

RIZIKO KŘEHKÉHO PORUŠENÍ ŽELEZO- BETONOVÝCH PRVKŮ KONSTRUKČNĚ VYZTUŽENÝCH NA ÚČINKY SMYKU A KROUCENÍ

RISK OF A BRITTLE FAILURE OF THE CONCRETE MEMBERS WITH THE MINIMUM SHEAR AND TORSIONAL REINFORCEMENT

Jan Kubát, Jan Vesecký, Lukáš Vráblík

V oblastech železobetonových konstrukčních prvků, kde nevzniknou trhliny od posouvající síly a/nebo krouticího momentu, není dle ČSN EN 1992 třeba počítat smykovou výztuž a postačuje provést pouze minimální (konstrukční) výztužení. Na základě parametrické studie a nelineárních numerických modelů předložený článek ukazuje, že pro běžné čtvercové, obdélníkové a kruhové průřezy může toto doporučení normy snadno vést k návrhu nedostatečně únosné výztuže. V případě vzniku jediné trhliny poté hrozí riziko náhlého křehkého porušení celého prvku, které může nastat např. i pro malé obdélníkové průřezy od velikosti 100 × 300 mm.

According to the ČSN EN 1992, a shear reinforcement of the concrete member does not need to be checked when no cracks occur due to the shear force and/or the torsional moment; in such a case only the minimum shear reinforcement is required. This presented parametric study and nonlinear numerical models show that the recommendation of the Eurocode 2 may easily lead to the design of the insufficient reinforcement for common rectangular and circular cross-section. Subsequently, if a single shear crack occurs, a sudden brittle failure of the whole member may follow, for example even for a small cross-section with dimensions 100 × 300 mm.

Smykové trhliny u železobetonových prvků, které jsou vystaveny posouvající síle, krouticímu momentu nebo interakci těchto dvou vnitřních sil, obecně vzniknou v okamžiku překročení smykové pevnosti betonu. Jelikož není její stanovení jednoduché, viz např. Ráček et al. [6], zpravidla se předpokládá, že odpovídá pevnosti betonu v tahu, tedy $f_v \equiv f_{ct}$. Při návrhu na smyk a kroucení v mezních stavech únosnosti dle ČSN EN 1992 [2], [3], [4] (dále Eurokód 2) není na rozdíl od návrhu na ohyb uvažována nulová tahová pevnost, ale její návrhová hodnota f_{ctd} . Ta nabývá především pro betony vyšších tříd nezanedbatelných hodnot (tab. 1).

Únosnost průřezu před vznikem smykových trhlin je při namáhání posouvající silou úměrná účinné ploše průřezu a stupni vyztužení podélnou výztuží. V případě namáhání kroutícím momentem je úměrná ploše a efektivní tloušťce analogického tenkostěnného dutého průřezu (dále

ATDP). Únosnost může být navýšena působící tlakovou normálovou silou (např. od předpětí), ačkoliv tato skutečnost není vždy zohledněna, viz vztah (12). Pokud působící posouvající síla a/nebo krouticí moment nepřekročí únosnost průřezu při vzniku trhlin, je požadováno pouze minimální (konstrukční) smykové vyztužení, které má mimo jiné zajistit duktilní chování v případě porušení prvku.

V článku je představeno porovnání únosnosti plného betonového průřezu při vzniku smykových trhlin a únosnosti konstrukční smykové výztuže po vzniku trhlin pro základní tvary průřezů: kruhový, čtvercový a obdélníkový s poměrem stran 1 : 2 a 1 : 3 (obr. 1).

Přijaté předpoklady

Vzhledem k závislosti únosnosti průřezu před a po vzniku trhlin na velkém množství parametrů bylo pro studii přijato několik zjednodušujících před-

pokladů. Některé parametry byly zvoleny jako konstanty vystihující typické případy použití. Není-li uvedeno jinak, bylo uvažováno následující:

- namáhání posouvající silou a kroutícím momentem nikdy nepůsobí současně;
- konstrukční prvky jsou vyrobeny výhradně z tříd betonu vyhovujících Eurokódu 2;
- je použita výhradně betonářská výztuž B500B;
- materiálové součinitele odpovídají základním hodnotám $\gamma_c = 1,5$ a $\gamma_s = 1,15$;
- v prvku nepůsobí žádná osová síla a tedy $\sigma_{cp} = 0$;
- příčná výztuž je tvořena výhradně třmínky $\varnothing_{sw} = 8$ mm se sklonem $\alpha = 90^\circ$;
- třmínky na posouvající sílu jsou vždy dvoustřížné a třmínky na kroucení jednostřížné;
- stupeň vyztužení podélnou výztuží odpovídá $\rho_l = 0,5 \% = 0,005$;