oceľobetónové mosty - globálna analýza – sekundárne účinky reológie (alter. metóda)

Sekundárne účinky dotvarovania – ALTERNATÍVNA metóda

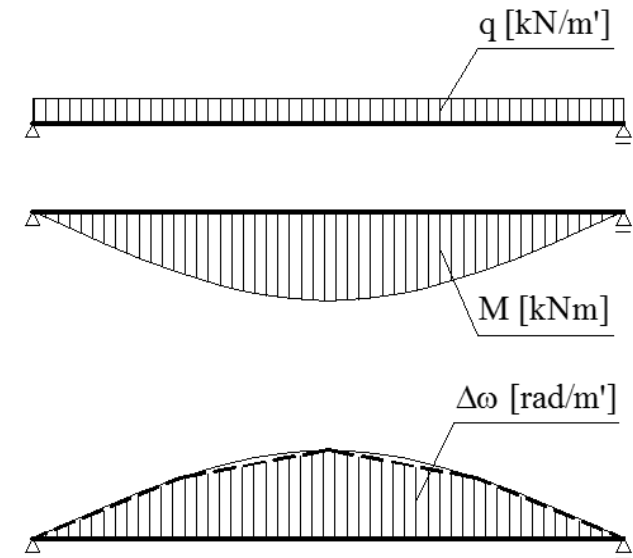
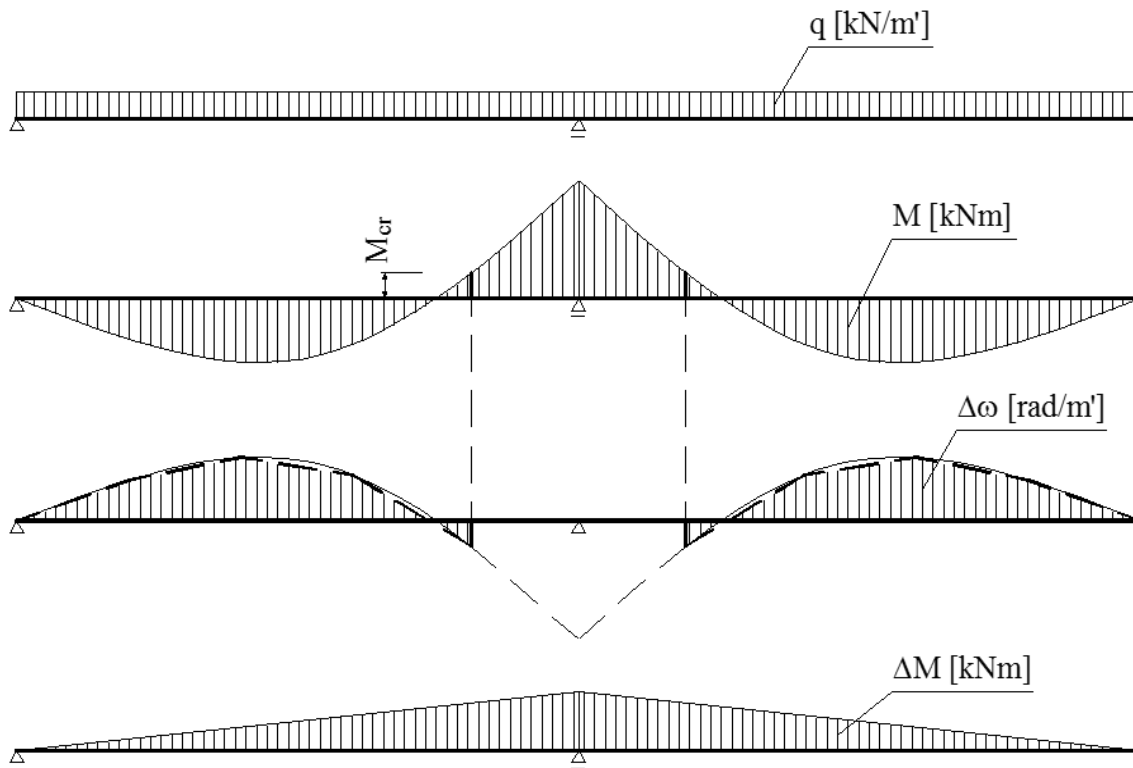
$$\Delta\varpi(t) = \frac{M_{c,II}(t) + N_{c,II}(t) \cdot a_c(t)}{E_a \cdot I_i(t)} \quad [\text{rad/m}']$$

$$\Delta x(t) = \frac{N_{c,II}(t)}{E_a \cdot A_i(t)} \quad [\text{m/m}']$$



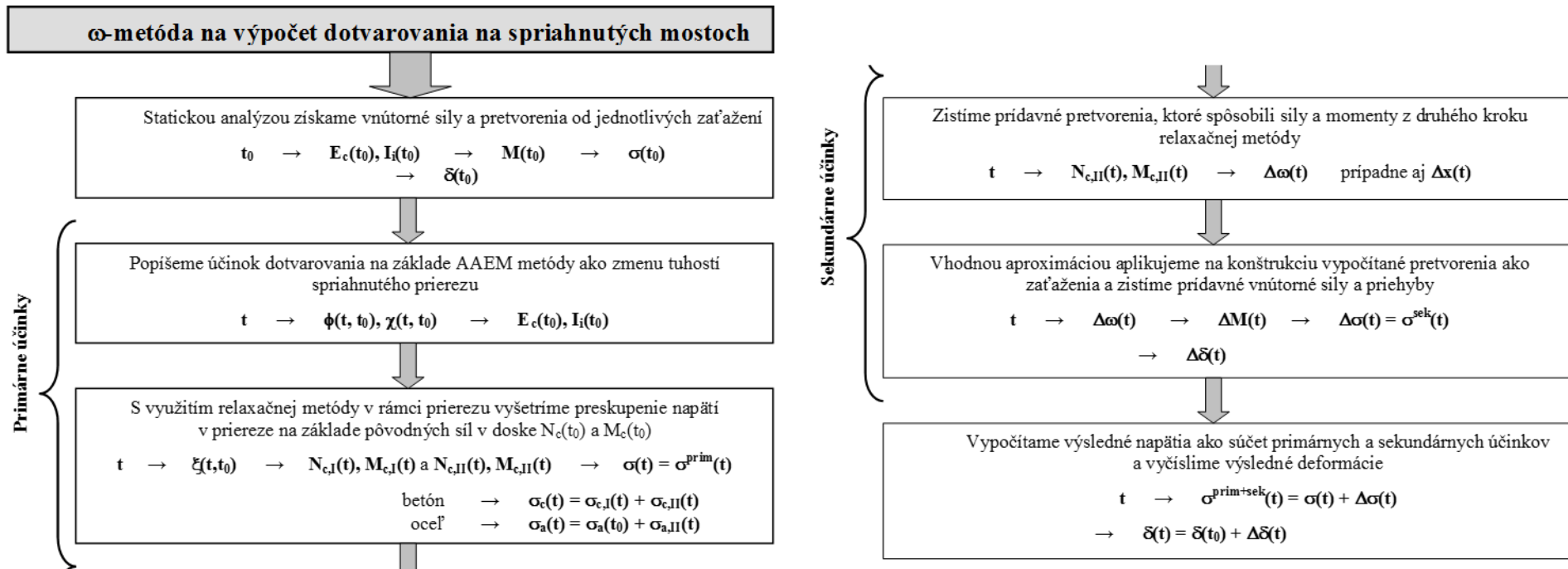
Spriahnuté oceľobetónové mosty - globálna analýza – sekundárne účinky reológie (alter. metóda)

Sekundárne účinky dotvarovania – ALTERNATÍVNA metóda



Spriahnuté oceľobetónové mosty - globálna analýza – sekundárne účinky reológie (alter. metóda)

Sekundárne účinky dotvarovania – ALTERNATÍVNA metóda



Spriahnuté oceľobetónové mosty - globálna analýza – sekundárne účinky reológie (alter. metóda)

Sekundárne účinky dotvarovania – ALTERNATÍVNA metóda

Postup výpočtu v prípade doskového modelu betónovej mostovky:

- zadávajú priamo pomerné deformácie betónovej dosky, nie spriahnutého prierezu.
- prídavné spojité zaťaženia vstupujúce do globálnej analýzy sú tak
 - prídavné posunutia (pomerné predĺženia)
 - prídavné krivosti (pootočenia) dosky,

ktoré sa dajú vyčísliť z napätí v betóne z druhého kroku relaxačnej metódy

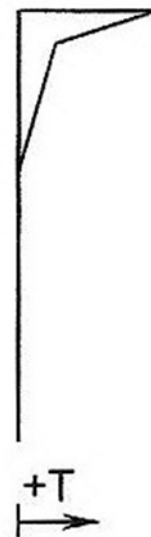
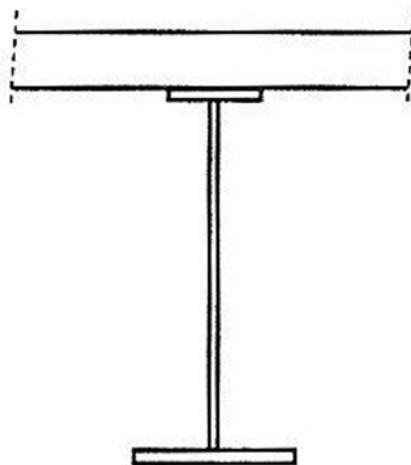
$$\varepsilon_c(t)(1 - \xi_t) = \sigma_{c,II} / E_{cm}$$

$$\Delta \omega_{doska} = \frac{\sigma_{c,II,1} + \sigma_{c,II,2}}{h_c E_{cm}}$$

$$\Delta \varepsilon_{doska} = \frac{\sigma_{c,II,1} + \sigma_{c,II,2}}{2 E_{cm}}$$

Spriahnuté oceľobetónové mosty - globálna analýza – vplyv teplotných zmien

Nerovnomerné rozdelenie teploty po výške prierezu



a)



b)



c)



d)

- a - oslnenie na poludnie
- b - ochladenie v noci
- c - oslnenie ráno
- d - náhle ochladenie dažďom (krupobitím)

Spriahnuté oceľobetónové mosty - globálna analýza – vplyv teplotných zmien

Nerovnomerné rozdelenie teploty po výške prierezu

Výpočet vrstvičkovou metódou

V každej vrstve po výške prierezu sa určí sila od teplotného gradientu

$$\sigma_{Th,i}(t) = \alpha_T \Delta T_{h,i} E_{cm}(t), \quad \sigma_{Ts,i}(t) = \alpha_T \Delta T_{s,i} E_{cm}(t),$$

$$F_{T,i} = \frac{\sigma_{Th,i} + \sigma_{Ts,i}}{2} b_i h_i,$$

Následne sa postupuje sa v dvoch krokoch podobne, ako pri výpočte účinkov zmrašťovania

... a to aj v prípade sekundárnych účinkov