PŘEDPJATÁ MOSTNÍ KONSTRUKCE – POSOUZENÍ DLE ČSN A EUROKÓDU

PRESTRESSED BRIDGE STRUCTURE – ASSESSMENT BY THE ČSN AND EOROCODES

TOMÁŠ LANDA

Některé aspekty výpočtu předpjaté konstrukce při přechodu z ČSN na EC, metodika, postup, vliv na konkrétní velikost předpětí.

Some aspects of the prestressed structure calculation regarding the transfer from the CSN standards to the EC. The methods, procedure and effect on the magnitude of prestress are also discussed.

Období souběžné platnosti ČSN a ENV se chýlí ke konci a ukazuje se, že se nepodařil jeden z hlavních cílů této přechodné etapy – zavedení přednorem ENV k praktickému užití. Nejvíce to pociťují tvůrci NAD, kteří předpokládali bohatý srovnávací materiál ve formě reálných projektů. Jedním z důvodů této skutečnosti je zřejmě i malá propagace Eurokódů mezi odbornou veřejností a v tisku. Následující článek se snaží alespoň malou měrou přispět k vyrovnání tohoto dluhu. V rámci tvorby NAD k předběžným Eurokódům byla provedena řada výpočtů k ověření vztahu obou soustav norem. Na programu se spolupodílela projekční firma Promo a to zejména srovnávacími výpočty mostu Čekanice (předpjatý betonový most se silničním provozem). V článku jsou uvedeny některé subjektivní poznatky, ke kterým jsem jako řešitel výše zmíněného úkolu dospěl.

V první části jsou uvedeny některé obecné poznatky ze srovnání stávající ČSN 73 6207 a budoucí ENV ČSN 1992, v závěru je pak proveden pokus o předběžné kvantitativní zhodnocení.

Tab. 1 Vztah uvažovaného zatížení a posudku dle ČSN a EC

Tab. 1 Relation of the assumed loading and expert evidence by the ČSN and EC

Ř.	Účinky	Posuzováno	Zatížení dle soustavy norem	
			ČSN	EC
1	ohybové	hranové napětí	normální	MSP
2		moment únosnosti	zvětšené	MSÚ
3	smykové	hlavní tah	normální	nepožaduje
4		hlavní tah	zvětšené	MSÚ

K údajům v tabulce:
- v MSÚ není posuzován přímo smyk, nýbrž smyková únosnost stěny

SROVNATELNÁ METODIKA POSOUZENÍ

Nezabýváme se zde problematikou zatížení (odlišná zatěžovací schémata) a výpočtu vnitřních sil.

V oblasti posouzení lze po podrobnější analýze dospět k závěru, že rozdíly mezi normami nejsou zásadního charakteru. V zásadě existují v obou soustavách dva druhy posudků:
- v ČSN pro zatížení normální; u EC odpovídá mezní stav použitelnosti MSP,
- v ČSN pro zatížení zvětšené (mezní); u EC odpovídá mezní stav únosnosti MSÚ.

Omezíme-li se na posouzení napjatosti (resp. skupinu mezních stavů označovanou v EC jako EQU), lze shrnout kombinace vstupující do vztahů v tabulce 1.

Rozhodující pro návrh standardní předpjaté konstrukce jsou podmínky uvedené v řádcích 1 a 2. Obvykle se z nich při návrhu vychází a značnou měrou ovlivňují velikost nákladů.

OHYBOVÉ ÚČINKY

Obě normy předpokládají kategorizaci konstrukcí v závisloti na jejich účelu, lokalizaci atd. ČSN definuje pro tento účel tři kategorie (předpětí plné, omezené a částečné), EC kategorií pět (označeny A až E). *Poznámka: zatřídění dle EC můžeme dnes jen předběžně odhadovat; předpokládá se, že pro předpjaté mosty budou vyhrazeny především kategorie A až C (D a E spíše pro železobetonové konstrukce).*

Přijmeme-li předchozí předpoklad, nabízí se srovnání ČSN a EC v každé ze tří kategorií. Pro jednoduchost a přehlednost uvádíme v tab. 2 podmínku normálových napětí pro zatížení hlavní u ČSN, resp. podmínku dekomprese pro MSP u EC, vše ve vztahu k nahodilým zatížením. Pomineme-li drobné rozdíly v pohyblivém zatížení, v každé kategorii požaduje EC o (redukovaný) vliv teploty více nežli ČSN. *Poznámka: podmínka celkového zatížení jako další kritérium dle ČSN pro přehlednost nejsou uvedena.*

MOMENT ÚNOSNOSTI

Při návrhu dle ČSN se první odhad předpětí provádí právě z momentu únosnosti (řádek 2 tab.1); u EC naopak téměř vždy rozhoduje řádek 1, a podmínka momentu únosnosti je poté splněna vždy. Příčinou je velikost součinitelů pro mezní zatížení – rozepsáním řádku 2 z tab. 1 máme:

dle ČSN $M_{Ú} \geq s\,(M_{stálé} + M_{pohyb})$,
kde $s = 2{,}0$ pro zatížení hlavní

dle EC $M_{Ú} \geq \psi\,.\,(M_{stálé} + M_{pohyb})$,
kde $\psi = 1{,}35$

Hodnota momentu únosnosti je dle obou metodik v zásadě srovnatelná.

Z předchozího vyplývá, že zatímco při výpočtu dle ČSN lze plnohodnotně odhadnout velikosti předpětí právě z výpočtu $M_{Ú}$, výpočet $M_{Ú}$ dle EC nelze takto použít a je naopak třeba provést návrh z podmínky řádku 1 tabulky 1 (kritérium omezení napětí).

SMYKOVÉ NAMÁHÁNÍ

Smyková únosnost stěny je dle EC funkcí geometrie, stupně vyztužení a celkové normálové síly. Srovnáme-li s výpočtem

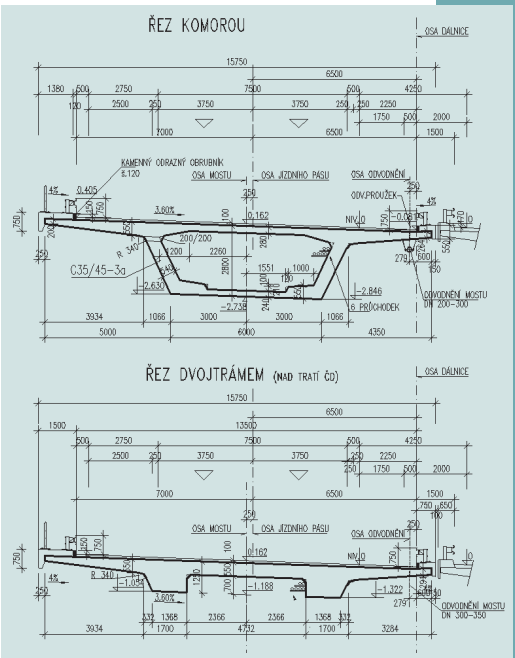
Tab. 2 Podmínky dekomprese při výpočtu ohybových účinků dle ČSN a EC

Tab. 2 Decompression conditions in the calculation of bending moments by the ČSN and EC

V krajním vlákně nemá vzniknout tah pro:							
Předpětí	Kategorie	Zatížení [%]		Kategorie	Zatížení [%]		(Kombinace)
	dle ČSN	pohyblivé	teplota	dle EC	pohyblivé	teplota	
plné	1	100	0	A	80	60	(občasná)
omezené	2	50	0	B	60	50	(častá)
částečné	3	0	0	C	0	50	(kvazistálá)

K údajům v tabulce:
- velikost zatížení pohyblivého u EC je nutně zjednodušena, v tabulce je uvedena průměrná hodnota (ve skutečnosti se provádí zvlášť výpočet pásu a náprav)

Obr. 1 Model mostu Čekanice II, v pozadí most z roku 19994
Fig. 1 Model of Čekanice II Bridge with another bridge dating back to 1994 in the background



Obr. 2 Příčné řezy mostem Čekanice II
Fig. 2 Cross sections of the bridge of Čekanice II

dle ČSN, kde bylo třeba počítat napětí po výšce průřezu pro obě zatížení (řádky 3 a 4 tab.1), je zjednodušení evidentní. Obdobným způsobem je řešena úloha propíchnutí, kde v ČSN není ekvivalent. Návrh třmínkové výztuže dle EC je rychlý a jednoduchý, norma obsahuje navíc mnoho konstrukčních pokynů k omezení vzniku trhlin, omezení dotvarování atd.

Naopak v EC není uvedeno, jak se zvýší únosnost stěny svislým předpětím (norma vychází zřejmě z aplikací v pozemním stavitelství, kde tento způsob není obvyklý).

DÁLNIČNÍ MOST ČEKANICE

Dálniční most (obr. 1) se skládá ze dvou konstrukčně odlišných částí – z komory a dvoutrámu (obr. 2).

Porovnání je provedeno pouze pro podmínku omezení napětí vždy v řezu podporovém a v poli. Je použito obecnějších vztahů než v tabulce 2 (u ČSN se jedná navíc o zavedení podmínek pro celkové zatížení, u EC jsou uvažovány všechny kombinace dle normy). Vliv smykového namáhání nebyl uvažován.

Pro porovnání byly provedeny 3 výpočty:

- posouzení dle ČSN 73 6203 Zatížení mostů pro zatížení (pohyblivé a teplotou)
- posouzení dle EC pro zatížení shodně dle předchozího bodu
- posouzení dle EC pro zatížení dle ENV 1991-3 Zatížení dopravou, resp. ENV 1991-2-5 Zatížení teplotou.

Porovnání prvního a druhého výpočtu ukazuje na vliv metodiky, výpočet pohyblivého zatížení však není ve vztahu k posouzení dle EC zcela korektní (rozdělení na rovnoměrné a nápravy), uvažováno seskupení I dle ČSN.

Porovnání prvního a třetího výpočtu naznačuje důsledky zavedení Eurokódů do praxe.

Kabely standardního tvaru jsou navrženy pro plné předpětí dle ČSN (představuje koeficient 1,0), ostatní stavy jsou porovnávány s tímto předchozím. Jsou srovnávána napětí v tažené oblasti ve smyslu ČSN.

Další předpoklady výpočtu:

- materiál konstrukce – C35/45 (PB500),
- kotevní napětí je uvažováno rozdílně (ČSN umožňuje oproti EC vyšší využití předpínací výztuže),
- zatížení dle EC je uvažováno s národními koeficienty dle změny z března 2000 ($\alpha_{Qi} = 0{,}8$; $\alpha_{q1}=0{,}8$).

ZÁVĚR

V článku jsou uvedeny některé výpočetní aspekty při přechodu z ČSN na EC.

Na dvou často užívaných řešeních příčného řezu (dvoutrám, komora) je provedeno srovnání nutné velikosti předpětí v závislosti na zatřídění konstrukce a způsobu výpočtu. Srovnání vychází z posouzení normálových napětí daných podmínkami v řádcích 1 a 2 tabulky 1, v nichž se jeví rozdíl mezi ČSN a EC nejvýrazněji.

Výsledky naznačují, že přechod na Eurokódy přináší zvýšení množství předpínací výztuže už i při zachování současné intenzity zatížení. Při zavedení zatěžovacího schématu dle ENV 1991-3 je zvýšení zpravidla ještě výraznější.

Literatura:
[1] ČSN P ENV 1992-1-1 Navrhování betonových konstrukcí, obecná pravidla
[2] ČSN P ENV 1992-2 Navrhování betonových konstrukcí, část 2 – Betonové mosty

Ing. Tomáš Landa
Promo, s. r. o.
K Ryšánce 1668/16, 147 54, Praha 4
tel. 241 440 770/234, fax. 241 445 504
e-mail: landa@promo.cz

Tab. 3 Most Čekanice – velikost podélného předpětí dle ČSN a EC
Tab. 3 Čekanice Bridge – magnitude of the longitudinal prestress by the ČSN and EC

Ř.	Kategorie dle ČSN	Dvoutrám				Komora			
		plné	částečné	omezené	sb_MÚ	plné	částečné	omezené	sb_MÚ
1	zatížení dle ČSN	1,00	0,90	0,75	0,49	1,00	0,82	*0,64	0,75
	Kategorie dle EC	A	B	C	MSÚ	A	B	C	MSÚ
2	zatížení dle ČSN	1,13	1,02	0,81	0,39	1,32	1,16	0,95	0,49
3	zatížení dle EC	1,27	1,14	0,82	0,44	1,25	1,13	0,87	0,51

Poznámky k tabulce:
sb_MÚ – stupeň bezpečnosti na mezi únosnosti, dle ČSN uvažováno zatížení hlavní a celkové
MSÚ – dle EC nemusí být do podmínky zahrnuta teplota
* Uvedeno pro srovnání, ve skutečnosti nesmí poklesnout pod mez danou stupněm bezpečnosti – poslední sloupec snížení předpětí u komory mezi 2 a 3 řádkem je dáno příznivějším teplotním zatížením dle EC oproti ČSN.