

MOŽNOSTI PROGRAMU NEXIS PRO ŘEŠENÍ PŘEDPJATÝCH PLOŠNÝCH KONSTRUKCÍ

EPW PROGRAM CAPABILITIES FOR THE ANALYSIS OF PRESTRESSED SLABS

JAROSLAV NAVRÁTIL

Příspěvek ukazuje možnosti, které program NEXIS skýtá pro statické řešení předpjatých plošných konstrukcí kombinací modulů pro zadání a řešení účinků předpětí a pro posouzení železobetonových plošných prvků.

The paper shows the capabilities of EPW program to provide the user with the structural solution of prestressed concrete slabs using the module for input and analysis of prestressing and the module for the design and checks of reinforced slab members.

Program NEXIS je v současné době velmi obecným nástrojem pro statickou analýzu předpjatých betonových konstrukcí umožňující celou škálu modelů od nosníku přes rovinný či prostorový rám až po obecnou 3D deskostěnovou konstrukci. Není tomu tak, ale v případě návazných modulů pro posouzení předpjatých betonových konstrukcí ve smyslu národních norem. Kromě modulu pro posouzení předpjatých betonových prutů podle normy pro mostní stavby ČSN 73 6207 [1] není v současné době (podzim 2004) možné posouzení předpjaté konstrukce podle žádného dalšího platného předpisu, např. [2], [6]. V případě plošných konstrukcí (předpjaté desky) se však speciálního nástroje či návodu na posouzení předpjaté konstrukce ani nedočkáme. Normy totiž ve formulaci podmínek bezpečnosti pracují s integrálními veličinami.

Jistou možnost provedení posouzení však program přesto nabízí.

PRINCIP METODY ŘEŠENÍ

Jednou z velmi významných možností návrhu předpjaté konstrukce je návrh předpětí metodou vyrovnání zatížení [4]. Stručně řečeno předpětí je použito k vyrovnání ohybových a smykových namáhání od stálých zatížení, případně od jisté části stálých zatížení. Pro přenesení nevyrovnané části mezního zatížení potom slouží nepředpjatá betonářská výztuž, případně rezerva napětí v předpínací výztuži. Zanedbáme-li rezervu napětí v předpínací výztuži, je řešení předpjaté desky omezeno na návrh a posouzení nepředpjaté betonářské výztuže. Ta musí přenést vnitřní síly od rozdílu vnějších zatížení a zatížení od předpětí. I v případě částečně předpjaté betonu získáme řešení blížící se k přesnému řešení. Pro výpočet pak můžeme použít standardní moduly programu NEXIS pro dimenzování a posouzení železobetonových plošných konstrukcí, které poskytují velmi obecné řešení [3].

OVĚŘENÍ PŘESNOSTI ŘEŠENÍ

Analýza výseku prostě uložené desky

Za účelem ověření přesnosti nabízeného řešení byl analyzován výsek prostě uložené desky vyztužené v jednom směru (obr. 1). Tloušťka desky byla zvolena 370 mm, materiál C30/37, rozpětí desky 10 m. Deska byla zatížena vlastní tíhou, ostatním

stálým zatížením 5 kNm^{-2} a rovnoměrným nahodilým zatížením 12 kNm^{-2} . V první fázi výstavby [5] bylo předpokládáno pouze zatížení vlastní tíhou a předpětím, ve druhé fázi výstavby pak ostatním stálým zatížením, přičemž byla zároveň uvažována možnost okamžitého působení nahodilého zatížení. Celková hodnota ohybového momentu uprostřed rozpětí od vnějšího zatížení tedy činila $332,75 \text{ kNm}$. Účinky dotvarování a smršťování betonu byly pro jednoduchost a bez újmy na obecnosti zanedbány. Pro statické řešení byl použit standardní MKP řešič.

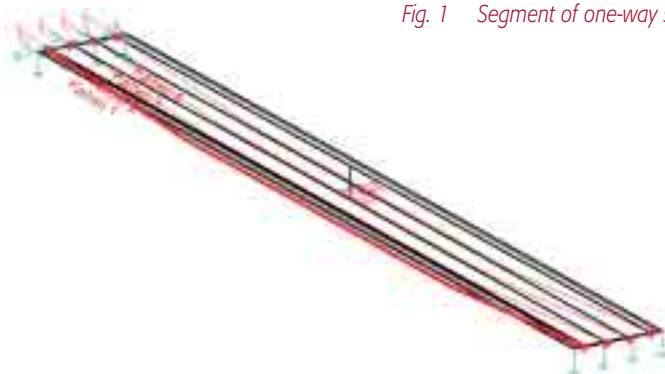
Výsek desky byl vyztužen čtyřmi lany LSA 15,5 tvaru paraboly se vzepětím 150 mm o počátečním napětí 1440 MPa a pokluzu 1 mm. Průběh ztrát předpětí byl uvažován podle obr. 2.

Předpokládáme dále, že výsek desky bude vyztužen betonářskou nepředpjatou výztuží o průměru 10 mm. Abychom zabezpečili (pro pozdější srovnání) stejné rameno vnitřních sil jako u předpjaté výztuže, umístíme betonářskou výztuž s krytím 30 mm. Výpočtem v programu NEXIS zjistíme plochu betonářské výztuže při spodním okraji nutnou pro zajištění požadované mezní únosnosti bez využití „zůstatkové“ kapacity předpínací výztuže (obr. 3). Pokud přepočteme tuto plochu na počet profilů výztuže S500 o průměru 10 mm, získáme hodnotu 8,2 výztužných vložek.

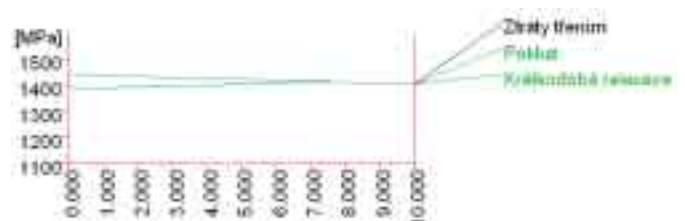
Pokud jednoduchým způsobem vypočteme „zůstatkovou“ kapacitu předpínací výztuže jako velikost síly, kterou předpína-

Obr. 1 Výsek desky vyztužené v jednom směru

Fig. 1 Segment of one-way slab



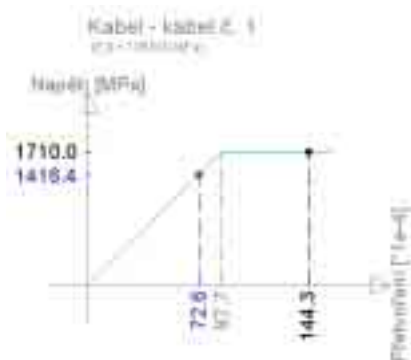
Obr. 2 Krátkodobé ztráty předpětí
Fig. 2 Short-term losses of prestressing



Napětí v kabelech uprostřed pole po krátkodobých ztrátách [MPa]	1405
Celková průřezová plocha kabelů [mm ²]	566,28
Mezní napětí [MPa]	1710
Kapacita napětí v předpínací výtuzi [MPa]	305
Kapacita síly v předpínací výtuzi [kN]	173
Kapacita napětí betonářské výtuzi [MPa]	500
Nutná plocha ekvivalentní kapacitě síly v předpínací výtuzi [mm ²]	345,43
Nutný počet Ø 10 S500 ekvivalentní kapacitě síly v předpínací výtuzi	4,4

Tab. 1 Zůstatková kapacita síly v předpínací výtuzi

Tab. 1 Vestigial capacity of prestressing reinforcement



(a) předpínací výtuz

(b) beton

Obr. 4 Přetvoření a napětí na mezi únosnosti, průřez bez betonářské výtuzi

Fig. 4 Strains and stresses at ultimate limit state, cross-section without nonprestressed reinforcement

ci výtuz můžeme zatížit do vyčerpání její únosnosti, získáme hodnotu 173 kN, což je ekvivalentní únosnosti 4,4 profilů Ø 10 mm S500 (tab. 1).

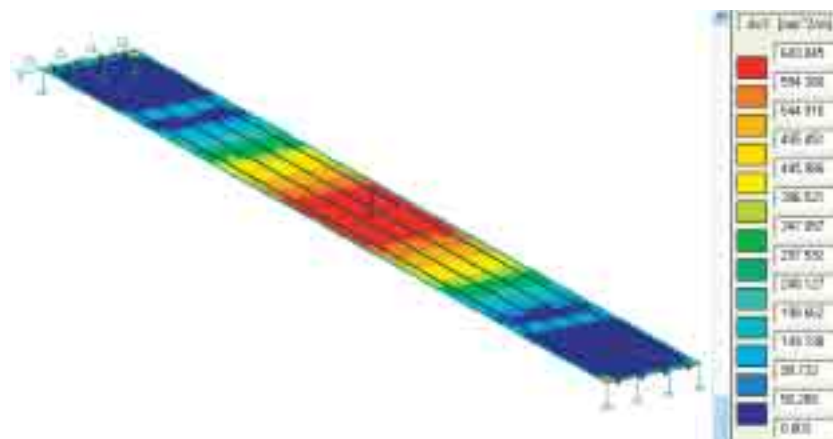
Výšek desky jako prostý nosník

Nosníkový charakter řešeného výseku desky umožňuje srovnání mezní únosnosti výseku s prutovým modelem, na kterém je možné analyzovat zpřesněný

Tab. 2 Převod materiálových charakteristik

Tab. 2 Conversion of material characteristics

B400 ~ C30/37	[MPa] / [-]
B400 => R _{200m}	40,00
R _{150m} = 1,05 R _{200m}	42,00
f _{cm} = R _{150m} / κ	36,52
f _{ck} = f _{cm} - 1,645*s	30,76
κ	1,15
s	3,50



Obr. 3 Nutná plocha betonářské výtuz vypočtená bez využití zůstatkové kapacity předpínací výtuzi

Fig. 3 Necessary reinforcement area calculated without vestigial capacity of prestressing reinforcement

mentu uprostřed rozpětí od vnějšího zatížení 307,48 kNm (obr. 4).

Vyztužíme-li výsek desky postupně dvěma až čtyřmi pruty betonářské výtuz o průměru 10 mm vždy tak, aby rameno vnitřních sil bylo stejné jako u předpjeté výtuzi, získáme moment na mezi únosnosti podle tab. 3. Z toho vyplývá, že

výpočet mezní únosnosti kritického průřezu uprostřed pole. Proto byl v programu NEXIS vytvořen prutový model naprosto stejné konstrukce. S ohledem na omezení modulu pro posouzení předpjetých betonových prutů pouze na normu pro mostní stavby ČSN 73 6207 [1], byl proveden přepočítání materiálových charakteristik použitého betonu na charakteristiky dle normy pro mostní stavby (tab. 2). Vzhledem ke způsobu výpočtu mezního zatížení podle stupně bezpečnosti bylo třeba přepočítat rovněž zatížení respektive vnitřní síly působící na průřez. Na tomto modelu byl proveden výpočet statických účinků a posouzení kritického průřezu. Pokud byl ve výpočtu únosnosti uvažován průřez bez betonářské výtuzi, pak průřez nevyhověl. Mezního stavu bylo dosaženo již při celkové hodnotě ohybového mo-

Tab. 3 Moment únosnosti

Tab. 3 Ultimate moment

Počet profilů Ø10 mm	M _u [kNm]
0	307,475
2	330,575
3	342,675
4	353,675

Literatura:

- [1] ČSN 73 6207 Navrhování mostních konstrukcí z předpjetého betonu, ČNI, 1993
- [2] ČSN 73 1201 Navrhování betonových konstrukcí, Vydavatelství ÚNM Praha, 1987
- [3] Hobst E.: Schubmessung von Flächentragwerken nach SIA 162, Eurocode 2, ÖNORM B 4700 und E DIN 1045-1, In: „Beton- und Stahlbetonbau“ 95 (2000), Heft 6, s. 336–345
- [4] Navrátil J.: Předpjeté betonové konstrukce, 1. vydání, Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, 2004, 160 s., ISBN 80-214-2649-7
- [5] NEXIS 32 Fáze výstavby, předpínací kabely, TDA, Manuál systému programů pro projektování prutových a stěnodeskových konstrukcí, SCIA CZ, 2000, dostupné na www.scia.cz
- [6] prEN 1992-1 (final draft) Eurocode 2, Design of Concrete Structures – Part 1: General rules and rules for buildings, CEN, Brussels, 2003

nutný počet přídatných výztužných vložek je tři kusy. Uvažujeme-li tedy zůstatkovou kapacitu síly v předpínací výztuži podle tab. 1. přepočtenou na 4,4 kusy výztužné vložky o průměru 10 mm, pak celkový nutný počet vložek je $3 + 4,4 \approx 8$ vložek. Tato hodnota koresponduje s hodnotou 8,2 výztužných vložek získanou výpočtem v programu NEXIS (obr. 3).

ZÁVĚR

Ze srovnání obou řešení mezní únosnosti výše uvedeného příkladu předpjaté

konstrukce vyplývá, že vnitřní síly na mezi únosnosti, respektive množství nepředpjaté betonářské výztuže nutné k přenesení požadovaného zatížení se vzájemně prakticky neliší. Přitom metody použité pro statickou analýzu i posouzení jsou navzájem odlišné. Programový systém NEXIS tedy poskytuje velmi rychlé, efektivní a dostatečně přesné inženýrské řešení všech typů předpjatých plošných konstrukcí z hlediska statické analýzy i posouzení.

Tato práce vznikla za podpory projektu MSM 261100007 a firmy SCIA CZ.

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

KURZ VÝPOČET POŽÁRNÍ ODOLNOSTI KONSTRUKCÍ PODLE EVROPSKÝCH NOREM

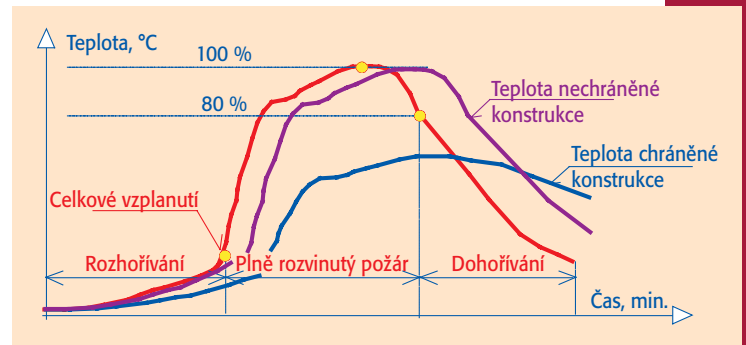


Fakulta stavební Českého vysokého učení technického v Praze ve spolupráci s Generálním ředitelstvím Hasičského záchranného sboru Ministerstva vnitra ČR pořádají pro statiky a požární specialisty kurz **Výpočet požární odolnosti konstrukcí podle evropských norem**, který se uskuteční odpoledne **ve čtvrtek 17. února 2005** v budově Fakulty stavební ČVUT v Praze, Thákurova 7, Praha 6.

Kurz je zaměřen na soubor požárních návrhových norem EN 199x-1-2: 2004, který byl v letech 1995 až 2003 revidován a roce 2004 schválen jako evropské normy.

Příspěvky na koncepci výpočtů požární odolnosti, na modelování požáru, na rozšíření využití výsledků zkoušek a na požární návrh betonových, dřevěných, ocelových, ocelobetonových a hliníkových konstrukcí seznámí posluchače s principy návrhu, novinkami v textu norem oproti předběžným dokumentům a dosažovanou přesností výpočtů na experimentech v laboratoři na zkoušky velkého rozsahu.

Kurz je zařazen do systému celoživotního vzdělávání ČKAIT. Jeho absolvování je navrženo na ocenění bodovou hodnotou 3. Vložené činí 950,- Kč. Akce je pořádána s podporou grantu fondu rozvoje pro vzdělávání státní správy Ministerstva školství, mládeže a tělovýchovy č. 62/2004. Účastníci obdrží monografii „Výpočet požár-



Tři fáze rozvoje požáru: rozhořivání, plně rozvinutý a dohořivání

ní odolnosti stavebních konstrukcí“, která obsahuje výklad problematiky doplněný číselnými příklady a tabulkami, a kompaktní disk s přednáškami a videofilmy z požární zkoušky na skutečném objektu. URL: web.fsv.cvut.cz/pozarni.odolnost/.

Vliv aktivních požárních opatření na průběh teploty při požáru v kanceláři, $q_{tk} = 511 \text{ MJ/m}^2$, $7 \times 11 \text{ m}$ s oknem $1,3 \times 9 \text{ m}$, řešeno programem OZone V.2.2

Pohled na okenní otvory při plně rozvinutém požáru



Sloup z vysokopevnostního betonu po požáru

