

POZNÁMKA K RELAXACI PŘEDPÍNAČÍ VÝZTUŽE DLE EN 1992-1-1

COMMENT ON RELAXATION OF PRESTRESSING REINFORCEMENT ACCORDING TO EN 1992-1-1

JAROSLAV NAVRÁTIL

Příspěvek se zabývá výpočtem relaxace předpínací výztuže dle nové ČSN EN 1992-1-1 a srovnáním vypočtených hodnot s hodnotami dle dosud platných českých norem.

The paper deals with the calculation of relaxation of prestressing reinforcement according to new ČSN EN 1992-1-1, and with the comparison of calculated values with those obtained according to valid Czech national codes.

Čerstvé vydání dlouho očekávaného konečného znění ČSN EN 1992-1-1 [3] znamená pro projektanty a tvůrce statického software po dlouhé době „přednorem“ pevný bod, ze kterého mohou vycházet při své profesní činnosti. Firma SCIA reaguje promptně přípravou nových modulů [7] pro posouzení železobetonových i předpjatých konstrukcí podle [3]. Změny výpočtu relaxace předpínací výztuže oproti předchozím verzím EC2 i oproti dosud platným českým normám mne inspirovaly k provedení jednoduché srovnávací studie.

ČASOVĚ ZÁVISLÉ VLASTNOSTI PŘEDPÍNAČÍ OCELI

Relaxace způsobuje v čase úbytek napětí v oceli zatížené neměnným deformačním zatížením (protažením). V normách se většinou definuje celková ztráta napě-

tí relaxací v čase nekonečno (celková relaxace, kapacita relaxace), která závisí na konstantním relativním napětí v kabelu. Relativní napětí je poměr napětí v kabelu a charakteristické pevnosti v tahu, případně meze 0,2. Relaxace roste v čase, přičemž její průběh je přibližně lineární v závislosti na logaritmu času. Celková relaxace v čase nekonečno i průběh ztráty relaxací v čase bývají poskytovány ve formě tzv. relaxačních tabulek výrobcem předpínací výztuže nebo jsou definovány v normách.

Celková ztráta napětí relaxací v čase nekonečno

V obr. 1 je vynesena ztráta napětí relaxací v předpínacích lanech v čase nekonečno dle dosud platných českých norem [1] a [2], doporučení CEB-FIP 1990 [4] a ČSN EN 1992-1-1 [3]. Do třídy 1 podle [4] a [3] patří předpínací výztuž s „běžnou“ relaxací. To odůvodňuje rozdíly v kapacitě relaxace oproti předpínací výztuži třídy 2, která je v poměrně dobré shodě s kapacitou relaxace popouštěných a stabilizovaných lan dle [1] a [2]. Problémem ovšem je, že [3] vztahuje relativní napětí k charakteristické pevnosti v tahu, zatímco např. [1] k mezi 0,2. To vede při stejné úrovni napětí k výrazně větší kapacitě relaxace podle [1] než podle [3].

Průběh ztráty relaxací v čase

Na rozdíl od všech doposud používaných norem a předpisů [1], [2], [4] závisí v [3] průběh ztráty relaxací v čase na relativním napětí v kabelu vztaženém k charakteristické pevnosti v tahu, viz vzorce (3.28) až (3.30) v [3]. Provedeme-li grafické srovnání průběhu ztráty relaxací v čase podle

všech předpisů, získáme na první pohled nesourodou řadu křivek (obr. 2). Z obrázku vyplývá, že průběh relaxace dle [1] a [2] víceméně odpovídá průběhu dle [3] pro velmi vysoké (teoreticky dosažitelné) relativní napětí v kabelu. Na obrázku je uveden průběh pro 0,95 násobek charakteristické pevnosti v tahu f_{pk} . Tak vysoké napětí v kabelu však nebývá při napínání ani v průběhu životnosti konstrukce dosaženo (běžně dosahovaná úroveň napětí v kabelu je cca 0,7 f_{pk}). Průběh relaxace dle [4] odpovídá průběhu dle [3] pro úroveň napětí v kabelu 0,7 až 0,8 f_{pk} . Znamená to, že zejména hodnoty krátkodobé ztráty relaxace a korekce relaxace podržením napětí budou dle [3] výrazně menší než při výpočtu dle [1] nebo [2], což dokumentuje i následující příklad.

VÝPOČET ZTRÁTY PŘEDPĚTÍ RELAXACÍ PŘEDPÍNAČÍ VÝZTUŽE

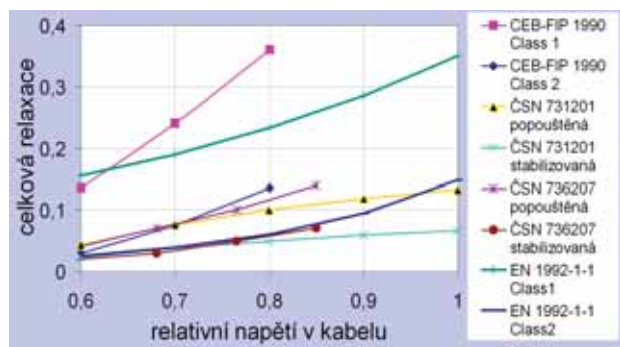
Korekce relaxace podržením napětí při předpínání

S ohledem na to, že relaxace předpínací výztuže je negativním jevem (dochází ke snižování předpětí), snažíme se její velikost snižovat jednak použitím speciálních materiálů (lana s nízkou relaxací) a dále výrobním postupem – tzv. korekce relaxace podržením napětí při předpínání (obr. 3).

V tabulce 1 je proveden výpočet korekce relaxace podržením napětí pro popouštěnou předpínací výztuž L_p 15.5 – 1800

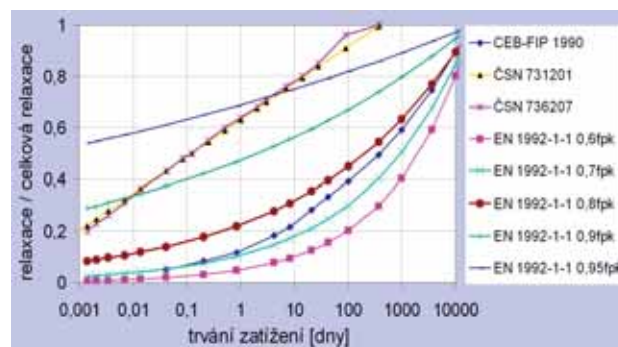
Obr. 1 Ztráta napětí relaxací v předpínacích lanech v čase nekonečno

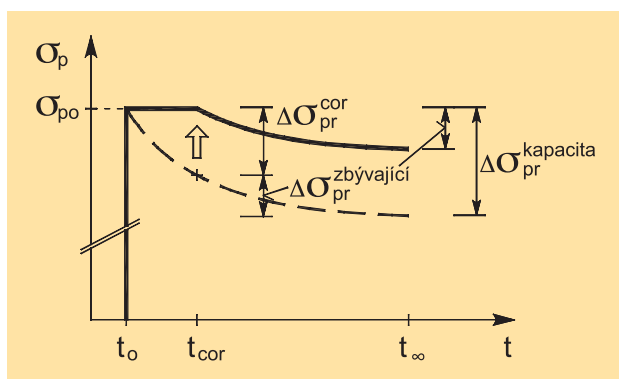
Fig. 1 Relaxation loss in prestressing strands at infinite time



Obr. 2 Průběh ztráty relaxací v čase

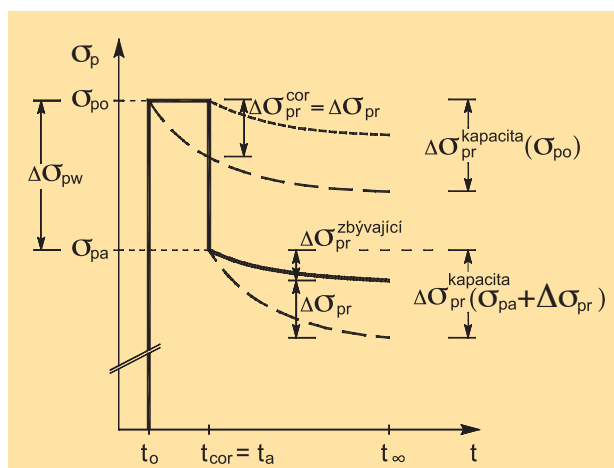
Fig. 2 Time-development of relaxation loss in time





Obr. 3 Korekce relaxace podržením napětí

Fig. 3 Correction of relaxation by keeping constant stress



Obr. 4 Ztráta relaxací předpínací výztuže

Fig. 4 Relaxation loss of prestressing reinforcement

dle [1] a odpovídající lano s nízkou relaxací třídy 2 dle [3]. Výpočtem bylo potvrzeno, že hodnota korekce relaxace podržením napětí je v případě [3] výrazně menší.

Ztráta relaxací předpínací výztuže

Pro stejný typ předpínací výztuže a za předpokladu podržení napětí dle tabulky 1 byla postupem dle [3], Annex D vypočtena relaxace předpínací výztuže v ča-

se 365 dnů. Výpočtem bylo opět potvrzeno, že hodnota relaxace je v případě [3] výrazně menší. K tomu přispívá i výše uvedená skutečnost, že při stejné úrovni napětí je kapacita relaxace podle [1] výrazně větší než podle [3].

ZÁVĚR

Nově zavedená závislost průběhu ztráty relaxací v čase na relativním napětí v kabelu vztaženém k charakteristické pevnosti v tahu se liší od předpokladů doposud používaných v [1], [2], [4]. To může komplikovat doposud používané algoritmy pro výpočet. Odlišnost průběhu relaxace pro běžnou úroveň napětí potom znamená, že ztráta relaxace a korekce relaxace podržením napětí jsou výrazně menší než při

výpočtu dle [1] nebo [2]. K tomu přispívá i skutečnost, že při stejné úrovni napětí je kapacita relaxace podle [1] výrazně větší než podle [3], protože [3] vztahuje relativní napětí k charakteristické pevnosti v tahu, zatímco [1] k mezi 0,2.

Doc. Ing. Jaroslav Navrátil, CSc.

SCIA CZ, s. r. o

Slavičkova 1a, 638 00 Brno

e-mail: navratil@scia.cz

Ústav betonových a zděných konstrukcí

VUT v Brně

Veveří 95, 662 37 Brno

tel. 541 147 849, fax 543 212 106

e-mail: navratil.j@fce.vutbr.cz

Literatura:

- [1] ČSN 73 6207: Navrhování mostních konstrukcí z předjatého betonu, ČNI, 1993
- [2] ČSN 73 1201: Navrhování betonových konstrukcí, Vydavatelství ÚNM Praha, 1987
- [3] ČSN EN 1992-1-1 Eurokód 2: Navrhování betonových konstrukcí – Část 1-1: Obecná pravidla pro pozemní stavby, první návrh překladu s národní přílohou, ČNI, 2005
- [4] CEB-FIP: CEB-FIP Model Code 1990, Final Draft 1991, BULLETIN D'INFORMATION No 203, Comité Euro-International du Béton, Lausanne, 1990
- [5] Navrátil J.: Předjaté betonové konstrukce. 1. vydání, Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, 2004
- [6] NEXIS 32 Fáze výstavby, předpínací kabely, TDA. Manuál systému programů pro projektování prutových a stěnodeskových konstrukcí, SCIA CZ, 2000
- [7] SCIA.ESA PT – Software System for Analysis, Design and Drawings of Steel, Concrete, Timber and Plastic Structures, SCIA Group nv, Industrieweg 1007, B-3540 Herk-de-Stad, Belgium, www.scia-online.com

Tab. 1 Výpočet korekce relaxace podržením napětí

Tab. 1 Calculation of correction of relaxation

Text článku byl lektorován.

EN 1992-1-1 Annex D	f_{pk} [MPa]	ρ_{1000} [%]	σ_{p0} [MPa]	μ	t_0 [min]	t_{cor} [min]	$\Delta\sigma_{pr}^{cor}$ [MPa]
	1800	2,5	1440	0,8	0	5	-8,426
ČSN 73 6207	f_{02} [MPa]	ρ_{p0} [MPa]	σ_{p0}/f_{02}	$\Delta\sigma_{pr}^{kapacita}$	t_0 [min]	t_{cor} [min]	$\Delta\sigma_{pr}^{cor}$ [MPa]
	1530	1440	0,9412	-167,718	0	5	-43,607

Tab. 2 Výpočet ztráty relaxací předpínací výztuže dle [3], Annex D

Tab. 2 Calculation of relaxation loss of prestressing reinforcement acc. [3], Annex D

EN 1992-1-1 Annex D	σ_{pa} [Mpa]	$\sigma_{pa} + \Delta\sigma_{pr}$ [MPa]	μ	odhad t_e [hod]	t_{365} [hod]	$\Delta t = t_{365} - t_e$ [hod]	$t_e + \Delta t$ [hod]	$\Delta\sigma_{pr}^{365}$ [MPa]
	1280	1288,426	0,7158	82,66	8760	8759,917	8842,577	-14,387
ČSN 73 6207	σ_{pa} [Mpa]	$\sigma_{pa} + \Delta\sigma_{pr}$ [MPa]	σ_p/f_{02}	t_e [dny]	t_{365} [dny]	$\Delta t = t_{365} - t_e$ [dny]	$t_e + \Delta t$ [dny]	$\Delta\sigma_{pr}^{365}$ [MPa]
	1280	1323,607	0,8651	0,01706	365	364,997	365,014	-74,897