

NÁVRH ŽELEZOBETONOVÝCH DESEK PŘI PROTLAČENÍ

Miloslav Smutek

Návrh a posouzení železobetonových základových a stropních desek z hlediska protlačení je poměrně jednoduchý postup, který se však musí provádět pro každý sloup, konec nebo roh stěny, a to v každém podlaží, příp. v průběhu návrhu konstrukce opakovaně. Pro posouzení konkrétního případu existuje celá řada návrhových programů, ať od firem vyvíjejících software, nebo od firem vyrábějících smykové lišty. Jejich nevýhodou je pracnost a tím značná časová náročnost a pak také fakt, že je každý protlak posuzován individuálně a nezávisle na ostatních v řešené desce. To se většinou projektant snaží nějakým způsobem sjednotit, avšak tato činnost vyžaduje také hodně času a zvyšuje riziko chyby. Cílem vyvinutého softwaru RENEX3D je zautomatizovat návrh a posudek protlačení sloupů nebo stěn stropní deskou a v případě použití smykových lišt jejich návrh optimalizovat.

DESIGN OF FLAT SLABS ON PUNCHING SHEAR RESISTENCE

The design and assessment of reinforced concrete foundation and flat slabs in terms of punching is a relatively simple procedure, but it must be repeated for each column, end or corner of the wall at each storey or repeatedly throughout the design of the structure. There are many designing programs available for the assessment of a particular case, either from software developers or companies, producing double head studs. Their disadvantages are the laboriousness and thus considerable time consuming, and then the fact that each point of punching is individually assessed independently of the others in the slab being designed. The designer usually tries to unify this in some way. However, this activity also requires a lot of time and increases the risk of error. The aim of the developed software RENEX3D is to automate the design and assessment of the punching of columns or walls through the slab and, in the case of the use of punching shear bars, to optimise their design.

Výpočetní postupy

Výpočetní postupy používané pro návrh a posouzení železobetonových základových a stropních desek z hlediska protlačení jsou v podstatě dva – první postup je v ČR definovaný normou ČSN EN 1992-1-1 [1], druhý pak předpisy EOTA [3]. Některé části postupu jsou stejné, v návrhu výztuže se však rozcházejí.

Obvod sloupu

Jedná se o posouzení desky v líci sloupu. Zde jsou oba postupy identické a jsou popsány rovnicemi 6.53 a 6.6N normy [1]:

$$V_{Ed} = (\beta \cdot V_{Ed}) / (u_0 \cdot d) \leq v_{Rd,max} \quad (6.53)$$

$$v_{Rd,max} = 0,4 \cdot v \cdot f_{cd}$$

(Pozn.: Do roku 2010 byl součinitel ve vzorci 0,5; od roku 2010 je 0,4; pro starší posudky je tedy volitelný.)

$$v = 0,6 \cdot [1 - f_{ck} / 250], \quad (6.6N)$$

kde obvod sloupu u_0 je

- pro vnitřní sloup $u_0 =$ ohraničující minimální obvod
- pro okrajový sloup $u_0 = c_2 + 3d \leq c_2 + 2c_1$ [mm]
- pro rohový sloup $u_0 = 3d \leq c_1 + c_2$ [mm]

(Pozn.: Tato úprava platí od vydání z listopadu 2019.), přičemž V_{Ed} je působící posouvající síla, β součinitel zohledňující výstřednosti M_{Ed}/V_{Ed} , přibližné hodnoty uvádí změna Z3 normy, d účinná výška desky, c_1 a c_2 jsou rozměry průřezu sloupu.

Základní kontrolovaný obvod

Tento obvod se nachází ve vzdálenosti $2d$ od líce sloupu.

Únosnost desky ve smyku při protlačení se v tomto průřezu posuzuje při obou postupech. Návrhová únosnost desky bez smykové výztuže se počítá ze vztahu:

$$V_{Rd,c} = C_{Rd,c} \cdot k \cdot (100 \cdot \rho_l \cdot f_{ck})^{1/3} + k_1 \cdot \sigma_{cp} \geq (v_{min} + k_1 \cdot \sigma_{cp}), \quad (6.47)$$

kde

$$k = 1 + (200/d)^{1/2} \leq 2,0 \text{ [mm]},$$

$$\rho_l = (\rho_{ly} \cdot \rho_{lz})^{1/2} \leq 0,02;$$

při návrhu podle EOTA (a i DIN EN) přibývá ještě podmínka:

$$\rho_l = (\rho_{ly} \cdot \rho_{lz})^{1/2} \leq 0,02 \leq 0,5 \cdot f_{cd} / f_{yd} \quad (2.12) \text{ a DIN}$$

a napětí od předpětí

$$\sigma_{cp} = (\sigma_{cpy} + \sigma_{cpz}) = (\sigma_{xH} + \sigma_{yH} + \sigma_{xD} + \sigma_{yD}) / 4. \quad (6.4.4)$$

(Pozn.: Tyto hodnoty generuje automaticky program pro oba směry. Uvažuje se průměrná hodnota při horním a dolním líci. Vliv napětí od předpětí je možné potlačit.)

$$C_{Rd,c} = 0,18 / \gamma_c \quad \gamma_c = 1,5 \quad v_{min} = 0,035 \cdot k^{3/2} \cdot f_{ck}^{1/2};$$

při návrhu podle EOTA (a DIN EN) přibývají ještě podmínky:

$$C_{Rd,c} = 0,18 / \gamma_c \quad \gamma_c = 1,5 \quad \text{pro } u_0 \geq 4d,$$

$$C_{Rd,c} = (0,18 / \gamma_c) \cdot (0,1 \cdot u_0 / d + 0,6) \geq 0,15 / \gamma_c \quad \text{pro } u_0 < 4d,$$

$$v_{min} = (0,0525 / \gamma_c) \cdot k^{3/2} \cdot f_{ck}^{1/2} \quad \text{pro } d \leq 600 \text{ mm}, \quad (2.13)$$

$$v_{min} = (0,0375 / \gamma_c) \cdot k^{3/2} \cdot f_{ck}^{1/2} \quad \text{pro } d > 800 \text{ mm}. \quad (2.14)$$

Pokud platí, že $V_{Rd,c} = v_{rd,c} \cdot u_1 \cdot d \geq V_{Ed} \cdot \beta$, veškerou posouvající sílu přenesou beton a návrh je u konce.

Není-li však podmínka splněna, je nutné navrhnout výztuž. Nicméně celková síla, kterou je vyztužený průřez schopen přenést, je limitována hodnotou $V_{Rd,c} \cdot k_{max}$. Hodnota součinitele k_{max} je upravena změnou Z3 nor-

my následovně: pro stropní desky tloušťky $h = 200$ mm je $k_{\max} = 1,45$; pro $h \geq 700$ mm je $k_{\max} = 1,70$ (mezilehlé hodnoty se interpolují, u základů se smykovou výztuží se uvažuje $k_{\max} = 1,5$). Při použití certifikovaných výrobků (máme na mysli smykové lišty) je hodnota dána příslušným certifikátem ETA, resp. EOTA, pro výrobky na českém trhu je to hodnota $k_{\max} = 1,96$.

Při návrhu smykové výztuže podle ČSN EN 1992-1-1 se vychází ze vztahu:

$$V_{Rd,cs} = 0,75 \cdot V_{Rd,c} + 1,5 \cdot (d/s_r) \cdot A_{sw} \cdot f_{ywd,eff} \cdot [1/(u_1 \cdot d)] \cdot \sin \alpha \leq k_{\max} \cdot V_{Rd,c} \quad (6.52)$$

což lze pro návrh průřezové plochy ohybů (kozlíků) převést do tvaru:

$$A_{sw} = \frac{[(V_{Ed} \cdot \beta)/(u_1 \cdot d)] - 0,75 \cdot V_{Rd,c}}{1,5 \cdot 0,67 \cdot f_{ywd,eff} \cdot [1/(u_1 \cdot d)] \cdot \sin \alpha}$$

kde účinná návrhová pevnost smykové výztuže na protlačení $f_{ywd,eff}$ je (při návrhu smykových lišt se uvažuje f_{yd} příslušné oceli):

$$f_{ywd,eff} = 250 + 0,25 d \leq f_{ywd} \text{ [MPa]} .$$

V obou postupech se dále hledá kontrolovaný obvod, ve kterém se již smyková výztuž nepožaduje:

$$u_{out} = \beta \cdot V_{Ed} / (V_{Rd,c} \cdot d) . \quad (6.54)$$

Smyková výztuž se umísťuje podle konstrukčních zásad do obvodu vzdáleného od u_{out} o $1,5d$ směrem k líci sloupu. I toto pravidlo platí pro oba typy návrhu.

Hlavní rozdíl v přístupu EOTA oproti normě EN 1992-1-1 je v tom, že veškerou posouvající sílu přenáší výztuž v podobě smykových trnů s rozkovanými hlavami. V návrhu se rozlišují dvě oblasti – C a D. Oblast C je omezena kontrolovaným obvodem ve vzdálenosti $1,125d$ od líce sloupu. Smykové trny rozmístěné v této oblasti podle konstrukčních zásad musí přenést celou posouvající sílu, tedy

$$\beta \cdot V_{Ed} = V_{Rd,sv} = n_c \cdot m_c \cdot (d_A^2 \cdot \pi \cdot f_{yk}) / (4 \cdot \gamma_s \cdot \eta) , \quad (2.18)$$

a celková průřezová plocha všech trnů v oblasti C

$$A_{A,C} \geq \beta \cdot V_{Ed} \cdot (\gamma_s \cdot \eta / f_{yk})$$

a minimální profil trnu

$$d_A \geq [(\beta \cdot V_{Ed} \cdot 4 \cdot \gamma_s \cdot \eta) / (n_c \cdot m_c \cdot \pi \cdot f_{yk})]^{1/27} .$$

Jednotliví součinitelé nabývají hodnot $\eta = 1,0$ pro $d \leq 200$ mm a $\eta = 1,6$ pro $d \geq 800$ mm (mezilehlé hodnoty lze interpolovat), $f_{yk} = 500$ MPa, $\gamma_s = 1,15$, n_c (počet řad) = 2 pro $d < 0,5$ m, jinak 3 (a více, pokud nestačí profily trnů), m_c (počet trnů v řadě) $\geq u_{d=1,0} / (1,7 \cdot d)$.

Dále se se konstrukčně umísťují trny v oblasti D, která navazuje na oblast C a končí obvodem vzdáleným od u_{out} o hodnotu $1,5d$.

RENEX^{3D}

Výpočetní program FEM v prostředí AutoCAD

Stejné solvery používá SCIA a DLUBAL.

Co nabízíme navíc oproti většině FEM:

- ▶ Posudky 1D prvků ze železobetonu a dřeva (ve spolupráci s FINE)
- ▶ Posudky 2D železobetonových stěn a desek s požárem i bez něj
- ▶ Fyzikálně nelineární analýza železobetonových 2D prvků (ve spolupráci s Dlubal Software)
- ▶ Posudky na protlačení stropních a základových desek s exportem do návrhového programu pro smykové trny Bole
- ▶ Návrh prvku PSB Plus
- ▶ Předpínací výztuž v interakci s chováním konstrukce

Navazující skupiny programů

REBIM^{3D} a RECOC

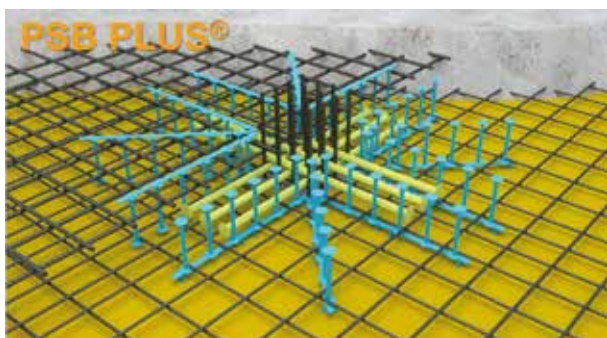
Více informací najdete pod odkazem z QR kódu

www.recoc.cz



Vodorovné pruty

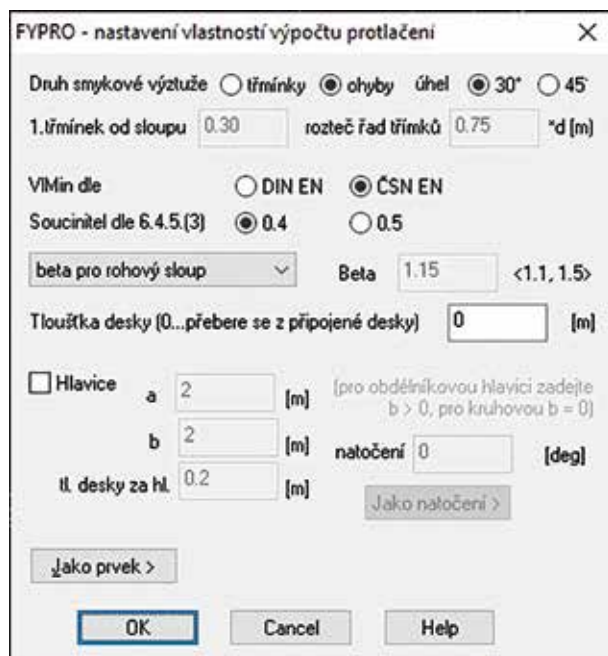
Únosnost stropní desky při protlačení je možné ještě zvýšit použitím vodorovné výztuže, např. od firmy PEIKKO CZECH REPUBLIC, která ji uvedla na trh pod označením PSB PLUS®. Teoretický aparát je uveden v [8], konstrukční zásady v materiálech firmy [10]. (obr. 1) Na trh se dodává ucelený unikátní systém sestávající ze standardních lišt s trny PSB doplněných v případě potřeby o vodorovné prvky PSB PLUS®. Systém je výsledkem značných investic firmy do R&D (Research and development).



1 Vodorovné pruty s rozkovanými hlavami PSB PLUS®
1 Horizontal double headed studs PSB PLUS®

Automatizace návrhu

Do výpočetního programu RENEX3D přibyla nová entita – nastavení vlastností bodu protlačení. Jedná se o styk prutového makroprvku s plošným při protlačení sloupu deskou nebo o kontakt plošných makroprvků v případě protlačení konce nebo rohu stěny. (obr. 2)



2 Nastavení parametrů posudku protlaku v programu RENEX3D
2 Setting of parameters of punching assessment in software RENEX3D

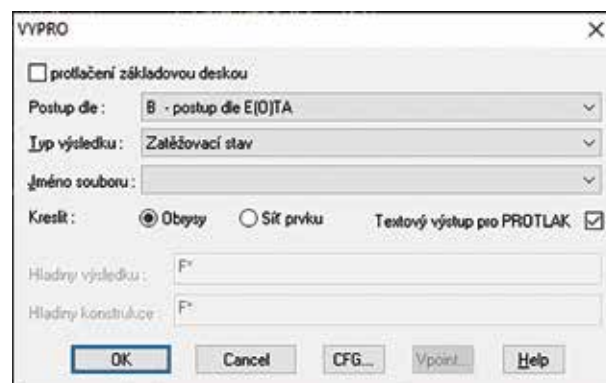
V dialogu je možné každému místu, které by mělo být posouzeno na únosnost ve smyku při protlačení, definovat jeho vlastnosti, které ovlivňují návrh. Je to primárně typ uvažovaného případného vyztužení a případného uspořádání trmín-

kových řad vzhledem k líci sloupu. Dále je to způsob výpočtu součinitelů v_{min} a číselná hodnota ve výpočtu $v_{Rd,max}$ (obojí vysvětleno v textu výše), hodnota součinitele β s možností zadání hodnoty individuálně. V další části je možné upravit tloušťku navazujícího deskového makroprvku (jednak při použití tuhých částí v oblasti sloupu, jednak při ladění návrhu protlačení bez nutnosti pouštět nový výpočet) a je možné nadefinovat hlavici obdélníkového půdorysu kolem sloupu s tím, že se posoudí nejen protlačení hlavice, ale i protlačení navazující desky. Nastavení parametrů lze libovolně editovat.

Po proběhnutí běžného výpočtu je možné nechat posoudit všechna uživatelem vybraná místa v konstrukci v jednom kroku. Je tedy možné posuzovat najednou celá podlaží a základové desky (samozřejmě v tomto případě i s odpočtem odporu podloží pro konkrétní výpočetní kombinaci) nebo ladit jednotlivá kritická místa.

Vykreslení výsledků posudku

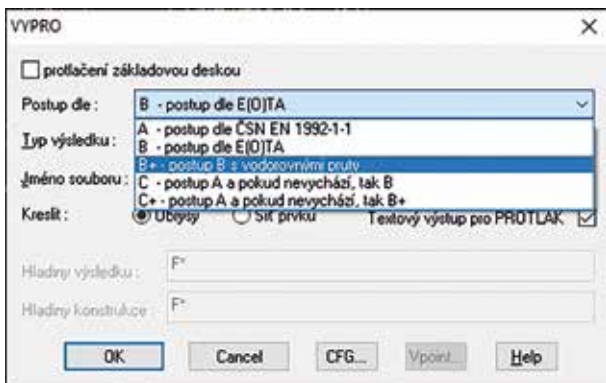
Výsledky je možné zobrazovat jak pro základové, tak pro stropní desky. V prvním případě se provede podle průběhu kontaktního napětí pod základovou deskou odpočet zatížení, které přeneše přímo zemina (pro rozhraní s programy výrobci lišt se uvádí i průměrná hodnota kontaktního napětí). Dále je možná volba zatěžovacího stavu nebo kombinace, pro které se posouzení provádí. Je možné nechat vygenerovat výstupní datový soubor. K němu se ještě vrátíme. (obr. 3)



3 Nastavení parametrů výstupů z posudku protlaku v programu RENEX3D
3 Setting of parameters outputs from punching assessment in software RENEX3D

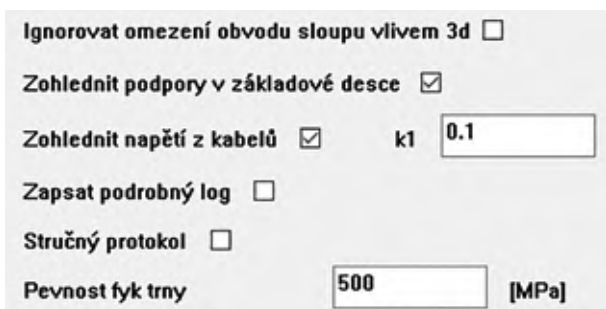
Uživatel může také zvolit, jaký návrhový postup se má použít (obr. 4). Volba A znamená standardní postup podle odstavce 6.4 normy ČSN EN 1992-1-1, postup B podle metodiky EOTA. Při volbě B+ je v případě, že smykové trny svojí kapacitou nepokryjí potřeby, posouzena možnost použití vodorovných smykových trnů PSB PLUS®. Postup C nejprve posuzuje podle metodiky EC2 a v případě, že měkká výztuž není schopná požadované zatížení přenést, přechází k návrhu smykových trnů. Postup C+ pak kombinuje předchozí s možností zvýšit únosnost použitím vodorovných trnů.

V konfigurační části dialogu je kromě běžných formálních parametrů možné nastavit modifikace návrhu (obr. 5). Změna Z3 normy předepisuje omezení délky kontrolovaného obvodu sloupu, je-li některý rozměr průřezu větší než $3d$. Pro posudky sloupů navržených před platností této



4 Metody posudku protlaku v programu RENE3D

4 Methods of punching assessment in software RENE3D



5 Některé možnosti konfigurace posudku

5 Some configuration's possibilities of punching assessment

změny (květen 2016) je možné omezení potlačit. Pokud se posuzuje základová deska podepřená pilotami, jež jsou ve výpočtu modelovány, je možné aktivovat odpočet reakce v pilotě (skupině pilot) od síly $V_{Ed,red}$. Oba postupy návrhu umožňují zohlednit tlakové síly v oblasti sloupu, rohu či konce stěny, které vyvodí předpínání desky. Je možné řídit, zda k jejich účinkům má, nebo nemá být přihlíženo, a je možné manuálně měnit hodnotu součinitele k_1 (hodnota 0,1 je v normě uvedena jako doporučená). Volba „Zapsat podrobný log“ umožňuje vygenerovat textový soubor s podrobným postupem výpočtu. Další volba přepíná mezi podrobnými informacemi pro projektanta při ladění výpočtového modelu a informacemi, které jsou dostatečné např. pro statické posouzení v rámci dokumentace pro stavební povolení.

Při tisku výsledků se vykreslí obvod u_0 zeleně, pokud je vyhovující, či červeně, pokud vyhovující není (obr. 6). Vždy se vypisuje i procento využití průřezu jako pomůcka pro případnou úpravu konstrukce (zde využití 42 %). Vykreslí se kontrolovaný obvod u_1 (oranžová), obvod u_{out} (modrá plná) a obvod $u_{out-1,5d}$ od něj vzdálený 1,5d (modrá čárkovaná). V textové části je uveden materiál desky, použitá ohybová výztuž, procento vyztužení ρ_l u rozhodujícího líce desky a součinitel k_{max} pro daný případ. V dalším řádku je uvedena síla V_{Ed} , součinitel β a informace, která ohybová výztuž byla zohledněna. Program automaticky započítává množství ohybové výztuže zadané pro daný makroprvek desky, ale i výztuž přidanou, definovanou oblastmi přidavné výztuže. Síly V_{Ed} jsou u sloupů získávány z rozdílu normálových sil ve sloupu pod a nad posuzovanou deskou. Další informace se týkají vzdálenosti

inzerce



PSB®

Výztuž proti protlačení

Vlastnosti PSB® jakož i odolnost desek vyztužených PSB® jsou schváleny v rámci Evropského technického posouzení **ETA-13/0151** a mají certifikované označení **CE**.

Rovněž byly tyto vlastnosti prokázány rozsáhlou sérií experimentálních testů.



Certifikováno
ETA-13/0151

Maximální únosnost základových desek a základů je vyšší než při vyztužení porovnatelnými systémy.

$$V_{Rd,max} = 1,96 \cdot V_{Rd,c} \text{ (ploché stropy)}$$

$$V_{Rd,max} = 1,62 \cdot V_{Rd,c} \text{ (základy, podlahové desky)}$$



Bezplatný software na dimenzování prvku **Peikko Designer®** je schválen dle ETA-13/0151 a 13 dalších evropských norem.

Pro více informací nás kontaktujte

www.peikko.cz



obvodu u_1 od líce sloupu, únosnosti betonu desky, celkové návrhové hodnoty síly na protlačení ($\beta \cdot V_{Ed}$) a nutné průřezové plochy smykové výztuže (zde ohybů). Poslední sada informací se týká obvodů u_{out} a $u_{out-1,5d}$. Stručný protokol v tomto případě poskytuje jen základní informace (obr. 7).

V případě, že protlačení není možné dimenzovat jen z důvodu chybějící ohybové výztuže, je na to uživatel upozorněn, doplněna je i informace, na kolik je potřeba plochu výztuže zvětšit (obr. 8).

Návrh podle EOTA

Analogicky se postupuje při aktivaci metodiky EOTA. Informace se liší jen ve specifikaci oblastí C a D a ve výpočtu nutné průřezové plochy smykových trnů. (obr. 9)

Síly uvažované do výpočtu

Popsaným způsobem je možné posuzovat protlačení sloupů v poli, na okraji nebo v rohu stropní desky (obr. 10 a 11) a také protlačení konců a rohů stěn. Je zohledněn vliv otvorů podle čl. 6.4.2 (2) betonářské normy [1]. Zatímco pro výpočet protlačení sloupů jsou brány do výpočtu normálové síly ve sloupech (resp. jejich rozdíl), u stěn je integrována po kontrolovaném obvodu veličina V_{maxB} , což je maximální posouvající síla od ohybových účinků ve stropní desce. Podobně je při posuzování hlavic a jejich okolí vlastní hlavice řešena na základě normálových sil ve sloupech, obvod hlavice pak integrací posouvajících sil v navazující desce. Výpočetní postupy umožňují i posouzení protlaku u libovolně natočené hrany desky a libovolného vnějšího rohu, není tu omezení na pravoúhlé půdorysy konstrukcí.

Současná norma ČSN EN 1992-1-1 i předpisy EOTA povolují v případech, kdy stropní konstrukce splňuje specifikované podmínky uspořádání podporujících stěn a sloupů, použít pro zohlednění vlivu ohybových momentů součinitele β , viz výše. Ne všechny stropní nebo základové desky tato kritéria splňují, pak je teoreticky nutné postupovat podle rovnice (6.39) normy. Tento postup je poměrně náročný. V blízké budoucnosti bude zprovozněna verze, kde bude možné i u protlaků desek sloupy řešit úlohu integrací posouvajících sil ve stropní desce v libovolném kontrolovaném obvodu. To v dostatečné míře zohlední excentricitu uložení. Malou nevýhodou je fakt, že integrace těchto sil je ovlivněna hustotou dělení. To ale lze eliminovat zahuštěním sítě konečných prvků v okolí sloupu.

Program pracuje s ohybovou výztuží definovanou v celé ploše příslušného 2D makroprvku, ve kterém je protlačení řešeno, ale bere v potaz i příložky, definované pro obě vrstvy výztuže uvažované při horním a dolním líci desky. Tyto informace je možné využít i při dalších výpočtech. A to při nelineární analýze desek s uvažováním vzniku a rozvoje trhlin v betonu, zohlednění pracovních diagramů betonu i oceli měkké výztuže, ale i dotvarování při výpočtech mezních stavů použitelnosti. Pro posouzení 2D prvků z pohledu mezních stavů únosnosti je to pak hromadný posudek využití vyztužených průřezů na kombinace zatížení podle ČSN EN 1990 [2]. V neposlední řadě jsou zadané plochy výztuže zohledněny v hromadných posudcích deskostěnových prvků z hlediska požární odolnosti.



Beton C30/37; výztuž B500; $ro = 0.31\%$ ($7.54 \text{ cm}^2/\text{m}$); $u0 = 42\%$; $kmax = 1.47$ $V_{ed} = 674 \text{ kN}$; $\beta = 1.15$ (uvažována tažená horní výztuž)
 U1 2.00 d = 0.49 m, $V_{rdc1} = 596 \text{ kN}$, $V_{eddim1} = 775 \text{ kN}$,
 ohyby $Asw = 21.12 \text{ cm}^2$
 UOut - 1.5 1.46 d = 0.35 m
 UOut 2.96 d = 0.72 m

6 Příklad výstupu z posudku protlačení – informace pro statika

6 Example of punching assessment output – information for a structural designer



C30/37, B500, $ro 0.31\%$, $u0 42\%$
 $V_{ed} = 674 \text{ kN}$, $\beta = 1.15$, EC
 $V_{rdc} = 596 \text{ kN}$, ohyby $Asw = 21.12 \text{ cm}^2$

7 Příklad výstupu z posudku protlačení – výstup do statického výpočtu

7 Example of punching assessment – output for the structural design report



Beton C30/37; výztuž B500; $ro = 0.31\%$ ($7.54 \text{ cm}^2/\text{m}$);
 $u0 = 48\%$; $kmax = 1.47$
 $V_{ed} = 771 \text{ kN}$; $\beta = 1.15$ (uvažována tažená horní výztuž)
 U1 2.00 d = 0.49 m, $V_{rdc1} = 596 \text{ kN}$, $V_{eddim} = 886 \text{ kN}$,
 nelze dimenzovat, při $ro = 0.37\%$ přeneše beton

8 Informace pro statika o možné úpravě vstupních dat

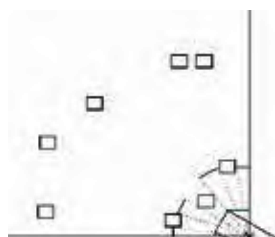
8 Information for a structural designer about a possibility of input data modification



Beton C30/37; výztuž B500; $ro = 0.31\%$ ($7.54 \text{ cm}^2/\text{m}$);
 $u0 = 46\%$; $kmax = 1.96$
 $V_{ed} = 771 \text{ kN}$; $\beta = 1.10$ (uvažována tažená horní výztuž)
 U1 2.00 d = 0.49 m, $V_{rdc1} = 596 \text{ kN}$, $V_{eddim1} = 848 \text{ kN}$
 Oblast C 1.13 d = 0.27 m, potřebná plocha trnů 20.33 cm^2 ($12x 2012$)
 Oblast D trny stanovit konstrukčně
 UOut-1.5 1.85 d = 0.45 m
 UOut 3.35 d = 0.81 m

9 Příklad výstupu z posudku protlačení podle metodiky EOTA

9 Example of punching assessment output according to EOTA methodology



Beton C30/37; výztuž B500; $ro = 0.45\%$ ($7.54 \text{ cm}^2/\text{m}$);
 $u0 = 31\%$; $kmax = 1.45$
 $V_{ed} = 75 \text{ kN}$; $\beta = 1.15$ (uvažována tažená horní výztuž)
 U1 2.00 d = 0.34 m, $V_{rdc1} = 44 \text{ kN}$, $V_{eddim1} = 86 \text{ kN}$,
 nelze dimenzovat, při $ro = 1.11\%$ lze dimenzovat
 smykovou výztuž

10 Posudek rohového sloupu s vlivem otvorů v okolí

10 Punching assessment of a corner column with the influence of openings in surroundings



Beton C30/37; výztuž B500; $ro = 0.45\%$ ($7.54 \text{ cm}^2/\text{m}$);
 $u0 = 21\%$; $kmax = 1.45$
 $V_{ed} = 223 \text{ kN}$; $\beta = 1.15$ (uvažována tažená horní výztuž)
 U1 2.00 d = 0.34 m, $V_{rdc1} = 194 \text{ kN}$, $V_{eddim1} = 257 \text{ kN}$,
 ohyby $Asw = 7.59 \text{ cm}^2$
 U2 4.00 d = 0.67 m, $V_{rdc2} = 269 \text{ kN}$, $V_{eddim2} = 257 \text{ kN}$,
 přeneše beton
 UOut-1.5 2.18 d = 0.37 m
 UOut 3.68 d = 0.62 m

11 Posudek krajního sloupu s vlivem otvorů v okolí

11 Punching assessment of edge column with the influence of openings in surroundings

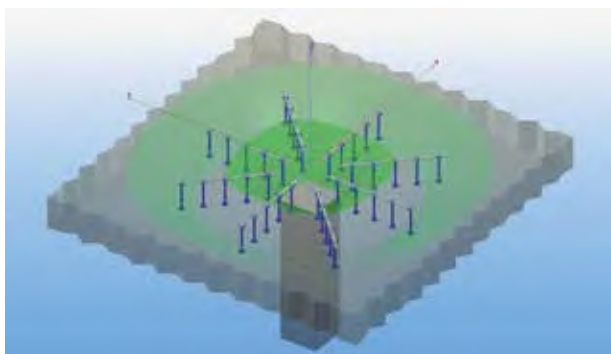
Optimalizace návrhu smykových lišt

Pro vyztužení zejména stropních desek na účinky protlačení se stále častěji používají smykové lišty (obr. 12 a 13). Výrobci dodávají volně použitelný software pro jejich návrh.



12 Použití smykových lišt ve stropní desce

12 Application of punching shear reinforcement – double head studs in a flat slab



13 Typické rozmístění smykových lišt

13 Typical arrangement of double head studs

Aby nebylo nutné dimenzovací veličiny předávat „ručně“, je možné pro prvky řady Schöck Bole® vygenerovat soubor, který lze přímo načíst do návrhového programu firmy Schöck, zde pak provést posouzení a vygenerovat DXF soubor s rozložením a výpisem smykových lišt (obr. 14). Ten poté převést do DWG formátu a po jednom vkládat do výkresu stropu. Zatím toto rozhraní funguje jen pro prvky Schöck Bole®, s dalšími firmami z různých důvodů zatím nebyl způsob předávání informací definován.

Nevýhoda tohoto postupu spočívá ve faktu, že každý protlak v desce se posuzuje individuálně, což může vést k tomu, že na jeden strop je nutné přivést celou řadu (na zakázku vyráběných) smykových lišt. Pokusili jsme se tento postup optimalizovat a výsledkem by měla být možnost přivést na stavbu pro stropní desku jedné tloušťky dva typy smykových lišt (ideálně se dvěma nebo třemi trny) a z nich potom vyskládat všechny sestavy lišt pro daný strop. Program tedy vygeneruje potřebné údaje pro posudky všech sloupů a stěn zvolené oblasti a tato místa posoudí. Protože se trny vyrábí v celé škále průměrů, provedou se návrhy pro všechny průměry, které vyhovují jak svojí únosností, tak geometrickým uspořádáním lišt podle požadavků příslušného předpisu EOTA. Jako vstupní údaj jsou vloženy ceny trnů (zatím poskytnuté jen firmami JORDAHL & PFEIFER Stavební technika, s.r.o.,

inzerce

NEJEN VÍCE MÍSTA PRO BYDLENÍ, ALE TAKÉ RYCHLEJŠÍ STAVĚNÍ

Smyková výztuž proti protlačení JDA má Evropské technické posouzení (ETA-13/0136). Výztuž lze použít již od 18 cm tloušťky stropní desky.

Použití JDA snižuje nároky na bednění, stropní desky mají rovný podhled a vnitřní prostor je tak lépe využitelný. U stropních desek lze dosáhnout navýšení únosnosti až o 96 %.

Pokračujte dál s JORDAHL & PFEIFER.

JORDAHL® JDA

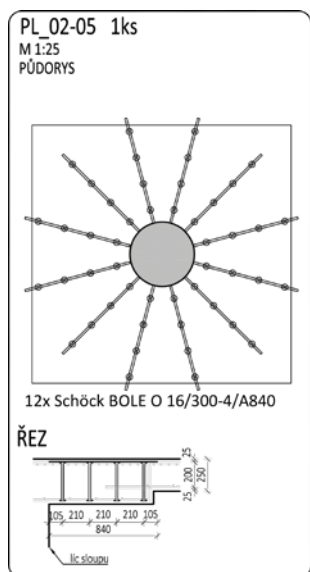


ZAKOTVENO V KVALITĚ

www.jpcz.cz

info@jpcz.cz

a Schöck - Wittek s.r.o., vložení cen prvků PSB se chystá). Program vybere z výrobního sortimentu všechny průměry trnů, které je možné použít ve všech řešených místech v dané desce, a nabídne jejich přehled včetně orientačních cen. Součástí analýzy je i kontrola geometrie návrhu, tedy vhodnost použití lišt se dvěma nebo třemi trny s ohledem na výslednou cenu. V záhlaví výpisu je uvedena cena v případě, že by každý jednotlivý protlak byl optimalizován samostatně, v uvedeném příkladě je to 802 €. Dále je uvedena tabulka pro případ, kdy je pro celou desku použit vždy jen jeden profil. Zde jsou vidět poměrně zásadní cenové rozdíly mezi středními a okrajovými průměry. Program provede ještě další analýzu při použití dvou průměrů trnů s tím, že se nepoužijí dva sousední průměry kvůli možné záměně na stavbě. Na tomto příkladu je vidět, že zřejmě z hlediska výroby, dopravy a osazování



14 Rozmístění smykových lišt generovaných programem Schöck Bole®

14 Arrangement of double head studs generated by software Schöck Bole®

Minimální možná cena: 802.80 EUR

Prumer: 10 1476.96 EUR
Prumer: 12 1185.80 EUR
Prumer: 14 980.40 EUR
Prumer: 16 828.00 EUR
Prumer: 20 864.00 EUR
Prumer: 25 1485.60 EUR

Minimální možná cena při použití dvou průměrů: 822.00 EUR

Použité profily: 14 | 20
Zadej vybraný průměr. *21 pro volbu dvou průměrů.
Z

PRTLK_01 4 x 3 Prumer: 14 mm Roztec: 270.00 mm
Jordahl & Pfeifer JDA 3 / 14 / 250 - 810.00
PRTLK_02 4 x 3 Prumer: 20 mm Roztec: 270.00 mm
Jordahl & Pfeifer JDA 3 / 20 / 250 - 810.00
PRTLK_03 4 x 2 Prumer: 14 mm Roztec: 270.00 mm
Jordahl & Pfeifer JDA 2 / 14 / 250 - 540.00
PRTLK_04 4 x 3 Prumer: 14 mm Roztec: 270.00 mm
Jordahl & Pfeifer JDA 3 / 14 / 250 - 810.00
PRTLK_05 4 x 2 Prumer: 20 mm Roztec: 270.00 mm
Jordahl & Pfeifer JDA 2 / 20 / 250 - 540.00
PRTLK_06 4 x 2 Prumer: 14 mm Roztec: 270.00 mm
Jordahl & Pfeifer JDA 2 / 14 / 250 - 540.00
PRTLK_07 4 x 2 Prumer: 20 mm Roztec: 270.00 mm
Jordahl & Pfeifer JDA 2 / 20 / 250 - 540.00
PRTLK_08 4 x 2 Prumer: 20 mm Roztec: 270.00 mm
Jordahl & Pfeifer JDA 2 / 20 / 250 - 540.00
PRTLK_09 4 x 2 Prumer: 20 mm Roztec: 270.00 mm
Jordahl & Pfeifer JDA 2 / 20 / 250 - 540.00
PRTLK_10 4 x 2 Prumer: 14 mm Roztec: 270.00 mm
Jordahl & Pfeifer JDA 2 / 14 / 250 - 540.00
PRTLK_11 4 x 2 Prumer: 14 mm Roztec: 270.00 mm
Jordahl & Pfeifer JDA 2 / 14 / 250 - 540.00
PRTLK_12 4 x 3 Prumer: 20 mm Roztec: 270.00 mm
Jordahl & Pfeifer JDA 3 / 20 / 250 - 810.00
PRTLK_13 4 x 2 Prumer: 20 mm Roztec: 270.00 mm
Jordahl & Pfeifer JDA 2 / 20 / 250 - 540.00

CELKEM:

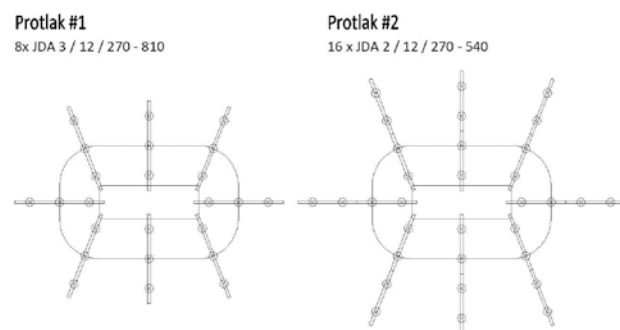
16 x Jordahl & Pfeifer JDA 2 / 14 / 250 - 540.00
8 x Jordahl & Pfeifer JDA 3 / 14 / 250 - 810.00
20 x Jordahl & Pfeifer JDA 2 / 20 / 250 - 540.00
8 x Jordahl & Pfeifer JDA 3 / 20 / 250 - 810.00

15 Výsledky cenové analýzy použití různých průměrů trnů s rozkovanými hlavami

15 Results of price analysis of application of double head studs with various diameters

je nejméně výhodnější použít všude trny průměru 16 mm, cena je 828 €, nárůst ceny je 3,24 % oproti ideální optimalizaci. U dvou profilů se dostáváme na částku 822 €, nárůst je 2,49 %. (obr. 15)

Poté, co se uživatel rozhodne pro určitou variantu, je vygenerován výkres v DWG formátu a výpis použitého materiálu. Pokud se přebírá z FEM modelu i geometrie desky včetně poloh svislých konstrukcí, je výkres v podstatě hotov.



24.11.2022 11:11

Protlak	Lišta	ks.
Protlak #1	JDA / 3 / 12 / 270 - 810	8
Protlak #2	JDA / 2 / 12 / 270 - 540	16
CELKEM	JDA / 3 / 12 / 270 - 810	8
	JDA / 2 / 12 / 270 - 540	16

16 Výstup z optimalizačního programu

16 Output from optimisation programme

Návaznost na ostatní moduly

Modul pro automatizované posuzování desek na smyk při protlačení zapadá jako skoro poslední střípek do mozaiky jednotlivých modulů programu RENE3D. Jejich cílem je uspořít to, co je nejcennější a čeho se statickým kancelářím dostává nejméně, tedy lidskou práci. Jinými slovy čas, který statik stráví prací na koncepčním návrhu konstrukce. Pomineme-li vlastní numericky nesmírně robustní ře-

Literatura:

- [1] ČSN EN 1992-1-1. Eurokód 2: Navrhování betonových konstrukcí – Část 1-1: Obecná pravidla a pravidla pro pozemní stavby – oprava 1, 2; změny A1, Z1, Z2, Z3, Z4; NA ed. A; ed. 2.
- [2] ČSN EN 1990. Eurokód: Zásady navrhování konstrukcí – oprava 1, 2, 3, 4; změny A1, Z1, Z2, Z3; NA ed. A; ed. 2.
- [3] EOTA TR 060. Increase of punching shear resistance of flat slabs or footings and ground slabs – double head studs – Calculation Methods. 11/2017.
- [4] ETA-12/1454. HALFEN HDB Dubelleiste. 18. 12. 2012.
- [5] ETA-13/0136. JORDAHL Durchstanzbewehrung JDA. 27. 3. 2013.
- [6] ETA-13/0151. PEIKKO PSB Durchstanzbewehrung. 30. 5. 2013.
- [7] Manuál k programu RENE3D. RECO, spol. s r.o., 2022.
- [8] CANTONE, R., RUIZ, M. F., BUJNAK, J., MUTTONI, A. Enhancing Punching Strength and Deformation Capacity of Flat Slabs. ACI Structural Journal. September 2019, Vol. 116, Issue 5, pp. 261–274.
- [9] Firemní materiály. JORDAHL & PFEIFER Stavební technika, s.r.o.
- [10] Firemní materiály. PEIKKO CZECH REPUBLIC s.r.o.
- [11] Firemní materiály. Schöck - Wittek s.r.o.

šiče a díky prostředí AutoCAD nesmírně rychlé modelování konstrukce, je to zejména možnost zpracovat v podstatě celý návrh a posudek v jednom prostředí a z toho vygenerovat sofistikovaný výstup, nazýváme jej schématem vyztužení. Primárně jsou to speciální prvky pro modelování předpínací vyztuže, propojené s modelem konstrukce, a tudíž reagující nejen na její deformace, ale i dotvarování, smršťování a další jevy. Dále v tomto programu může mít každý 2D makroprvek (z hlediska matice tuhosti deskostěnový prvek) zadáno základní vyztužení ve dvakrát třech směrech, řekněme základní rastry vyztuže v dané desce. Uživatel dále může zadat oblasti příložek. S těmito informacemi pracuje jak modul řešící smyk při protlačení, tak i modul fyzikálně nelineární analýzy betonových průřezů. Ten uvažuje nejen s navrženým vyztužením v řešeném konečném prvku, ale i s pracovními diagramy betonu i oceli v tahu i tlaku, zohledňuje posun neutrální osy průřezu oproti střednicové rovině desky a zohledňuje vznik a rozvoj trhlin. K tomu je nutno připočítat hromadný posudek 2D prvků na kombinaci ohybového momentu a normálové síly. Statik tedy může v jednom prostředí velmi efektivně provést návrh, analýzu a posouzení dané desky jak z hlediska mezních stavů únosnosti, tak i použitelnosti. A jednoduchým způsobem vygenerovat soubor, který je podkladem pro vyztužení dané stropní nebo základové desky. Budťo zcela manuálně, nebo je možné řadu dat předávat armovacím programům RECOC BETON. V neposlední řadě jej může přímo vydat jako schéma vyztuže v rámci dokumentace pro provedení stavby.

Závěr

Cílem popisovaného softwaru je minimalizovat časovou náročnost práce projektanta, a to jak při primární analýze konstrukce a následné optimalizaci tvaru konstrukce a množství zabudované vyztuže, tak i při sestavování a tisku statických výpočtů. Zejména však při finálním návrhu sestav smykových lišt optimalizovaných pro danou sekci desky, jejich vykreslení a sumarizaci. Velkým přínosem by toto řešení mělo být jak pro výrobu lišt, které se podle konzultací s jednotlivými dodavateli vyrábějí na konkrétní zakázku ze sériově vyráběných trnů a lišt, tak pro distribuci lišt na stavbu. V neposlední řadě použití minima typů prvků usnadní na stavbě skladování a manipulaci při ukládání do konstrukce. Omezený počet typů lišt by měl také snížit riziko záměny při sestavování skupin lišt nad sloupy nebo stěnami.

Děkuji kolegům z firem JORDAHL & PFEIFER Stavební technika, s.r.o., PEIKKO CZECH REPUBLIC s.r.o. a Schöck - Wittek s.r.o. za součinnost, cenné rady, poskytnuté materiály a možnost nahlédnout pod pokličku jejich know-how. Uvedené firmy poskytly jednak odkazy na teoretické základy návrhu vodorovných trnů a jednak velmi cenné informace týkající se způsobu výroby a distribuce jejich výrobků. Cenové údaje o jednotlivých trnech s rozkovanými hlavami umožnily dát optimalizačnímu procesu pevný rámec.



Ing. Miloš Smutek, Ph.D.
RECOC, spol. s r.o.
miloslav.smutek@recoc.cz

INZERCE

 **SCHÖCK**
Stavíme na spolehlivosti



Schöck Bole® Ideální vyztuž proti protlačení

Přehled výhod

Software

Novinka: Automatizovaný návrh více sloupů najednou přímo v softwaru RENEX3D.

Vysoká bezpečnost

Evropské technické posouzení se značkou CE umožňuje bezpečné použití tohoto produktu v celé Evropě.

Snadné zabudování

Všechny typy prvků Schöck Bole® lze snadno a rychle zabudovat.

Zkompletované vyztužné sestavy

Pro časově úspornou a bezpečnou montáž se Schöck Bole® dodává jako komplet připravený k zabudování.