

kde L je celková délka deskového pásu, z je míra zhuštění prvků v okolí působíště síly definována uživatelem a n je celkový počet prvků na konstrukci. Při volbě souřadného systému s počátkem souřadnice x v místě působíště zatížení (síly) vychází řešení z okrajových podmínek:

- se zvětšující se vzdáleností od působíště zatížení průhyb vymizí $x \rightarrow \infty$; $y = 0$
- pro $x \rightarrow \infty$; $\frac{dy}{dx} = 0$
- pro $x = 0$ je posouvající síla $Q_{(x=0)} = -\frac{1}{2}P = \frac{d^3y}{dx^3} \cdot EI_{(x=0)}$

Řešení problému pomocí MKP vychází ze základní rovnice:

$$\mathbf{K}_{1,2} \cdot \mathbf{r} = \mathbf{R} + \mathbf{R}_p \quad (2)$$

kde $\mathbf{K}_{1,2}$ je matice tuhosti systému prvek×podloží, $\mathbf{r} = \{w_1, \varphi_1, w_2, \varphi_2\}^T$ je vektor koncových deformací prvku, $\mathbf{R}$ je vektor koncových sil, kterými působí okolní konstrukce na řešený prvek a $\mathbf{R}_p$ je vektor transformovaného zatížení.

Z rovnice (2) vyplývá, že matice tuhosti systému prvek×podloží je dána součtem matice tuhosti ohýbaného prvku $\mathbf{K}_1$ a matice tuhosti podloží $\mathbf{K}_2$.

Při uvážení vlivu posouvajících sil poté matici tuhosti ohýbaného prvku $\mathbf{K}_1$ můžeme zapsat ve tvaru:

$$\mathbf{K}_1 = \frac{2EI_y}{l(2+\kappa)} \cdot \begin{pmatrix} \frac{6}{l^2} & -\frac{3}{l} & -\frac{6}{l^2} & -\frac{3}{l} \\ -\frac{3}{l} & 2+\kappa & \frac{3}{l} & 1-\kappa \\ -\frac{6}{l^2} & \frac{3}{l} & \frac{6}{l^2} & \frac{3}{l} \\ -\frac{3}{l} & 1-\kappa & \frac{3}{l} & 2+\kappa \end{pmatrix} \quad (3)$$

kde součinitel κ je dán vzorcem: $\kappa = \frac{6EI_y}{\beta GAl^2}$; β vyjadřuje ovlivnění smykové deformace

způsobem rozložení smykových napětí po výšce průřezu nosníku (pro obdélníkový průřez $\beta = 1,2$), G je modul pružnosti materiálu nosníku ve smyku a A je jeho průřezová plocha.

Matici tuhosti podloží byla řešena pomocí integrálu:

$$\delta E_i = b \cdot \int_0^l (\delta w \cdot C \cdot w) dx = \delta \mathbf{r}^T \cdot \mathbf{K}_2 \cdot \mathbf{r}, \quad (4)$$

kde $\mathbf{r}$ je vektor koncových deformací prvku (viz (2)) a C je Winklerův modul stlačitelnosti podloží. Neznámá funkce průhybu prvku $w(\xi)$ v závislosti na koncových deformacích je aproximována podle:

$$w(\xi) = \mathbf{N} \mathbf{r} \quad (5)$$

kde $\mathbf{N}$ je aproximační matice:

$$\mathbf{N} = \begin{Bmatrix} \frac{1}{2+\kappa} [(1+2\kappa) - 2\kappa\xi - 3\xi^2 + 2\xi^3] \\ \frac{1}{2+\kappa} [-(1+\kappa)\xi + (2+\kappa)\xi^2 - \xi^3] \\ \frac{1}{2+\kappa} [2\kappa\xi + 3\xi^2 - 2\xi^3] \\ \frac{1}{2+\kappa} [\kappa\xi + (1+\kappa)\xi^2 - \xi^3] \end{Bmatrix} \quad (6)$$

3 Aplikace metody pro návrh průmyslových podlah z vláknobetonu

V případě matematického zápisu řešení problému desek na pružném podkladu nelze předpokládat širší využití výše uvedených metod v praxi. Proto je snaha vyvinout ve spolupráci mezi fakultou stavební ČVUT a firmou TriTreg® uživatelsky nenáročnou aplikaci využitelnou pro běžné použití.

Základem se stalo prostředí MS Excel. Koncepcie aplikace je vedena směrem k možnosti variabilního návrhu desek dle konkrétních charakteristik ať už od výrobce (použití vláken, volba technologie) nebo od požadavku zákazníka (požadované zatížení, jiné konstrukční požadavky, pojezd vozidel).

Následující obrázky ukazují jednotlivé možnosti zadávání vstupních parametrů:

Obr. 2 Úvodní strana aplikace

VLATNOSTI DESKY:

Základní vlastnosti desky:

- tloušťka desky: mm
- deska se spárami:
- velikost dilatačních celků: m X m
- typ použitých spár:

Doplňující vlastnosti desky:

- ☒ hloubka zapuštění kotev mm
- tl. desky pod kotvou: mm
- ☐ Poznámka:

Zpět

Pokračuj

v 1.1-200

Obr. 3 Zadání vlastností desky

MATERIÁL:

Beton:

třída betonu:

C 12/15

$f_{ck}/f_{ck,cube}$

12 / 15 [MPa]

modul pružnosti E_{cm} :

27,00 GPa

pevnost betonu v tlaku f_{cm} :

20,00 MPa

pevnost betonu v tahu f_{ctm} :

1,60 MPa

max. tlakové přetvoření $\epsilon_{o,max}$:

3500 $\times 10^{-6}$

tahové přetvoření ϵ_{ct} :

59,3 $\times 10^{-6}$

max. tahové přetvoření $\epsilon_{ct,max}$:

500 $\times 10^{-6}$

PRACOVNÍ DIAGRAM VLÁKNOBETONU

Výztuž - vlákna:

typ vláken:

TriTreg® (L=50mm, Ø 1,0mm)

dávkování vláken:

25 kg/m³

Zpět

Pokračuj

v 1.1-2009

Obr. 4 Charakteristika materiálu

Obdobných rozhraní je využito například i pro zadání vlastností podloží (včetně možnosti použití PS desky do podkladových vrstev) či charakteristice zatížení (základní druhy zatížení uvedené v TR34 – Concrete industrial ground floors a možné doplnění o konkrétně specifické zatížení definované objednatelem).

Kompletní záznam vstupních parametrů včetně identifikace projektu a výpočtu je na závěr aplikace exportován do záznamu přímo použitelného pro koncového zákazníka .

4 Závěr

Odvozená metoda nelineárního výpočtu drátkobetonových desek na poddajném podkladu nejenže mnohem výstižněji modeluje skutečné chování podlahových desek než dovolují obecně používané lineární přístupy, ale zejména umožňuje dosáhnout značných ekonomických přínosů využitím redistribuce namáhání. Parametrickými studiemi se prokázalo, že vypočtené namáhání desky je při uvažování nelineárního chování o cca. 30% nižší oproti výsledkům klasického řešení - vzrůstá i skutečná využitelná únosnost desky. Velmi vysoký ekonomický přínos odvozeného výstižného nelineárního výpočtu je zřejmý.

Zpracovaná aplikace dává možnost koncovému uživateli jednoduchého zpracování konkrétní zakázky s využitím moderního přístupu k návrhu a tím i možnost úspory.

Uvedené poznatky byly získány v rámci řešení grantového projektu 13051330 podporovaného Grantovou agenturou ČR.

Literatura

- [1] Technical Report No.34 – Concrete industrial ground floors
- [2] L. Vráblík - Zpráva MPO 2006 – Nelineární analýza vláknobetonové desky na poddajném podkladu
- [3] L. Vráblík, V. Křístek.: Fibre reinforced concrete – an approximate Method of the inverse analysis, Přednáška a sborník 3rd Internacionál Konference FC 2003 Malenovice, červen 2005
- [4] J. Kos, I. Vaníček, J. Jettmar, J. Záleský.: Geotechnické konstrukce, srpen 2008

Ing. Jan Loško

✉ Katedra betonových a zděných kcí
Fakulta stavební ČVUT
Thákurova 7
166 29 Praha 6
☎ +420 224 354 364
📠 +420 233 335 797
😊 jan.losko@fsv.cvut.cz
URL www.fsv.cvut.cz

Ing. Jaromír Jaroš

✉ TRITREG – Třinec s.r.o.
Frýdecká 390
739 61 Třinec
☎ +420 558 343 131
📠 +420 558 343 159
😊 jaros@tritreg.cz
URL www.tritreg.cz

Ing. Lukáš Vráblík, Ph.D.

✉ Katedra betonových a zděných kcí
Fakulta stavební ČVUT
Thákurova 7
166 29 Praha 6
☎ +420 224 354 623
📠 +420 233 335 797
😊 lvrablik@seznam.cz
URL www.fsv.cvut.cz