



NUMERICKÁ ANALÝZA PŘI NAVRHOVÁNÍ MOSTŮ – KROUCENÍ MOSTNÍCH PRŮMĚRŮ

Zpracoval: Prof. Ing. Vladimír Křístek, DrSc., Dr.h.c., FEng. (Fakulta stavební VUT v Praze)

Souhrn

Podle současně používaných návrhových metod výpočet stavu napětí vyvolaného kroucením masivních prizmatických betonových konstrukčních prvků je systém redukován na jednoduchou klec skládající se z táhel a vzpěr. Tento model má však řadu zásadních nedostatků. Hlavním z nich je skutečnost, že torzní účinky nejsou uvažovány v interakci s ostatními současně působícími vnitřními silami.

Metodika

Až do vzniku tahových trhlin působí prut při kroucení jako celek se vznikem smykových napětí podle Saint-Venantovy klasické teorie. Průřez zůstává rovinný – deplanuje. Napětí vznikají pouze smyková – nejvyšší hodnoty jsou dosaženy na povrchu ve střední tloušťce t delší strany obdélníkového průřezu

$$\tau = \frac{M_k}{\alpha t^2 d}$$

kde součinitel α lze uspokojivě aproximovat vztahem $\alpha \approx 0,20817 + 0,05 \ln(d/t)$.

V tomto stavu podélná a příčná betonáská výztuž není od kroucení vůbec namáhána.

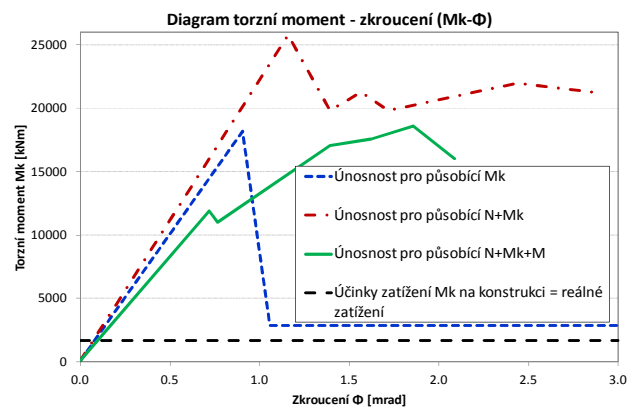
Teprve po dalším zvyšování zatížení a dosažení vzniku prvních trhlin ve střední delší strany průřezu se mobilizuje výztuž a ostatní části průřezu. Právě v tomto prvním známky dosažení porušení nastávají jen ve velmi malém úseku uprostřed šířky delší strany obdélníku. Nejen celé jádro průřezu, ale i celá zbývající část obvodu stále může přenášet další napětí bez porušení. Například oblasti kolem rohů průřezu jsou zcela nevyužity.

Zásadní příznivý vliv na kroucený prvek má současně působící tlakové napětí a těžké působení.

Výsledky

Výsledky řešení příkladu průřezu rozměry $8,62\text{m} \times 1,5\text{m}$ reálné obloukové mostní konstrukce, zatíženého normálovou silou $40\,887\text{ kN}$, ohybovým momentem $15\,775\text{ kNm}$, posouvající silou 203 kN a kroutícím momentem $1\,710\text{ kNm}$, ukazuje obr. 1.

Sklon křivky pro zatížení samotným torzním momentem a torzním momentem spolu s tlakovou normálovou silou je velmi podobný. Liší se však výrazně maximální hodnotou, která odpovídá torznímu momentu na mezi vzniku trhlin. Zásadním zjištěním je skutečnost, že zatížení kroutícím momentem na reálné konstrukci oblouku přispívá k tomu, že průřez (vodorovná přerušovaná čára v obr. 1) je s výraznou rezervou snadno přenesen samotným betonovým průřezem, a to stále ještě v lineárním režimu; znamená to, že příčná výztuž by v bec nebyla namáhána a nelineární režim by ve všech řešených zatíženích kombinacích nebyl mobilizován. Po překročení torzního momentu na mezi vzniku trhlin nastává pokles (ale nikoliv úplná ztráta) torzní kapacity průřezu.



Obr. 1

Závěr

Prokazuje se, že ekvivalentní-náhradní „tenkost-ný“ resp. klecový model používaný v návrhových normách (EC2 a MC2010) pro řešení kroucení má řadu principiálních rozporů se skutečností, zejména:

- nerespektuje skutečný tvar průřezu,
- vztahy pro efektivní tloušťku náhradního průřezu dávají nereálné hodnoty,
- smykový tok v klecovém modelu obíhá průřez ve stálé hodnotě,
- v rozích průřezu udává klecový model nenulové napětí,
- udává podceněné (tedy nebezpečně) hodnoty smykových napětí,
- nerespektuje deplaci průřezu a její omezení,
- úplně ignoruje poruchami nepostižené rozměrné jádro průřezu,
- úplně ignoruje současně působení dalších druhů namáhání, které zásadně ovlivní stav napětí a též způsob porušení,
- klecový model je založen na předpokladu plné funkce a únosnosti betonových tlakových vzpěr.