

# Vliv poddolování na smykové namáhání základových konstrukcí

Ing. Daniel PIESZKA  
doc. Ing. Karel KUBEČKA, Ph.D.  
VŠB-TU Ostrava – Fakulta stavební

Důlní vlivy způsobují přetváření terénu a jeho spojité a mnohdy nespojité deformace. Tyto deformace jako nepřímá zatížení pak namáhají základové konstrukce. V článku jsou uvedeny hlavní zásady návrhu omezující tyto důlní účinky a variantní přístup ke stanovení smykových napětí v kontaktní spáře. Z uvedených postupů pak vyplývá závislost smykového napětí na maximální délce objektu nebo dilatačního celku.

## Foundation structure's shear stresses due to mining

Mining influences cause strain and continuous and often discontinuous deformations of the terrain. Then, as indirect load, these deformations act on the foundation of the structure. The article presents the main design principles limiting the influence of mining effects and introduces an alternative approach to determining the shear stress in the contact joint. These procedures show the dependence of shear stress on the maximum length of the structure or on the maximum length of the expansion section of the structure.

## Úvod

Legislativní požadavky na zajištění stavebních objektů proti účinkům hlubinného dobývání nerostů upravuje v České republice zákon č. 44/1988 Sb. [1] a zákon č. 183/2006 Sb. [2]. Způsob však není zákonem předepsán, neboť závisí na intenzitě povrchových projevů hlubinného dobývání, tedy na rychlosti, spojitosti a způsobu přetváření povrchu poddolovaného území a na konstrukčním uspořádání povrchového objektu. Návrh stavebního díla musí respektovat dynamiku přetváření terénu a citlivost zvoleného konstrukčního řešení objektu na tyto dynamické účinky.

Základním podmínkou eurokódu (EC) je zajištění návrhu a provedení konstrukce tak, aby po celou dobu návrhovaně životnosti odolala zatížení a vlivům, které na ni mohou v průběhu provádění a následného užívání působit, a sloužila návrhovanému účelu. Návrh se provádí podle mezních stavů únosnosti a mezních stavů použitelnosti, které je nutné vztáhnout k předpokládaným návrhovým situacím. Konstrukce musí splňovat kritéria únosnosti, použitelnosti, trvanlivosti a musí být provedena hospodárně. Jednotlivé požadavky však mnohdy implikují protichůdná konstrukční řešení. Problematiku poddolovaného území a příslušný návrh konstrukce však soubory eurokódu neřeší.

## Konstrukční zásady návrhu

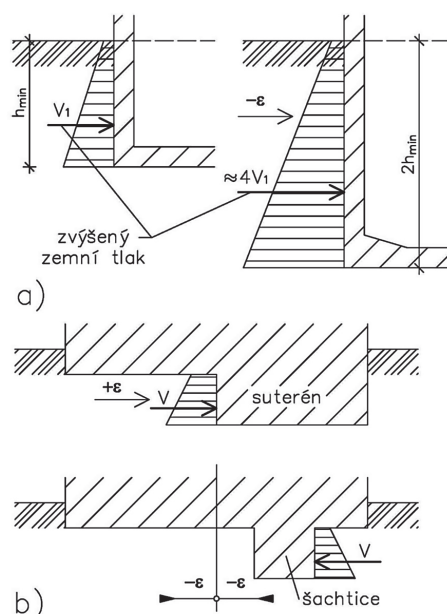
Předpokladem zajištění dostatečné odolnosti objektu proti důlním vlivům je nezbytné dodržet několik konstrukčních zásad. Objekt musí mít jednoduchý půdorysný tvar, tedy nejlépe kruhový, mnohoúhelníkový nebo čtvercový. Nevhodné jsou tvary jakkoli půdorysně zalomené nebo s vystupujícími částmi, u kterých vlivem vodorovného poměrného přetvoření terénu dochází ke značnému smykovému namáhání konstrukce, případně ke vzniku poruchy.

Z hlediska zakládání objektu je pak nezbytné, aby hloubka tohoto založení byla co nejmenší, ovšem za předpokladu splnění nutné podmínky EC 1992, tedy založení objektu v nezámrazné hloubce. Důvodem je eliminace zvýšeného zemního tlaku působícího na základové konstrukce, který může dosáhnout v závislosti na poměrném vodorovném přetvoření terénu a složení základové půdy hodnoty pasivního zemního tlaku. Velikost zemního tlaku v závislosti na hloubce založení je

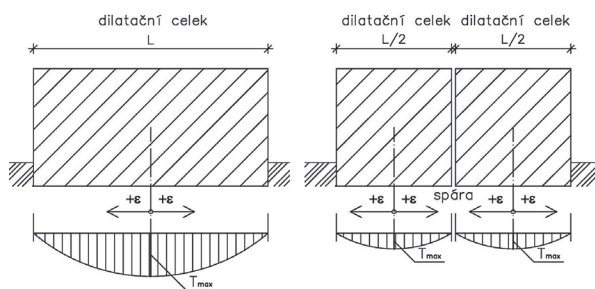
patrná z obr. 1a. Ke zvýšenému zemnímu tlaku rovněž dochází u výškových přechodů podzemních částí objektu, jak je zřejmé z obr. 1b. Objekt, resp. každý dilatační celek, je nutné zakládat v jedné výškové úrovni. U částečně podsklepených objektů, vystupujících jímek či šachet je pak nutné tyto konstrukční části oddělit kluznými reologickými spárami.

Z hlediska omezení vlivu důlní činnosti na stavební objekt je pak nejučinnějším opatřením rozdělení objektu na menší dilatační celky co nejmenších půdorysných rozměrů. Účinky vlivu důlní činnosti ani vodorovného poměrného přetvoření terénu nejsou lineární funkcí délky objektu (obr. 2).

Z uvedených zásad pak logicky vyplývá doplňující požadavek na minimalizaci půdorysné plochy základových konstrukcí (snížení smykových napětí v základové spáře) a provádění záspů bočních stěn základů a podzemních částí objektů materiálem s nízkými pevnostními a přetvárnými charakteristikami (snížení smykových napětí na bočních plochách), případně provádění zemních kompenzačních rýh.



Obr. 1. Zvýšený zemní tlak od poměrného vodorovného přetvoření



Obr. 2. Smyková síla jako funkce délky objektu

### Smyková napětí

Vzdoruje-li základ díky konstrukčnímu uspořádání vodorovné deformaci terénu, pak napjatost zeminy pod základem způsobí vznik vodorovných smykových napětí. S rostoucí napjatostí narůstá i smykové napětí, a to až do okamžiku překročení smykové pevnosti, kdy dochází k prokluzu a nárůstu vodorovné deformace terénu. V závislosti na přetvárných charakteristikách a reologických vlastnostech zeminy dochází k tomuto prokluzu buď v kontaktní ploše základu a zeminy, tedy základové spáře, nebo těsně pod ní.

### Luetkensův přístup

V kontaktní spáře se předpokládá smykové napětí [3] (obr. 3)

$$\tau_x = \frac{2}{3} \sigma_x \quad (1)$$

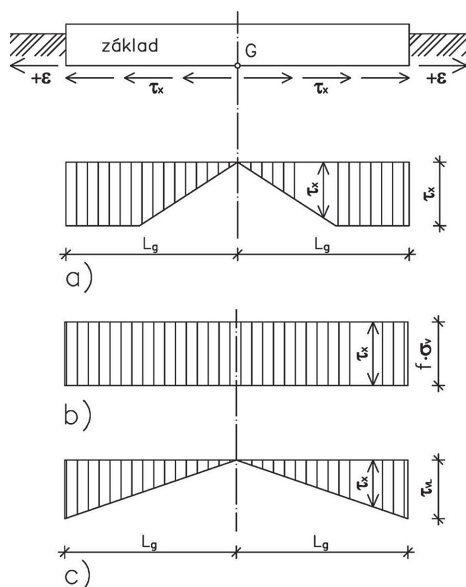
a smyková síla

$$T_x = \int_x^{L_g} b_x \tau_x dx \quad (2)$$

Maximální smyková síla je pak pro konstantní kontaktní napětí a konstantní šířku základu rovna

$$T_{\max} = 0,5bL\tau_x,$$

kde  $L = 2L_g$ .

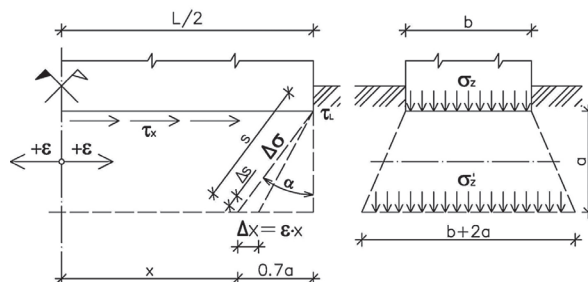


Výpočet smykové síly je konzervativní. Velikost tahové síly neodpovídá skutečným konstrukcím ve skutečných pod-

mínkách zakládání. Konstrukce jsou navrhovány neekonomicky.

### Přístup Wasilkowského

Vychází z deformovatelného pružného poloprostoru, kterému je tuhým základem šířky  $b$  a délky  $L$  bráněno v protažení, čímž dochází ke vzniku smykového napětí. Účinek základu, způsobující odpor proti deformaci podloží, se ovšem uplatňuje pouze v tloušťce  $a$  tlumící vrstvy (obr. 4).



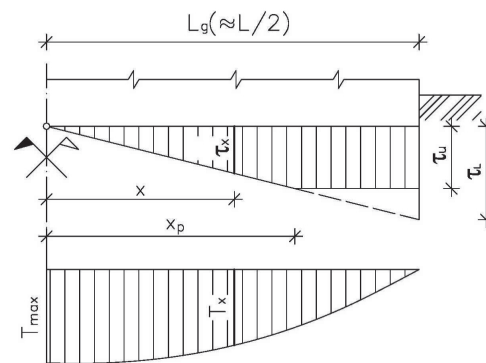
Obr. 4. Účinek tlumící vrstvy podle Wasilkowského, metoda 1

Největší smykové napětí pod okrajem základu (obr. 5)

$$\tau_L = \frac{\Delta\sigma}{\Delta s} \Delta x = \frac{\xi E_{def}}{1,2a} \frac{1 + \frac{2a}{b}}{1 + \frac{a}{b}} (0,5L - 0,7a)\epsilon \quad (3)$$

v pružněplastické oblasti pod základem je smyková síla (obr. 5)

$$T_x = \frac{1}{4} b \left( L - \frac{4x^2}{L} \right) \tau_L \quad (4)$$



Obr. 5. Průběh smykových napětí podle Wasilkowského, metoda 1

Uvedená metoda podle Wasilkowského je použitelná pro konstrukce v reálných podmínkách při dostatečně malých šířkách základových konstrukcí. Při řešení širokých základových konstrukcí jsou pro dimenzování získány příliš vysoké hodnoty smykových napětí.

### Současný přístup

Hloubka tlumící vrstvy byla odvozena [5], stanoví se ze vztahu

$$a = 0,75L^{0,56} (1 - e^{-0,94b^{0,53}}) \quad (5)$$

Za předpokladu, že smykové napětí pod základem nepře-

króčí smykovou pevnost, kdy pro smykovou sílu platí

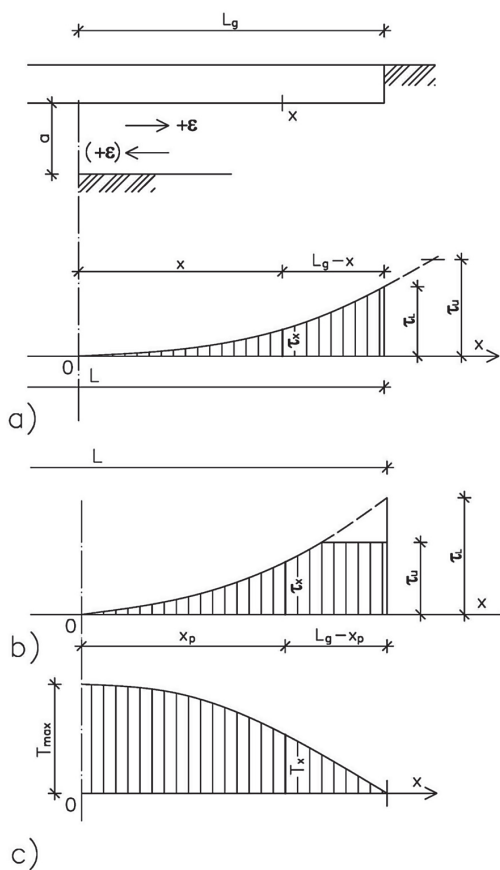
$$T_x = \frac{bU}{4a} \left[ \frac{1}{2} (L_g^2 - x^2) - a \sqrt{L_g^2 + a^2} + a \sqrt{x^2 + a^2} \right], \quad (6)$$

kde  $U$  je parametr závislý na kontaktním napětí v základové spáře, šířce základu a vlastnostech zeminy dle [4], [5], [6], [7], [8].

Smykové napětí v základové spáře  $\tau_x$  (obr. 6) vzrůstá od těžiště vodorovných sil v základech směrem k okrajům základů podle vztahu

$$\tau_x = \beta_x \mu_\varepsilon (\varepsilon_{\max} - \varepsilon_{\text{eig}}) \eta E_{\text{oad}}, \quad (7)$$

kde  $\eta$  je součinitel závislý na šířce základu, velikosti kontaktního napětí a druhu základové půdy,  $\beta_x$  je spojitá funkce průběhu smykových napětí.



Obr. 6. Smyková napětí v kontaktní spáře

Návrhové parametry přetvoření terénu vstupují do výpočtů prostřednictvím charakteristických přetvoření násobených korekčními součiniteli  $\mu$  a součinitelem  $\eta$ . Hodnoty součinitelů  $\mu$  jsou tabelovány pro délky dilatačního celku do 15 m, do 30 m a více než 30 m. Jak je patrné, v bodech dělicích příslušné délkové intervaly dochází k umělé nespojitosti funkce přetvoření. Tomuto jevu je možné zabránit užitím spojitě funkce pro vlastní popis korekčních součinitelů  $\mu$ . S výhodou lze pro poměrná vodorovná přetvoření užit vztahu závislého na poloměru plně účinné plochy  $r$

$$\mu_\varepsilon = 1 - \frac{1}{3} \left( \frac{L}{r} \right)^2 \quad (8)$$

a pro naklonění vyvolaná posunem terénu pak

$$\mu_i = 1 - \frac{1}{3} \left( \frac{L}{2r} \right)^2. \quad (9)$$

## Závěr

Pro zjednodušení výpočtu by bylo vhodné stanovit matematickou závislost součinitele  $\eta$  na kontaktním napětí v základové spáře, na šířce základu, hloubce tlumivé vrstvy a soudržnosti zeminy, neboť diskrétní hodnoty součinitele nerespektují spojitě změny těchto vstupních parametrů. Touto problematikou se kolektiv autorů v současnosti zabývá.

## Literatura

- [1] Zákon č. 44/1988 Sb., o ochraně a využití nerostného bohatství
- [2] Zákon č. 183/2006 Sb., o územním plánování a stavebním řádu
- [3] ČSN 73 0037, Z1: Zemní tlak na stavební konstrukce. ÚNI, 2010
- [4] ČSN 73 0039, Za: Navrhování objektů na poddolovaném území. Základní ustanovení. ČNI, 2008
- [5] Bradáč, J.: Účinky poddolování a ochrana objektů I. Dům techniky Ostrava, 1996.
- [6] Bradáč, J.: Účinky poddolování a ochrana objektů II. Dům techniky Ostrava, 1999.
- [7] Pieszka, D. – Kubečka, K.: Calculation of expansion section size dependent mining effect. [Proceedings], International Conference on Contemporary Problems of Architecture and Construction, 2013, Saint Petersburg, pp. 377-382. ISBN 978-5-9227-0423-6
- [8] Marschalko, M. – Yilmaz, I. – Fojtová, L. – Kubečka, K. – Bouchal, T. – Bednárik, M.: Influence of the soil genesis on physical and mechanical properties. The Scientific World Journal, 2013, Vol. 2013, pp. 1-7. DOI: 10.1155/2013/454710. www.hindawi.com/journals/tswj/2013/454710/