

P - 4 - Předpjatý beton

Vliv objemových změn na působení betonových konstrukcí – část 1

Obsah

- Objemové změny v betonu
- Staticky určité konstrukce
- Staticky neurčité konstrukce
 - Vliv nehomogenity konstrukce
 - Vliv postupu výstavby

Deformace betonu

	Okamžité	Zpožděné
Závislé na napětí	Pružná deformace ϵ_e	Dotvarování ϵ_{cr}
Nezávislé na napětí	Teplotní změny ϵ_T	Smršťování ϵ_{sh}

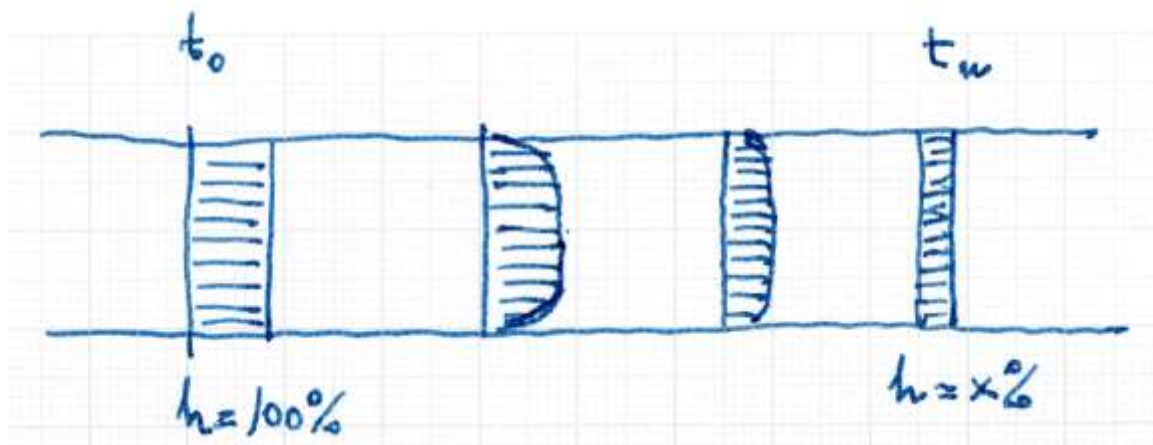
Deformace v betonu

2 přístupy

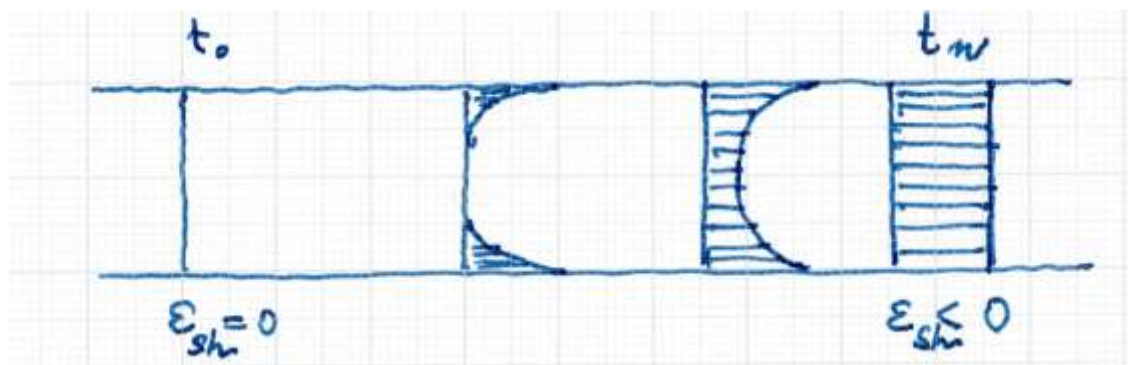
- Lokální působení – vztahy mezi napětím a deformací
- Průřezové působení – vztahy mezi posuny a vnitřními silami
 - Zjednodušené postupy – mluví se napětí a deformacích za předpokladu zjednodušených představ o jejich průbězích

Deformace v betonu

Lokální působení – vysychání průřezu – příčina smršťování betonu



Průběh vlhkosti průřezu

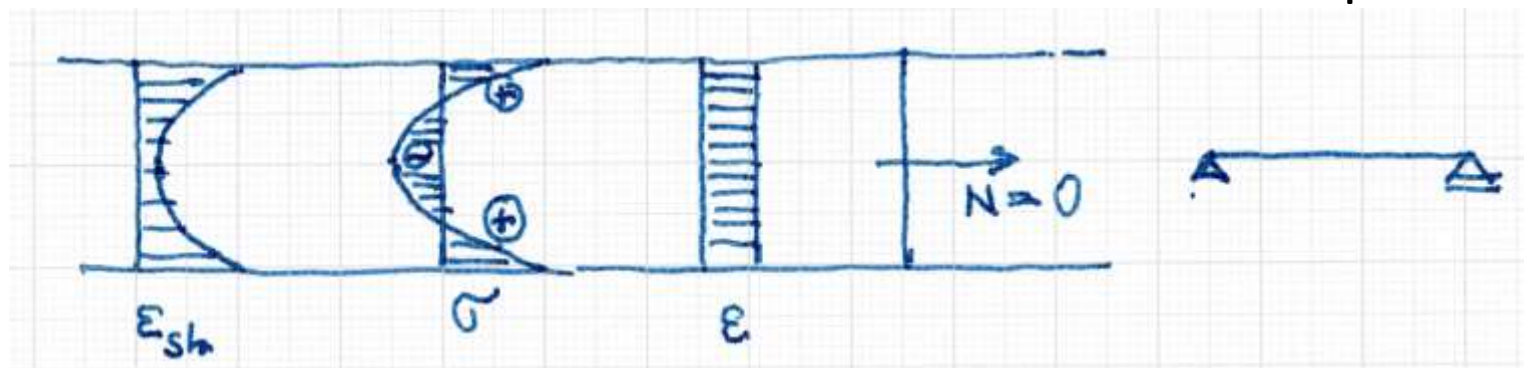


Volné smršťování

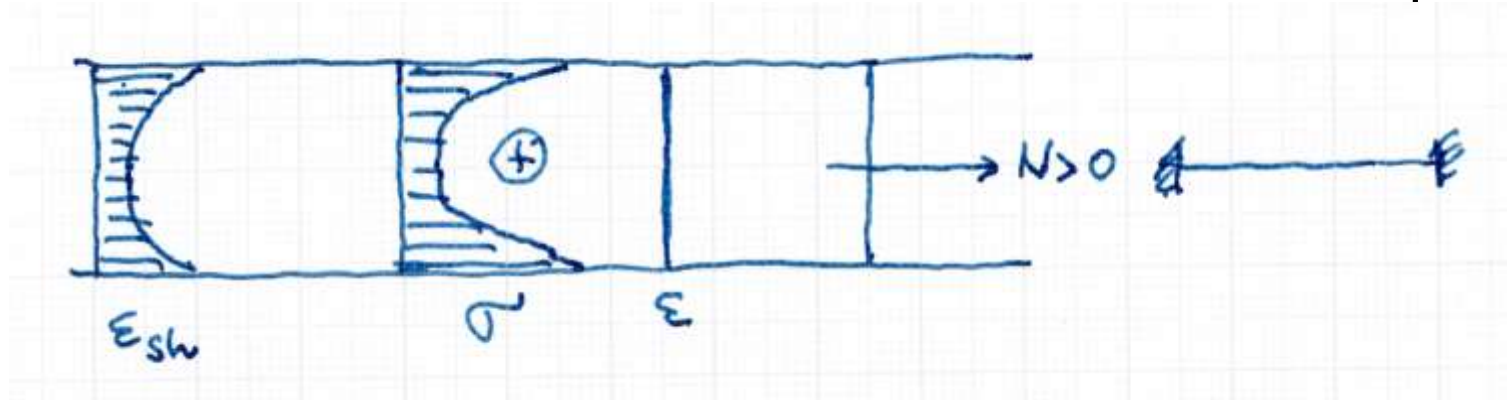
Deformace v betonu

Lokální působení – smršťování betonu

Volná deformace prvku



Omezená deformace prvku

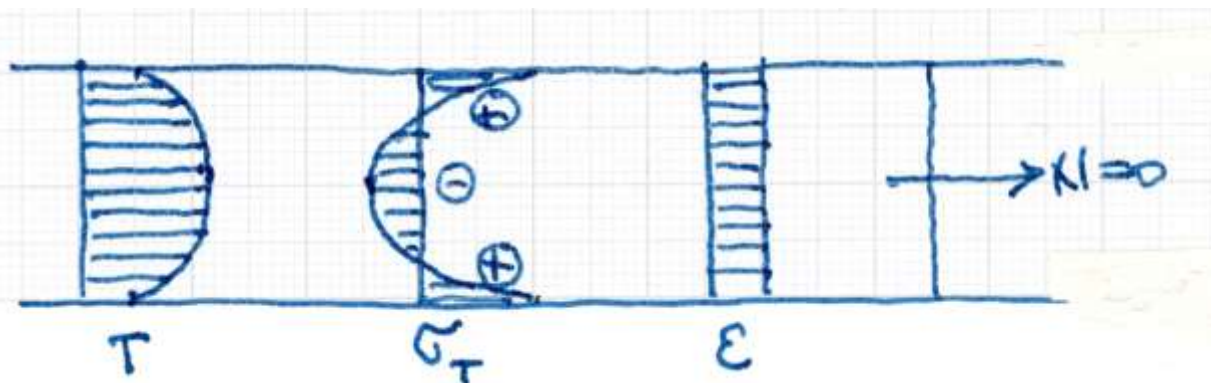


$$\varepsilon_{tot} = \varepsilon_{sh} + \varepsilon_e + \varepsilon_{cr} + \varepsilon_T$$

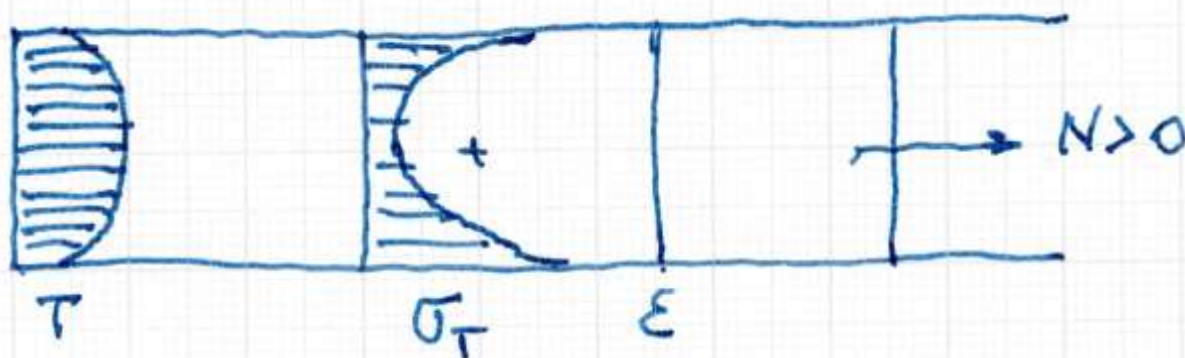
Deformace v betonu

Lokální působení – teplotní namáhání

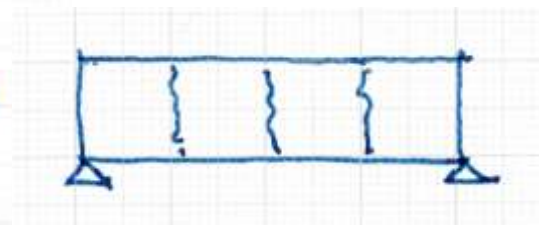
Volná deformace prvku



Omezená deformace prvku



Trhliny v betonu

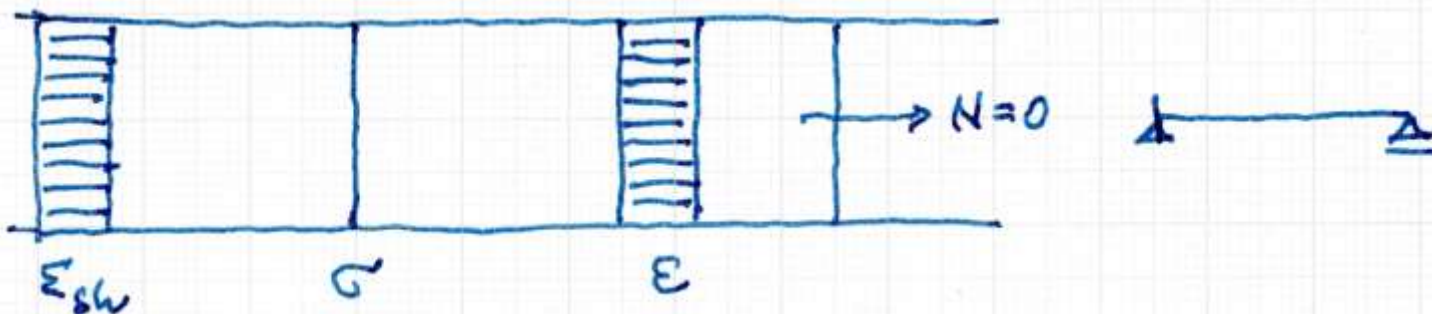


$$\varepsilon_{tot} = \varepsilon_{sh} + \varepsilon_e + \varepsilon_{cr} + \varepsilon_T$$

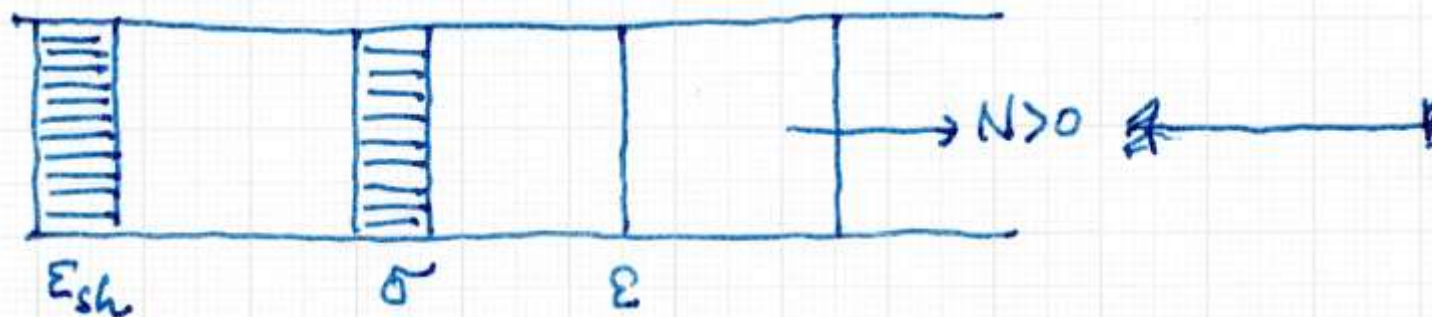
Deformace v betonu

Působení na úrovni průřezu – zjednodušení

Volná deformace prvku



Omezená deformace prvku



Deformace v betonu

Dotvarování betonu – předpoklady pro výpočty

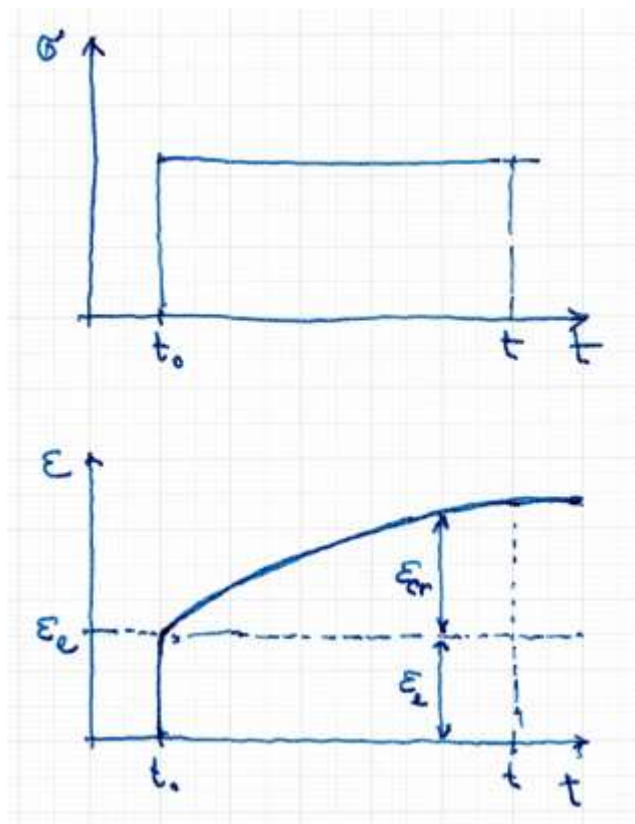
1. Linearita dotvarování (vzhledem k napětí)

Platí pokud $\sigma < 0.4 f_{cm}$ ($\sigma < 0.45 f_{ck}$ dle EC2)

2. Platí princip superpozice

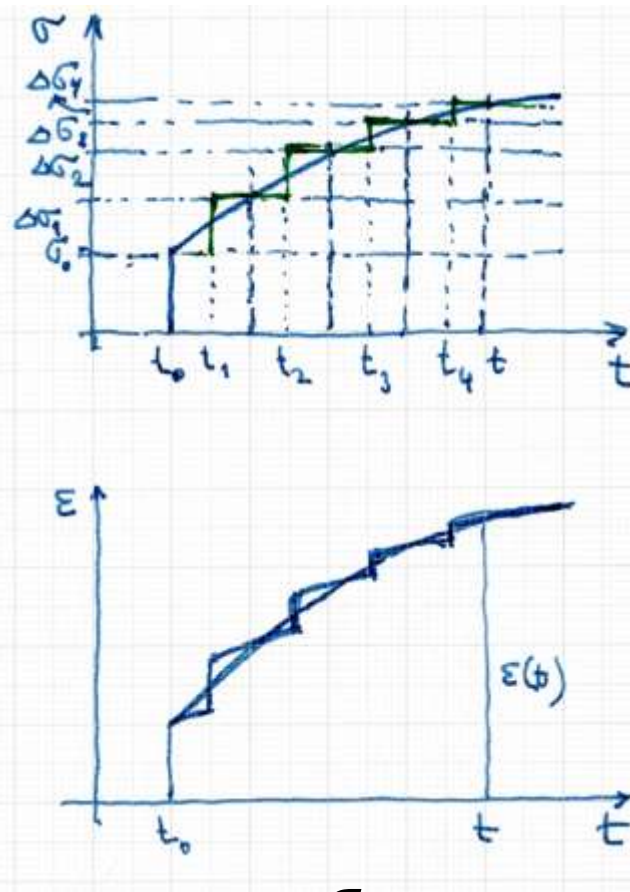
$$\varepsilon(\sigma_1 + \sigma_2) = \varepsilon(\sigma_1) + \varepsilon(\sigma_2)$$

Dotvarování betonu



$$\varepsilon(t) = \frac{\sigma}{E} [1 + \varphi(t, t_0)]$$

$$\varepsilon(t) = \sigma J(t, t_0)$$



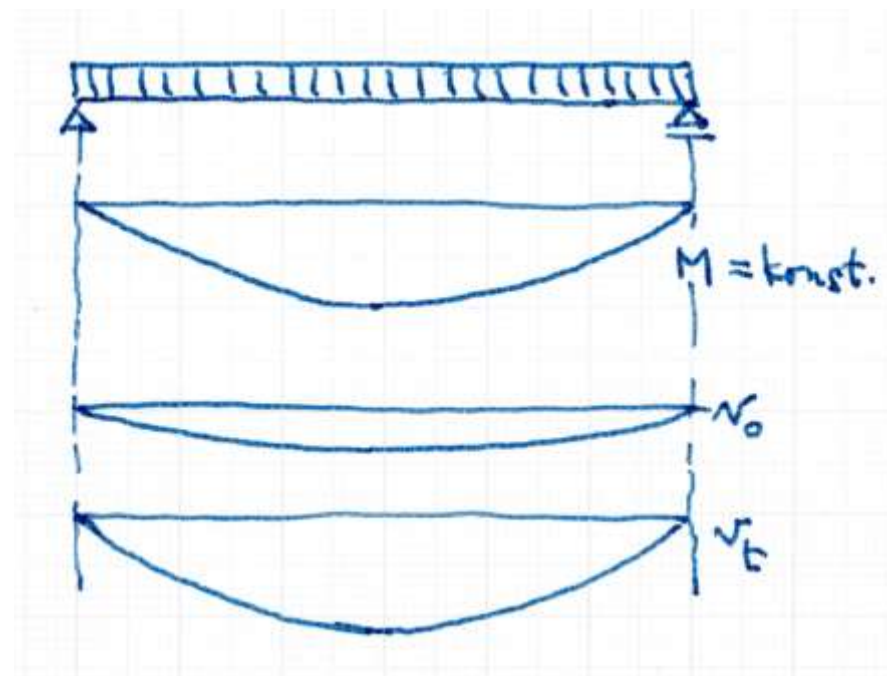
$$\varepsilon(t) = \frac{\sigma_0}{E} [1 + \varphi(t, t_0)] + \frac{\Delta\sigma_1}{E} [1 + \varphi(t, t_1)] + \dots$$

Dotvarování betonu – vliv na působení konstrukcí

1. Vliv na deformace
2. Vliv na napjatost
3. Vliv na ztráty předpětí

A. Staticky určité konstrukce

- Vnitřní síly jsou dány podmínkami rovnováhy
- Vnitřní síly nezávisí na tuhosti konstrukce
- Vnitřní síly jsou na objemových změnách nezávislé
- Deformace se s vlivem objemových změn mění



Dotvarování betonu – vliv na působení konstrukcí

B. Staticky neurčité konstrukce

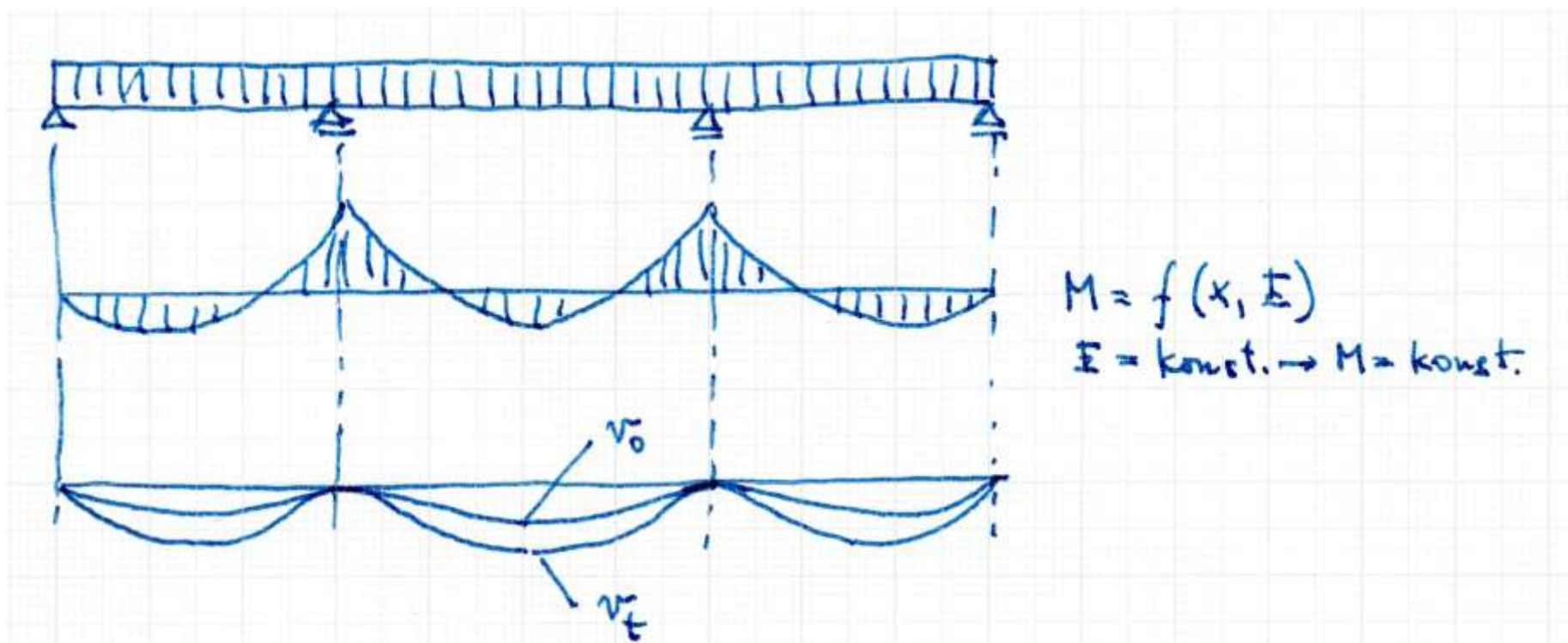
- Vnitřní síly jsou závislé na podmínkách rovnováhy a na přetvárných podmínkách
- Vliv dotvarování na vnitřní síly a deformace – viz tabulka

	Nemění statický systém během výstavby	Mění statický systém během výstavby
Homogenní konstrukce	Vliv na deformace	Vliv na deformace a vnitřní síly
Nehomogenní konstrukce	Vliv na deformace a vnitřní síly	Vliv na deformace a vnitřní síly

Dotvarování betonu – vliv na působení konstrukcí

B. Staticky neurčitá konstrukce

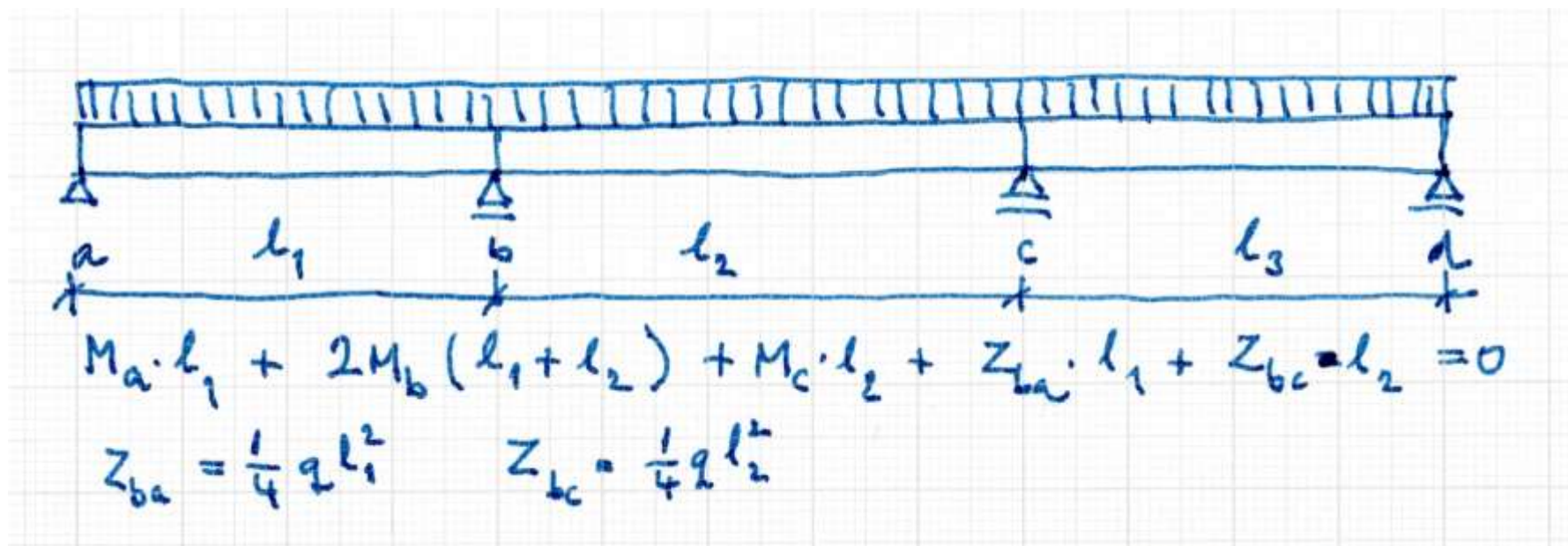
Homogenní konstrukce, nemění statický systém



Dotvarování betonu – vliv na působení konstrukcí

B. Staticky neurčitá konstrukce

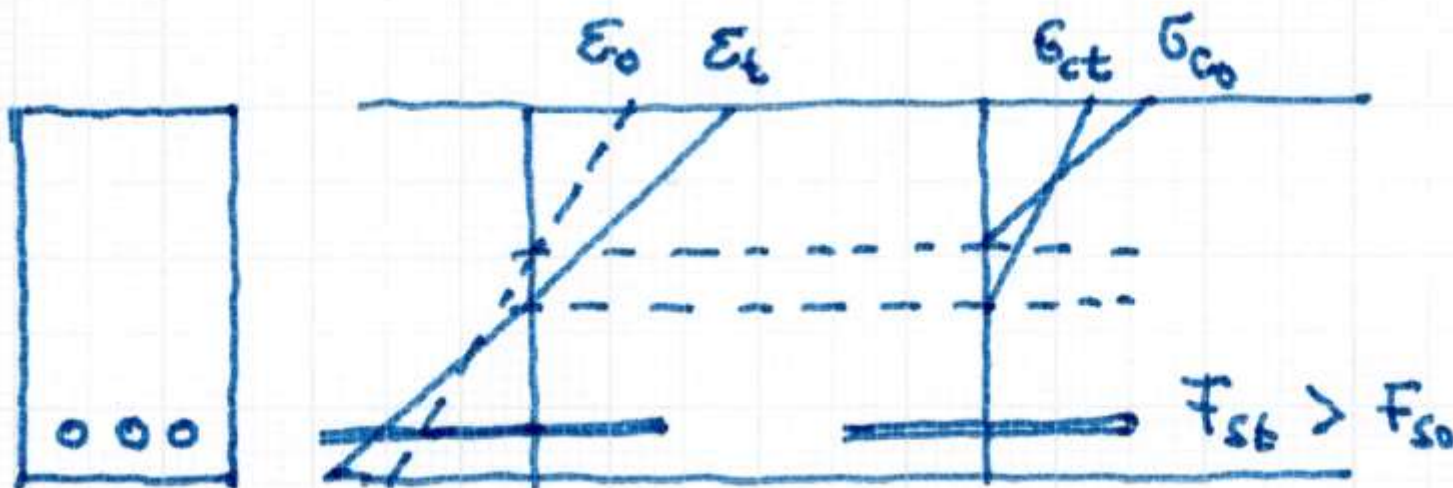
Homogenní konstrukce, nemění statický systém



Dotvarování betonu – vliv na působení konstrukcí

B. Staticky neurčité konstrukce

Nehomogenní konstrukce, nemění statický systém



Beton dotvaruje

- napětí v betonu klesá
- neutrální osa se posouvá dolů
- síla ve výztuži vzrůstá
- průhyb roste

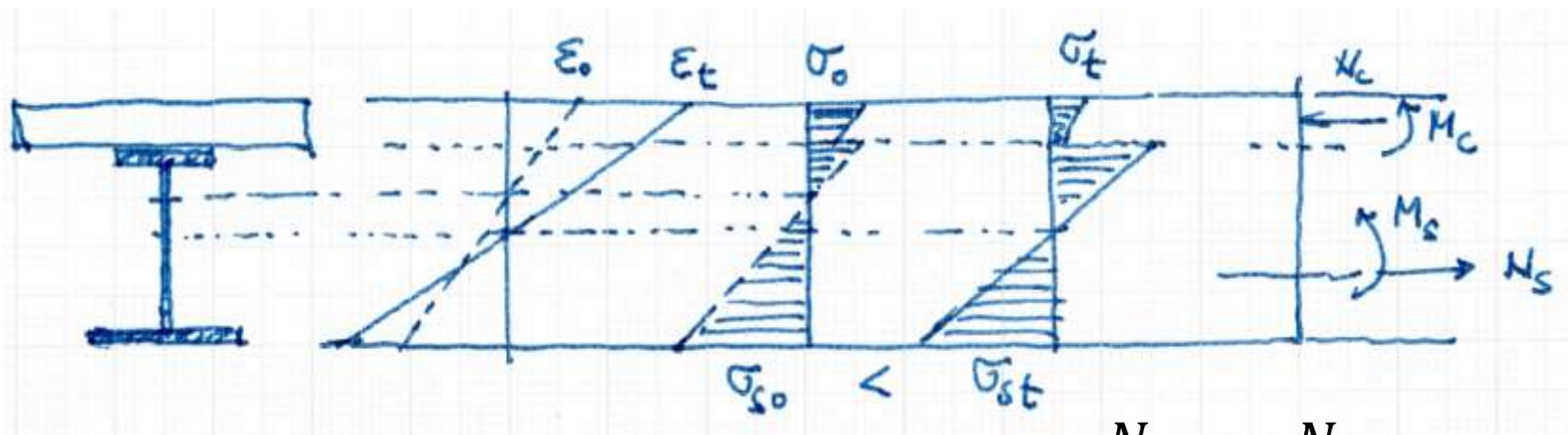
Ve výpočtech

- Krátkodobé zat. $\alpha_e = E_s/E_c$
 - Dlouhodobé zat. $\alpha_{lt} = E_s/E_{c,def}$
- $$E_{c,def} = E_c/(1 + \varphi)$$

Dotvarování betonu – vliv na působení konstrukcí

B. Staticky neurčitě konstrukce

Nehomogenní konstrukce, nemění statický systém



Beton dotvaruje

- napětí v betonu klesá
- neutrální osa se posouvá dolů
- ohybový moment v ocelovém nosníku vzrůstá
- průhyb vzrůstá

$$N_s = -N_c$$

$$M = M_c + M_s + N_s r$$

N_s - výslednice napětí na ocelovém průřezu

N_c - výslednice napětí v betonu

M_c - výsledný moment v betonu

M_s - výsledný moment v ocelovém průřezu

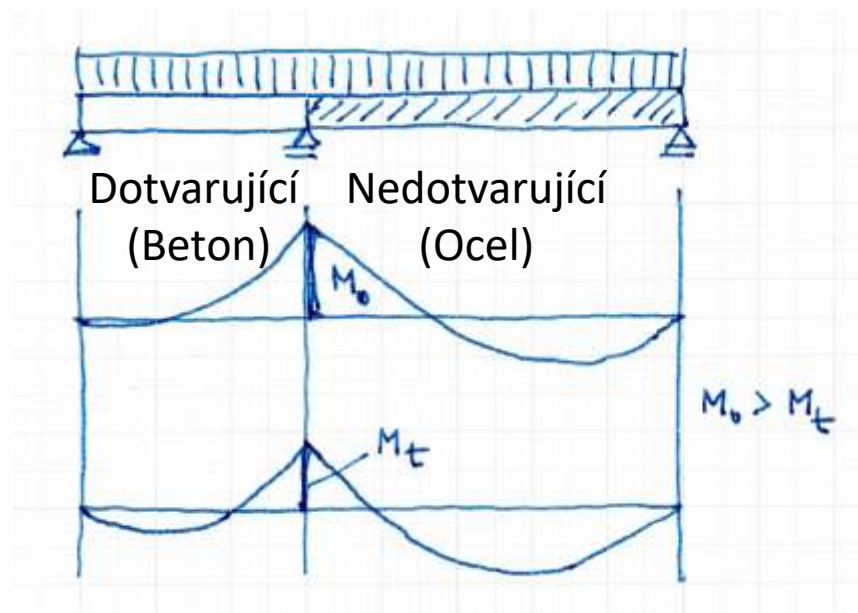
Dotvarování betonu – vliv na působení konstrukcí

B. Staticky neurčité konstrukce

Nehomogenní konstrukce, nemění statický systém

Nosník z různých materiálů

- Beton dotvaruje
- Tuhost betonu klesá
- Namáhání se přesouvá do tužší části
- Tužší část je více namáhána a více se deformuje



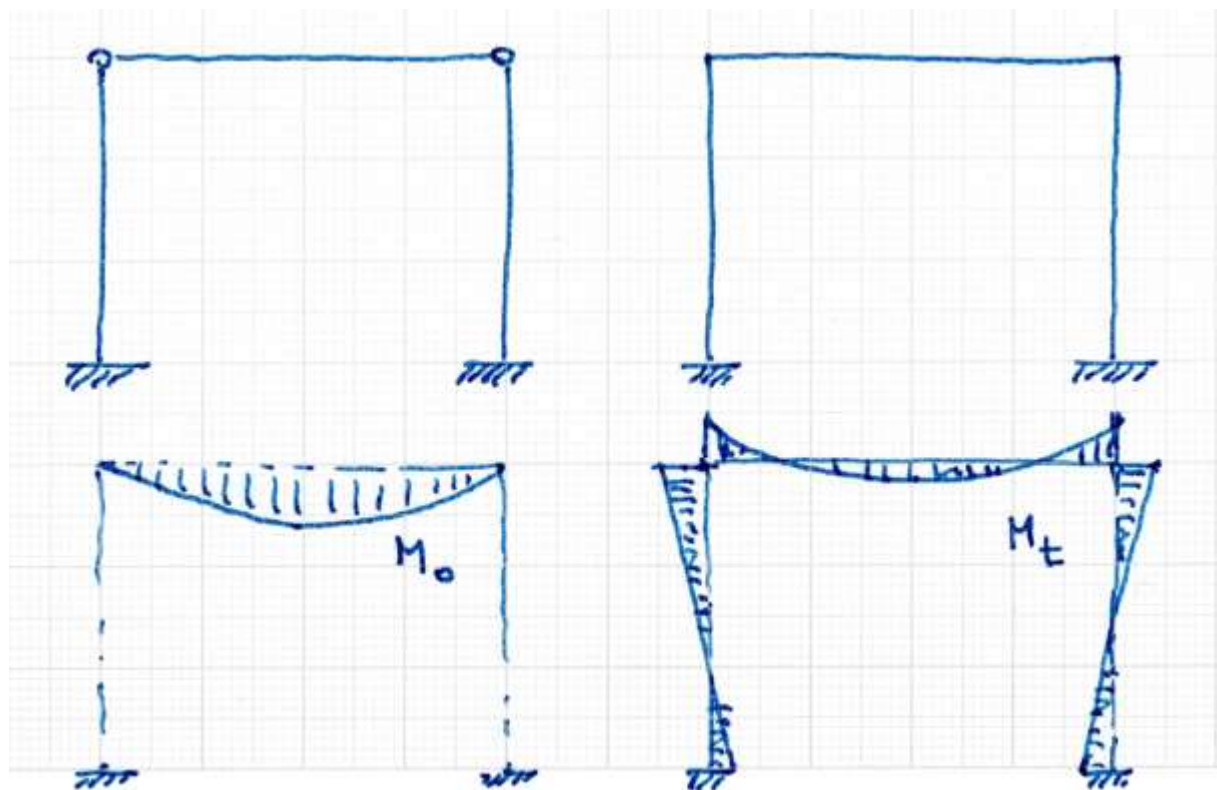
Dotvarování betonu – vliv na působení konstrukcí

B. Staticky neurčitá konstrukce

Konstrukce měnící statický systém

Rámová příčel

- Prostý nosník
- Propojení se sloupy
- Vznikne rám
- Redistribuce vnitřních sil
- Deformace konstrukce



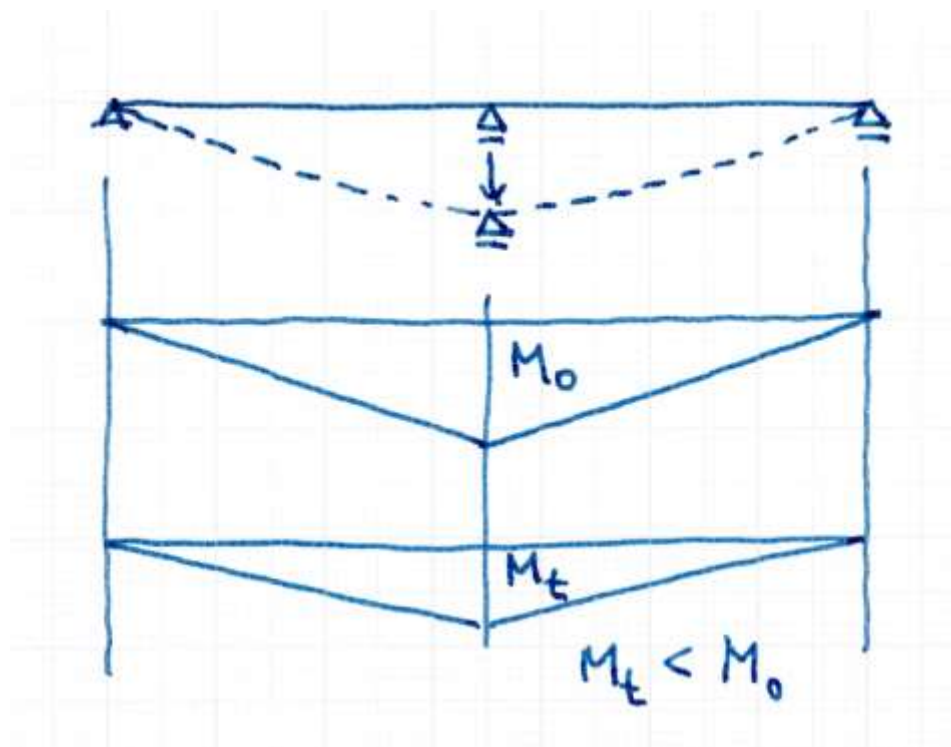
Dotvarování betonu – vliv na působení konstrukcí

B. Staticky neurčitě konstrukce

Konstrukce měnící statický systém

Pokles podpory = změna
okrajových podmínek

- Vznik ohybového momentu
- Vlivem relaxace jeho pokles



Dotvarování betonu – vliv na působení konstrukcí

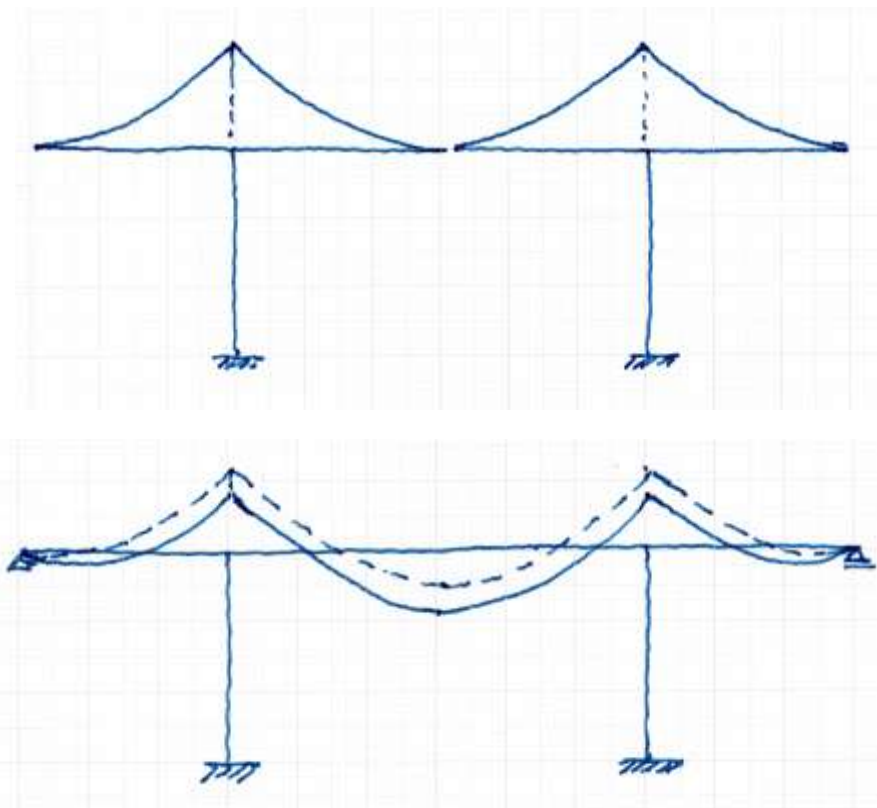
B. Staticky neurčitá konstrukce

Konstrukce měnící statický systém

Konzoly mostu se propojí v rám

- Redistribuce namáhání
- Nárůst deformací

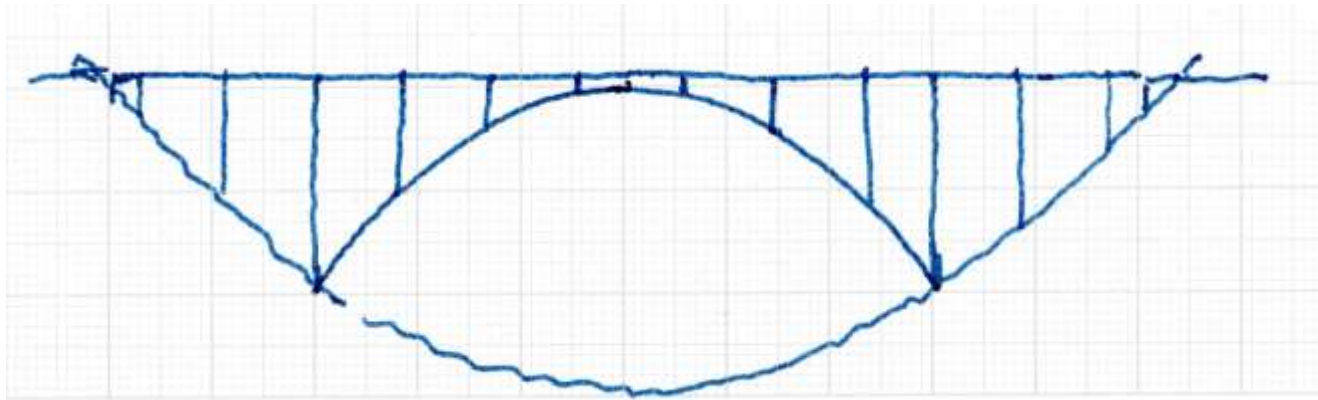
Výsledné namáhání mezi montážním stavem a stavem, kdy by konstrukce byla postavena v definitivním systému.



Dotvarování betonu – vliv na působení konstrukcí

B. Staticky neurčitá konstrukce

Konstrukce měnící statický systém

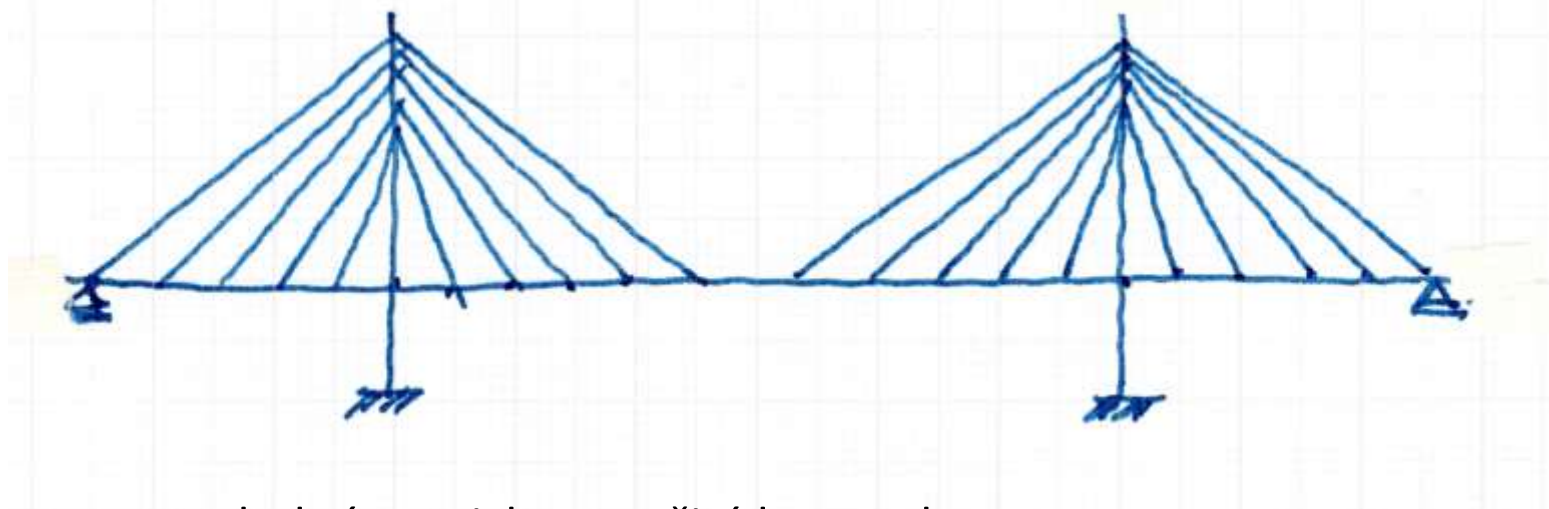


- Mnohokrát staticky neurčitá konstrukce
- Redistribuce namáhání a složitý vývoj deformací
- Podrobný výpočet nutný

Dotvarování betonu – vliv na působení konstrukcí

B. Staticky neurčitá konstrukce

Konstrukce měnící statický systém



- Mnohokrát staticky neurčitá konstrukce
- Redistribuce namáhání a složitý vývoj deformací
- Podrobný výpočet nutný
- Pokud se systém postaví tak, aby vnitřní síly odpovídaly stavu jako kdyby byl most postaven bez změn systému, redistribuce nenastává!

Závěr

- Průběhy napětí se ve výpočtech uvažují zjednodušeně – pozor na trhliny – betonářská výztuž
- U staticky určitých konstrukcí nenastává redistribuce namáhání vlivem objemových změn betonu
- U staticky neurčitých konstrukcí se mění vnitřní síly i deformace s časem, pokud je konstrukce nehomogenní nebo mění statický systém.
- Objemové změny mají velký statistický rozptyl
- Vhodným návrhem lze redistribuci namáhání i nárůst deformací omezit