

Statika 2

6. přednáška

Železobetonové nosné desky & Stabilita tuhé konstrukce

Miroslav Vokáč
miroslav.vokac@klok.cvut.cz

ČVUT v Praze, Fakulta architektury

10. prosince 2015

Železobetonové nosné desky

- A. Desky podepřené podél dvou protilehlých stran
- B. Desky spojitě
- C. Desky po obvodu podepřené
- D. Ostatní desky

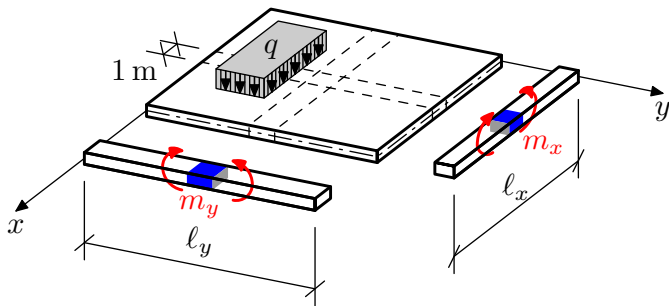
Stabilita tuhého tělesa

- Tlak větru
- Tlak vody
- Zemní tlak
- Stabilita na překlolení
- Stabilita na posunutí

Kontrolní otázky

Železobetonové nosné desky

Železobetonové nosné desky jsou rovinné konstrukce zatížené kolmo na střednicovou rovinu.



$q \dots$ je spojitě zatížení
[kN m⁻²].

$m_x, m_y \dots$ je měrný ohybový
moment [kN m / m].

U železobetonových desek dimenzujeme směry x a y zvlášť na měrné momenty m_x a m_y jako nosníky šířky 1 m.

Železobetonové nosné desky rozdělujeme do několika typů.

Železobetonové nosné desky

- A. Desky podepřené podél dvou protilehlých stran
- B. Desky spojitě
- C. Desky po obvodu podepřené
- D. Ostatní desky

Stabilita tuhého tělesa

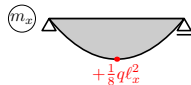
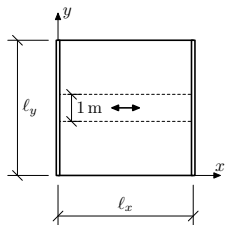
- Tlak větru
- Tlak vody
- Zemní tlak
- Stabilita na překlolení
- Stabilita na posunutí

Kontrolní otázky

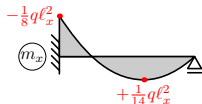
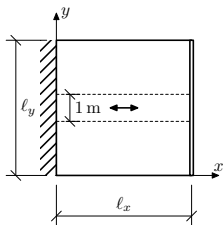
A. Obdélníkové desky podepřené podél dvou protilehlých stran

Předpokládejme, že q působí na celé ploše desky.

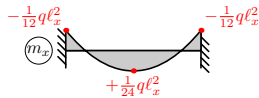
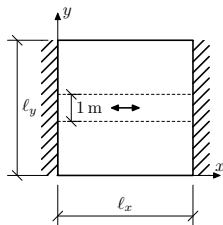
Navrhují se jako nosník, hlavní výztuž je jen v jednom směru.



$$m_y = 0$$



$$m_y = 0$$



$$m_y = 0$$

Ohybové momenty se určí jako na prostém nosníku, na prutu vektnutí-kloub nebo na prutu vektnutí-vetknutí.

Železobetonové nosné desky

A. Desky podepřené podél dvou protilehlých stran

B. Desky spojitě

C. Desky po obvodu podepřené

D. Ostatní desky

Stabilita tuhého tělesa

Tlak větru

Tlak vody

Zemní tlak

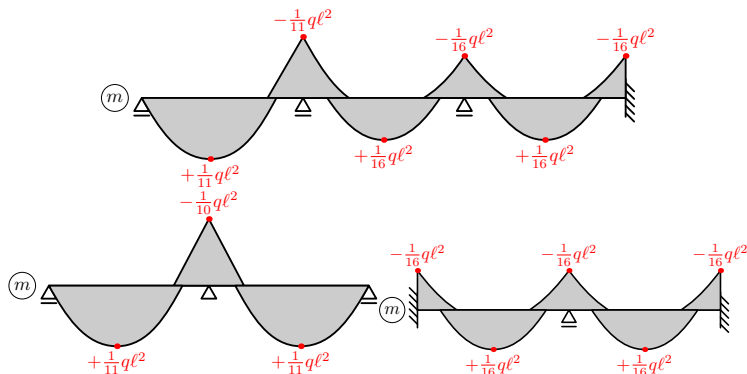
Stabilita na překlapaní

Stabilita na posunutí

Kontrolní otázky

B. Desky spojitě

ŽB desky mají dostatečnou rotační kapacitu průřezu, proto lze využít plastický průběh ohybových momentů.



$q \dots$ je součet stálého a nahodilého zatížení.

$\ell \dots$ je rozpětí pole.

Pokud nejsou délky polí nebo zatížení polí stejná, používá se v podporových průřezích průměrná hodnota. Maximální rozdíl má být do 20 %.

Železobetonové nosné desky

A. Desky podepřené podél dvou protilehlých stran

B. Desky spojitě

C. Desky po obvodu podepřené

D. Ostatní desky

Stabilita tuhého tělesa

Tlak větru

Tlak vody

Zemní tlak

Stabilita na překlolení

Stabilita na posunutí

Kontrolní otázky

B. Desky spojité

Dimenzační momenty pro ŽB spojité desky

Měrný ohybový moment lze vyjádřit výrazem $m = \kappa q \ell^2$, kde κ se určí podle následující tabulky.

Počet polí	Uložení / Pole	κ v poli	κ v podpoře
3 a více	krajní pole	$+\frac{1}{11}$	$-\frac{1}{11}$
	vnitřní pole	$+\frac{1}{16}$	$-\frac{1}{16}$
2 pole	krajní pole prostě podepřené	$+\frac{1}{11}$	$-\frac{1}{10}$
	krajní pole vetknuté	$+\frac{1}{16}$	$-\frac{1}{16}$

Lze využít pro spojité ŽB desky! U ŽB trámů a průvlaků nemusí být dostatečná rotační kapacita plastického kloubu.

Železobetonové nosné desky

A. Desky podepřené podél dvou protilehlých stran

B. Desky spojité

C. Desky po obvodu podepřené

D. Ostatní desky

Stabilita tuhého tělesa

Tlak větru

Tlak vody

Zemní tlak

Stabilita na překlolení

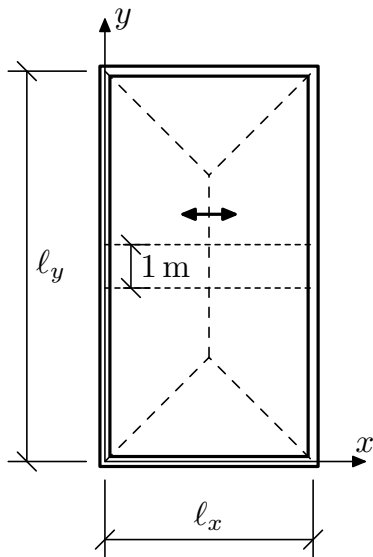
Stabilita na posunutí

Kontrolní otázky

C. Desky po obvodu podepřené

C1. Desky dlouhé

$$l_x < l_y \wedge l_x : l_y < 1 : 2$$



Deska je příliš dlouhá.

Podepření podél kratších stran má velmi malý vliv.

Řeší se jako deska podepřená podél delších stran (viz A.) a hlavní výztuž je v jednom směru.

Železobetonové nosné desky

A. Desky podepřené podél dvou protilehlých stran

B. Desky spojité

C. Desky po obvodu podepřené

D. Ostatní desky

Stabilita tuhého tělesa

Tlak větru

Tlak vody

Zemní tlak

Stabilita na překlolení

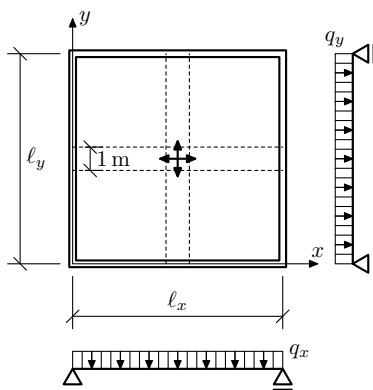
Stabilita na posunutí

Kontrolní otázky

C. Desky po obvodu podepřené

C2. Desky křížem vyztužené

$$l_x \leq l_y \wedge l_x : l_y \geq 1 : 2$$



$$q = q_x + q_y$$

Hlavní výztuž se navrhuje ve směru osy x i y – jedná se o desku křížem vyztuženou.

Spojité zatížení q se rozdělí na q_x a q_y a oba směry se řeší zvlášť.

Hodnota q_x a q_y se stanoví z rovnosti průhybů nosníků pro směr x a y .

Železobetonové nosné desky

A. Desky podepřené podél dvou protilehlých stran

B. Desky spojitě

C. Desky po obvodu podepřené

D. Ostatní desky

Stabilita tuhého tělesa

Tlak větru

Tlak vody

Zemní tlak

Stabilita na překlolení

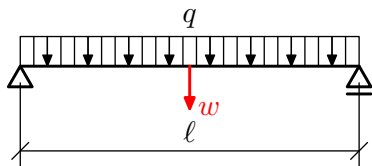
Stabilita na posunutí

Kontrolní otázky

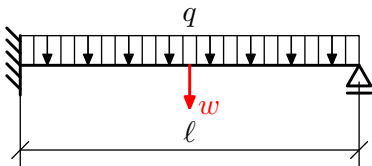
C. Desky po obvodu podepřené

C2. Desky křížem vyztužené

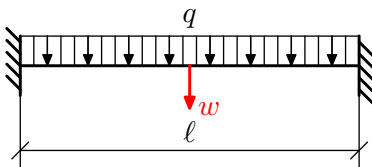
Důležité vzorce pro výpočet průhybů k odvození q_x a q_y :



$$w = \frac{5}{384} \frac{q l^4}{EI}$$



$$w = \frac{2}{384} \frac{q l^4}{EI}$$



$$w = \frac{1}{384} \frac{q l^4}{EI}$$

Železobetonové nosné desky

A. Desky podepřené podél dvou protilehlých stran

B. Desky spojité

C. Desky po obvodu podepřené

D. Ostatní desky

Stabilita tuhého tělesa

Tlak větru

Tlak vody

Zemní tlak

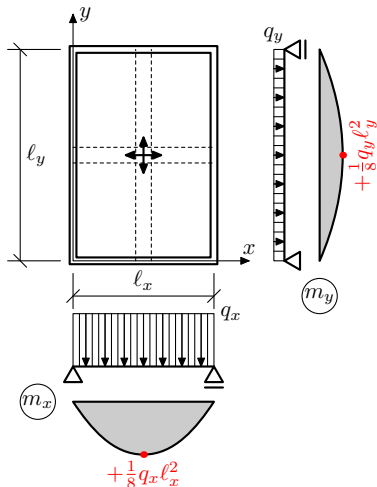
Stabilita na překlolení

Stabilita na posunutí

Kontrolní otázky

C. Desky po obvodu podepřené

C2. Desky křížem vyztužené



Řešíme soustavu rovnic:

$$q = q_x + q_y$$

$$\frac{5}{384} \frac{q_x l_x^4}{EI} = \frac{5}{384} \frac{q_y l_y^4}{EI}$$

Výsledkem je:

$$q_x = q \frac{l_y^4}{l_x^4 + l_y^4}$$

$$q_y = q - q_x$$

Železobetonové nosné desky

A. Desky podepřené podél dvou protilehlých stran

B. Desky spojité

C. Desky po obvodu podepřené

D. Ostatní desky

Stabilita tuhého tělesa

Tlak větru

Tlak vody

Zemní tlak

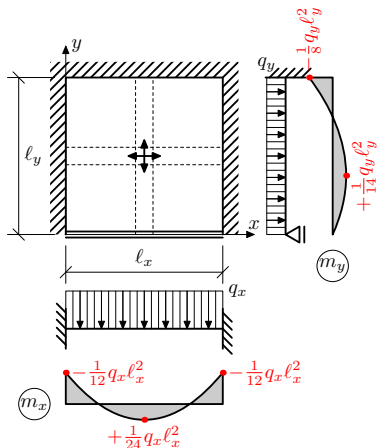
Stabilita na překlapaní

Stabilita na posunutí

Kontrolní otázky

C. Desky po obvodu podepřené

C2. Desky křížem vyztužené



Řešíme soustavu rovnic:

$$q = q_x + q_y$$

$$\frac{1}{384} \frac{q_x l_x^4}{EI} = \frac{2}{384} \frac{q_y l_y^4}{EI}$$

Výsledkem je:

$$q_x = q \frac{2l_y^4}{l_x^4 + 2l_y^4}$$

$$q_y = q - q_x$$

Železobetonové nosné desky

A. Desky podepřené podél dvou protilehlých stran

B. Desky spojité

C. Desky po obvodu podepřené

D. Ostatní desky

Stabilita tuhého tělesa

Tlak větru

Tlak vody

Zemní tlak

Stabilita na překlapaní

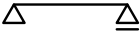
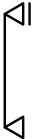
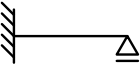
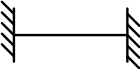
Stabilita na posunutí

Kontrolní otázky

C. Desky po obvodu podepřené

C2. Desky křížem vyztužené

Z podmínek $q = q_x + q_y$ a $w\left(\frac{l_x}{2}, \frac{l_y}{2}\right) = w_x\left(\frac{l_x}{2}\right) = w_y\left(\frac{l_y}{2}\right)$ lze odvodit:

směr y	směr x	q_x
		$q_x = q \frac{l_y^4}{l_x^4 + l_y^4}$
		$q_x = q \frac{5l_y^4}{2l_x^4 + 5l_y^4}$
		$q_x = q \frac{5l_y^4}{l_x^4 + 5l_y^4}$

Železobetonové nosné desky

A. Desky podepřené podél dvou protilehlých stran

B. Desky spojitě

C. Desky po obvodu podepřené

D. Ostatní desky

Stabilita tuhého tělesa

Tlak větru

Tlak vody

Zemní tlak

Stabilita na překlpení



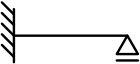
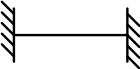
Stabilita na posunutí

Kontrolní otázky

C. Desky po obvodu podepřené

C2. Desky křížem vyztužené

Z podmínek $q = q_x + q_y$ a $w\left(\frac{l_x}{2}, \frac{l_y}{2}\right) = w_x\left(\frac{l_x}{2}\right) = w_y\left(\frac{l_y}{2}\right)$ lze odvodit:

směr y	směr x	q_x
		$q_x = q \frac{2l_y^4}{5l_x^4 + 2l_y^4}$
		$q_x = q \frac{l_y^4}{l_x^4 + l_y^4}$
		$q_x = q \frac{2l_y^4}{l_x^4 + 2l_y^4}$

Železobetonové nosné desky

A. Desky podepřené podél dvou protilehlých stran

B. Desky spojité

C. Desky po obvodu podepřené

D. Ostatní desky

Stabilita tuhého tělesa

Tlak větru

Tlak vody

Zemní tlak

Stabilita na překlpení


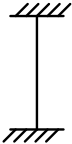
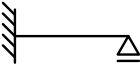
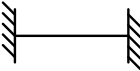
Stabilita na posunutí

Kontrolní otázky

C. Desky po obvodu podepřené

C2. Desky křížem vyztužené

Z podmínek $q = q_x + q_y$ a $w\left(\frac{\ell_x}{2}, \frac{\ell_y}{2}\right) = w_x\left(\frac{\ell_x}{2}\right) = w_y\left(\frac{\ell_y}{2}\right)$ lze odvodit:

směr y	směr x	q_x
		$q_x = q \frac{\ell_y^4}{5\ell_x^4 + \ell_y^4}$
		$q_x = q \frac{\ell_y^4}{2\ell_x^4 + \ell_y^4}$
		$q_x = q \frac{\ell_y^4}{\ell_x^4 + \ell_y^4}$

Železobetonové nosné desky

A. Desky podepřené podél dvou protilehlých stran

B. Desky spojité

C. Desky po obvodu podepřené

D. Ostatní desky

Stabilita tuhého tělesa

Tlak větru

Tlak vody

Zemní tlak

Stabilita na překlpení

Stabilita na posunutí

Kontrolní otázky

D. Ostatní desky

- ▶ U desek složitěji uložených nebo složitějšího tvaru je třeba řešit diferenciální deskovou rovnicí, která nemá analytické řešení a řeší se numerickými metodami.
- ▶ Takové desky jsou dnes řešeny metodou konečných prvků (MKP) různými komerčními programy.
- ▶ Protože v minulosti nebyla běžně dostupná výpočetní technika, je celá řada desek také zpracována v tabulkách: Bareš, Richard. *Tabulky pro výpočet desek a stěn*. Praha : SNTL, 1989. 624 s.
- ▶ Železobetonové konstrukce se nechovají ideálně pružně, protože beton v tahu nepůsobí a vznikají tahové trhlinky. Proto je snaha – třeba i jednoduchými přibližnými metodami – zahrnout skutečné plastické chování železobetonu.

Železobetonové nosné desky

A. Desky podepřené podél dvou protilehlých stran

B. Desky spojitě

C. Desky po obvodu podepřené

D. Ostatní desky

Stabilita tuhého tělesa

Tlak větru

Tlak vody

Zemní tlak

Stabilita na překlapaní

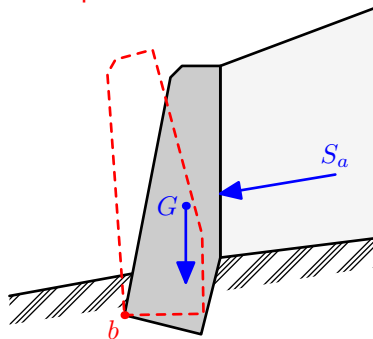
Stabilita na posunutí

Kontrolní otázky

Stabilita tuhého tělesa jako celku

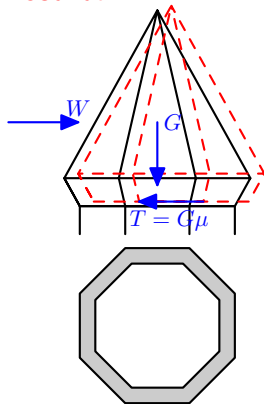
Každá stavební konstrukce jako tuhé těleso musí být **stabilní na překlpení a posunutí** v základové spáře (u plošných základů) nebo v jiné spáře (dle technologie výstavby).

Překlpení



Překlpení tížné opěrné zdi

Posunutí



Posunutí střešní konstrukce

Železobetonové nosné desky

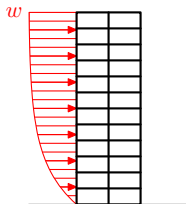
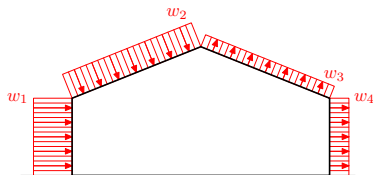
- A. Desky podepřené podél dvou protilehlých stran
- B. Desky spojitě
- C. Desky po obvodu podepřené
- D. Ostatní desky

Stabilita tuhého tělesa

- Tlak větru
- Tlak vody
- Zemní tlak
- Stabilita na překlpení
- Stabilita na posunutí

Kontrolní otázky

Zatížení větrem na konstrukci



- ▶ Zatížení od větru působí vždy kolmo na povrch konstrukce.
- ▶ Tlak větru může být i záporný, potom mluvíme o sání větru.
- ▶ Zatížení od větru se stanovuje na základě normy.
- ▶ Tlak větru závisí na větrové oblasti, výšce nad terémem, tvaru konstrukce, charakteru okolního terénu (souvislá zástavba, volné prostranství, les, mořská hladina. . .).

Železobetonové nosné desky

A. Desky podepřené podél dvou protilehlých stran

B. Desky spojitě

C. Desky po obvodu podepřené

D. Ostatní desky

Stabilita tuhého tělesa

Tlak větru

Tlak vody

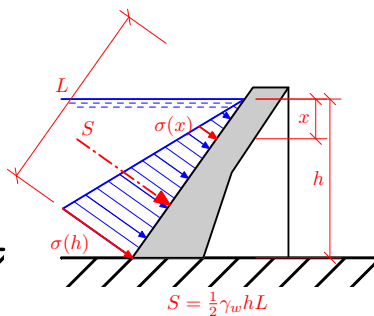
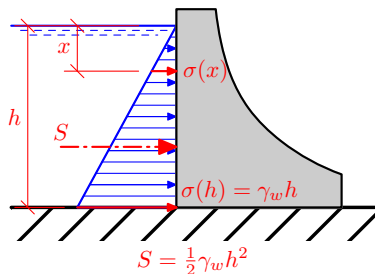
Zemní tlak

Stabilita na překlapaní

Stabilita na posunutí

Kontrolní otázky

Tlak vody na konstrukci



- ▶ Hydrostatický tlak vody působí vždy kolmo na povrch konstrukce.

- ▶ Hydrostatický tlak závisí na hloubce pod hladinou:

$$\sigma(x) = x \gamma_w$$

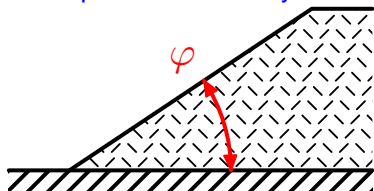
kde $\gamma_w = 10 \text{ kN m}^{-3}$ je objemová tíha vody.

- ▶ U trojúhelníkového zatížení na svislou stěnu je výslednice zatížení tlakem vody rovna:

$$S = \frac{1}{2} \gamma_w h^2$$

Zemní tlak – materiálové parametry

Úhel přirozené skloniny



- ▶ φ ... je úhel přirozené skloniny, pod kterým se zemina sama udrží.
- ▶ φ ... je úhel vnitřního tření zeminy (sypké hmoty).
- ▶ Úhel vnitřního tření zeminy je závislý na vlhkosti zeminy – s vlhkostí klesá. Proto je důležité odvodnění za rubem opěrných zdí.

- ▶ Úhel φ se zjišťuje v laboratoři ve smykovém přístroji (krabici).
- ▶ Orientační hodnoty φ :

písek suchý	34° až 37°
písek mokrý	27° až 30°
šterk drcený	35° až 40°
hlína suchá	38° až 42°
hlína mokrá	20° až 25°
cement	40°
pšenice	25°
slad	22°
voda	0°

Železobetonové nosné desky

- Desky podepřené podél dvou protilehlých stran
- Desky spojitě
- Desky po obvodu podepřené
- Ostatní desky

Stabilita tuhého tělesa

Tlak větru

Tlak vody

Zemní tlak

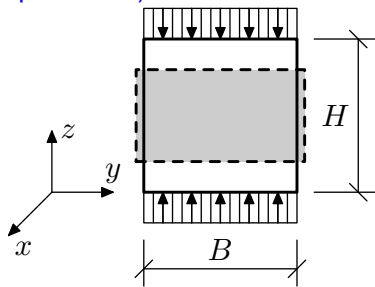
Stabilita na překlapaní

Stabilita na posunutí

Kontrolní otázky

Zemní tlak – materiálové parametry

Poissonovo číslo (Poissonův součinitel, součinitel příčného přetvoření)



- Poměrná přetvoření:

$$\varepsilon_x = \varepsilon_y = \frac{\Delta B}{B} \quad \varepsilon_z = \frac{\Delta H}{H}$$

- Poissonovo číslo: $\nu = -\frac{\varepsilon_x}{\varepsilon_z}$

- $\nu \in \langle 0; 0,5 \rangle$

- Pro vodu nebo gumu je $\nu = 0,5$

- Pro beton je $\nu \doteq 0,2$

- Pro ocel je $\nu = 0,27 \div 0,3$

- U zemin se ν stanovuje na základě zkoušek v trojosém přístroji – triaxiálu.

- Orientační hodnoty ν u zemin:

z. štěrkovité 0,20 až 0,25

z. písčité $\sim 0,30$

z. soudržné 0,35 až 0,40

Železobetonové nosné desky

A. Desky podepřené podél dvou protilehlých stran

B. Desky spojité

C. Desky po obvodu podepřené

D. Ostatní desky

Stabilita tuhého tělesa

Tlak větru

Tlak vody

Zemní tlak

Stabilita na překlapaní

Stabilita na posunutí

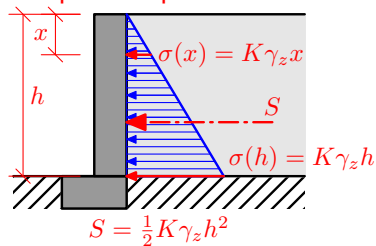
Kontrolní otázky

Zemní tlak

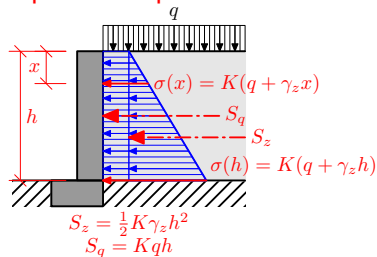
Průběh zemního tlaku na konstrukci

Pro zjednodušení problematiky budeme uvažovat jen **konstrukce se svislým rubem a vodorovným terénem.**

Bez přetížení povrchu



S přetížením povrchu



$\gamma_z \dots$ je objemová tíha zeminy [kN m^3].

$K \dots$ je součinitel zemního tlaku – podle podmínek působení rozlišujeme tlak aktivní, pasivní a tlak v klidu.

$q \dots$ je přetížení povrchu.

Železobetonové nosné desky

A. Desky podepřené podél dvou protilehlých stran

B. Desky spojitě

C. Desky po obvodu podepřené

D. Ostatní desky

Stabilita tuhého tělesa

Tlak větru

Tlak vody

Zemní tlak

Stabilita na překlpení

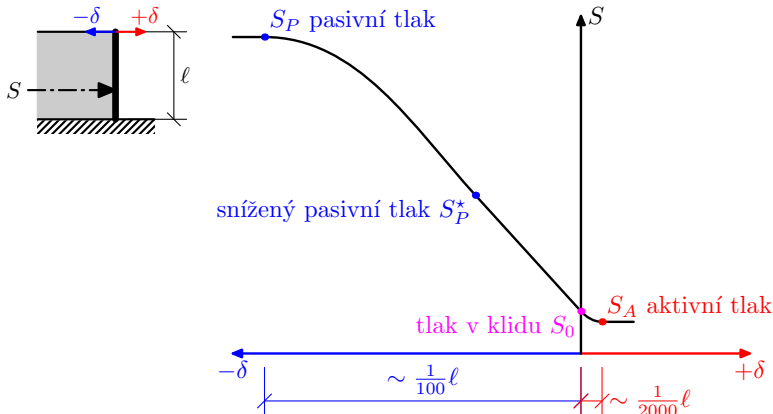
Stabilita na posunutí

Kontrolní otázky

Zemní tlak

Závislost velikosti zemního tlaku na deformaci konstrukce

- ▶ Pokud dojde k deformaci konstrukce δ , aktivuje se v zemině smykové napětí, které působí vždy proti pohybu.
- ▶ Závislost velikosti tlaku na posunu δ ukázal Terzaghi (1934) na velkém modelu opěrné stěny.



Železobetonové nosné desky

A. Desky podepřené podél dvou protilehlých stran

B. Desky spojitě

C. Desky po obvodu podepřené

D. Ostatní desky

Stabilita tuhého tělesa

Tlak větru

Tlak vody

Zemní tlak

Stabilita na překlolení

Stabilita na posunutí

Kontrolní otázky

Zemní tlak v klidu S_0

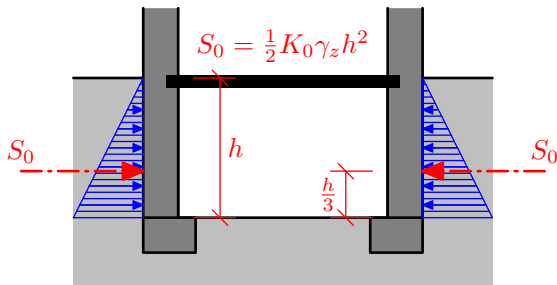
- ▶ Vzniká, jelikož je konstrukce tuhá, tj. nedeformuje se.
- ▶ Smykové napětí v zemině není aktivováno.
- ▶ Součinitel zemního tlaku v klidu podle Terzaghiho teorie

$$K_0 = \frac{\nu}{1 - \nu}$$

nebo podle Jákyho teorie

$$K_0 = 1 - \sin \varphi$$

- ▶ Příkladem je suterénní zeď, kde tuhost stropu zabraňuje deformaci.



Železobetonové nosné desky

A. Desky podepřené podél dvou protilehlých stran

B. Desky spojitě

C. Desky po obvodu podepřené

D. Ostatní desky

Stabilita tuhého tělesa

Tlak větru

Tlak vody

Zemní tlak

Stabilita na překlolení

Stabilita na posunutí

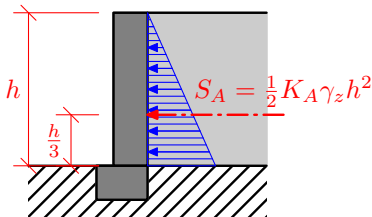
Kontrolní otázky

Aktivní zemní tlak S_A

- ▶ Vzniká, jelikož se konstrukce deformuje ve směru od zeminy.
- ▶ Potom se v zemině aktivuje smykové napětí působící proti pohybu, které odlehčí konstrukci.
- ▶ Součinitel aktivního zemního tlaku:

$$K_A = \tan^2 \left(45^\circ - \frac{\varphi}{2} \right)$$

- ▶ Příkladem je opěrná zeď.

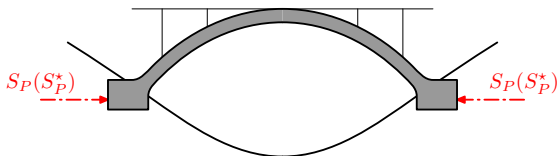


Pasivní zemní tlak S_P

- ▶ Vzniká, jetliže se konstrukce deformuje ve směru do zeminy.
- ▶ Potom se v zemině aktivuje smykové napětí působící proti pohybu, které zvyšuje zemní tlak.
- ▶ Zatlačení do zeminy je pro plné aktivování pasivního tlaku značné – nemusí být přípustné! Proto je někdy využitelná jen jeho snížená hodnota S_P^* .
- ▶ Součinitel pasivního zemního tlaku:

$$K_P = \tan^2 \left(45^\circ + \frac{\varphi}{2} \right)$$

- ▶ Příkladem je oblouková mostní konstrukce nebo oblouková přehradní hráz (vyžadují vhodné základové podmínky).



Železobetonové nosné desky

A. Desky podepřené podél dvou protilehlých stran

B. Desky spojité

C. Desky po obvodu podepřené

D. Ostatní desky

Stabilita tuhého tělesa

Tlak větru

Tlak vody

Zemní tlak

Stabilita na překlolení

Stabilita na posunutí

Kontrolní otázky

Stabilita na překlopení

Železobetonové nosné desky

A. Desky podepřené podél dvou protilehlých stran

B. Desky spojitě

C. Desky po obvodu podepřené

D. Ostatní desky

Stabilita tuhého tělesa

Tlak větru

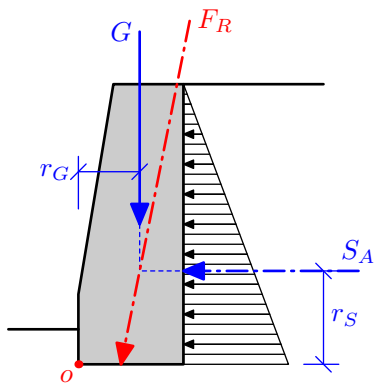
Tlak vody

Zemní tlak

Stabilita na překlopení

Stabilita na posunutí

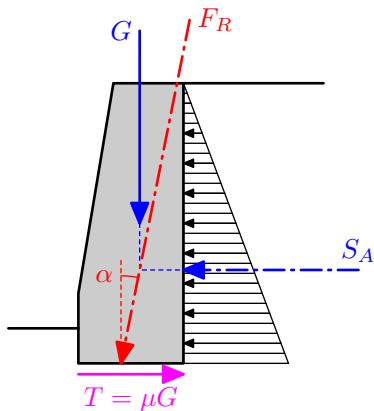
Kontrolní otázky



- ▶ Výslednice působících sil F_R nesmí vystoupit ze spáry.
- ▶ U opěrné zdi se svislým rubem a vodorovným terénem:

$$G r_G \geq S_A r_S$$

- ▶ Podmínka stability je slněna vždy, vyhovuje-li v posuzované spáře normálové napětí (tlak za vyloučeného tahu).



- ▶ V posuzované spáře vzniká tření, které působí proti silám způsobujícím posunutí.
- ▶ Součinitel tření: $\mu = \tan \varrho$
- ▶ Úhel tření z klidu ϱ se získává zkouškou na nakloněné rovině nebo smykovými zkouškami.
- ▶ Podmínka spolehlivosti:
 $\varrho \geq \alpha$
 $\mu = \tan \varrho \geq \tan \alpha = \left| \frac{F_{Rx}}{F_{Ry}} \right|$
- ▶ V případě opěrné zdi se svislým rubem a vodorovným terénem:
 $G\mu \geq S_A$

Železobetonové nosné desky

A. Desky podepřené podél dvou protilehlých stran

B. Desky spojitě

C. Desky po obvodu podepřené

D. Ostatní desky

Stabilita tuhého tělesa

Tlak větru

Tlak vody

Zemní tlak

Stabilita na překlapaní

Stabilita na posunutí

Kontrolní otázky

Stabilita tuhého tělesa

Vyjadřování podmínek spolehlivosti v normách pro navrhování

- ▶ Podle teorie stupně bezpečnosti:
 - ▶ Síly, resp. momenty, se určily z průměrných parametrů materiálů (objemové tíhy, součinitele tření atd.).
 - ▶ Spolehlivost se vyjadřovala stupněm bezpečnosti, což je poměr stabilizujících a destabilizujících sil.
 - ▶ Stupeň bezpečnosti na překlopení: $s = G r_G / S_A r_S \geq 1,5$
 - ▶ Stupeň bezpečnosti na posunutí: $s = \mu / \tan \alpha \geq 2,0$
- ▶ Podle teorie mezních stavů:
 - ▶ Destabilizující síly se stanovují jako cca 0,1% horní kvantil (větší hodnota je s pravděpodobností 0,001).
 - ▶ Stabilizující síly se stanovují jako cca 0,1% dolní kvantil (menší hodnota je s pravděpodobností 0,001).
 - ▶ Promilové kvantily se v Eurokódu nazývají návrhové hodnoty.
 - ▶ Spolehlivost se prokazuje tak, že návrhová hodnota stabilizující síly musí být větší nebo rovna návrhové hodnotě destabilizující síly.

Železobetonové nosné desky

A. Desky podepřené podél dvou protilehlých stran

B. Desky spojitě

C. Desky po obvodu podepřené

D. Ostatní desky

Stabilita tuhého tělesa

Tlak větru

Tlak vody

Zemní tlak

Stabilita na překlopení

Stabilita na posunutí

Kontrolní otázky

Železobetonové nosné desky

- A. Desky podepřené podél dvou protilehlých stran
- B. Desky spojitě
- C. Desky po obvodu podepřené
- D. Ostatní desky

Stabilita tuhého tělesa

- Tlak větru
- Tlak vody
- Zemní tlak
- Stabilita na překlolení
- Stabilita na posunutí

Kontrolní otázky

Děkuji za pozornost.

Vysázeno systémem \LaTeX .

Obrázky vytvořeny v systému METAPOST.