

Správný postup posuzování únosnosti podloží a chyby, které se často vyskytují

Ing. Jan Zajíček

SENS 10

Podloží vozovky a podloží násypu

Definice

- ▶ **Podloží vozovky; aktivní zóna**
 - ▶ Je horní vrstva zemního tělesa násypu nebo zářezu, do níž zasahuje vliv zatížení vozovkou.
 - ▶ V České republice se obvykle uvažuje v tloušťce 0,5 m.
 - ▶ Např. ve VB se stanovuje na základě vlastností zemin v podloží.
- ▶ **Podloží násypu**
 - ▶ Je část podloží pod násypem, do níž působí vlivy přitížení násypem.
 - ▶ Je logické, že uvažovaná tloušťka podloží násypu je podstatně větší a nějakou její obecnou hodnotu nelze stanovit.
 - ▶ Pokud je výška násypu malá, vždy musí být pod zemní plání únosná aktivní zóna v potřebné tloušťce, tj. co je pod terénem nelze brát za podloží násypu na úkor aktivní zóny.

Podloží vozovky a podloží násypu

Tyto dva pojmy se nesmí zaměňovat

- ▶ V podloží vozovky se úprava zemin vždy provádí za účelem dosažení potřebné únosnosti.
- ▶ V podloží násypu se úprava zemin provádí především za účelem zajištění průchodnosti pro staveništní dopravu a umožnění hutnění první nasypané vrstvy násypu. Účelem není zajištění stability budoucího násypu, protože takováto úprava by musela zasahovat do neúměrně velké hloubky.
 - ▶ Pro zkrácení doby sedání násypu se používají geotechnické metody pro urychlení konsolidace podloží (např. geodrény).
 - ▶ Požaduje se IBI 5 %, míra zhutnění 92 % PS (ČSN 73 6133).
 - ▶ Žádná kontrola únosnosti statickou zatěžovací deskou (E_{def2}) se neprovádí, žádné kritérium únosnosti nikde není předepsáno.

Únosnost podloží vozovky

Je jedním ze základních vstupních údajů při navrhování vozovek.

- ▶ Zatížení koly vozidel působí přes konstrukci vozovky na podloží, které se prohýbá.
- ▶ Požadavkem na podloží je, aby se prohýbalo jen velmi málo a aby průhyby byly pružné, tj. bez trvalých deformací.
- ▶ Únosnost podloží je schopnost podloží přenášet zatížení od vozovky; jeho základní charakteristikou je návrhový modul pružnosti E_d .

Únosnost podloží vozovky

Stanovení únosnosti

- ▶ E_d lze přímo měřit pomocí triaxiálního přístroje.
- ▶ Toto přímé měření E_d je velmi obtížné, navíc se jedná o hodnotu, kterou v reálu ovlivňuje mnoho vlivů.
 - ▶ změny vlhkosti, působení mrazu a tání, velikost působícího napětí a způsob zatěžování
- ▶ Při navrhování vozovek se proto pro jeho stanovení používají nepřímé metody.
- ▶ Jednou z nejvíce používaných nepřímých metod je metoda kalifornského poměru únosnosti CBR, kde se podařilo odvodit korelační vztahy mezi *CBR* a moduly pružnosti zemín, měřenými v triaxiálním přístroji.

Posouzení únosnosti podloží vozovky

V ČR se používá postup podle TP 170 – Dodatek.

- ▶ **Poměr únosnosti CBR zeminy podloží se stanovuje na zkušebním vzorku zhutněném na standardním Proctorově zařízení při optimální vlhkosti. Zkušební vzorek se pak sytí ve vodě po dobu 96 hodin, během nichž se může projevit nepříznivý vliv předpokládaného kolísání vlhkosti v podloží.**
 - ▶ Bylo upuštěno od odvození vlhkosti na základě vodního režimu, protože voda se do podloží dostává i jiným způsobem než kapilárním vztlínáním. Proto je nemožné předem spolehlivě stanovit, jakou vlhkost bude mít podloží pod vozovkou během doby její živostnosti.
- ▶ **Tento způsob na straně bezpečnosti návrhu je v našich klimatických a geologických podmínkách oprávněný.**

Posouzení únosnosti podloží vozovky

E_d se stanoví z CBR_{sat} jako tabulková hodnota.

Typ podloží	min. CBR	Zatřídění zeminy podloží podle klasifikace			Minimální kontrolní modul přetvárnosti E_{def2}	Návrhový modul pružnosti E_d
		Vhodné	Podmínečně vhodné	Nevhodné (upravit vždy)		
P III	15 %	G-F, SW	S-F, MG, CG, MS, CS SP, SM, SC, GP GM, GC	ML, MI, MH, MV, CL, CI, CH, CV	45 30 ^{*)}	50
P II	30 %	G-F, GW	–	–	60	80
P I	50 %	GW, kamenitá sypanina	–	–	90	120

^{*)} Pro nízké dopravní zatížení

Pro komunikace s nízkým dopravním zatížením lze E_d odvodit pomocí zatřídění zemin podle klasifikace.

Podle TP 170 tabulka obsahuje dělení podloží do 3 typů, což je vhodné při práci s katalogem vozovek, pro informaci jsou uvedeny i moduly E_{def2} .

Posouzení únosnosti podloží vozovky

Poznámky k zatřídění zeminy podle klasifikace

- ▶ Zeminy nevhodné se musí upravit vždy.
- ▶ Zeminy podmíněčně vhodné se musí posoudit dle skutečných podmínek s ohledem na jejich vlhkost a zpracovatelnost.
 - ▶ Pokud jsou tyto podmínky nepříznivé nebo nejsou známy, zeminy podmíněčně vhodné jsou tímto považovány za nevhodné a musí se upravit.

Poznámky k zatřídění zeminy podle CBR

- ▶ Prokázání minimálních hodnot CBR ještě nemusí zaručit dosažení požadovaného kontrolního modulu přetvárnosti.
 - ▶ Tyto hodnoty jsou závislé na konkrétních místních podmínkách jako je např. vlhkost, nehomogenita, zhutnitelnost apod.

Posouzení únosnosti podloží vozovky

Návrhový modul pružnost podloží E_d a statický modul přetvárnosti E_{def2} nelze zaměňovat.

- ▶ E_d reprezentuje chování podloží pod vozovkou za průměrných podmínek během doby životnosti vozovky. Je to dynamická veličina, která odpovídá napětí na povrchu podloží pod hotovou vozovkou a je o řád nižší, než napětí pod zatěžovací deskou při kontrole E_{def2} .
- ▶ E_{def2} je statickou kontrolní zkouškou vhodnosti použitého materiálu a jeho dostatečného zhutnění za podmínek během stavby.
- ▶ Mezi E_d a E_{def2} neexistuje žádná obecná korelace.

Posouzení únosnosti podloží vozovky

Tloušťka úpravy podloží

- ▶ Upravená vrstva musí roznášet namáhání od spodní podkladní vrstvy vozovky do původní nevhodné zeminy do té míry, aby toto namáhání bylo dostatečně sníženo.
- ▶ Čím má původní zemina v podloží horší vlastnosti, tím musí být tloušťka její úpravy větší.
- ▶ Účinnost úpravy podloží tedy určuje její tloušťka, nikoliv pevnostní parametry.

Posouzení únosnosti podloží vozovky

Tloušťka úpravy nebo výměny podloží podle
ČSN 73 6133, čl. 9.2.1, tabulka 5:

Původní materiál		
Zatřídění zemin podle klasifikace	Zatřídění podle CBR	Tloušťka úpravy (h)
MG, CG, MS, CS, SP, S-F, SM, SC, GP, GM, GC,	$5 \% \leq \text{CBR} < 15 \%$	$300 \text{ mm} \leq h < 400 \text{ mm}$
ML, MI, CL, CI, MH, MV, CH, CV	$2 \% \leq \text{CBR} < 5 \%$	$400 \text{ mm} \leq h < 500 \text{ mm}$
	$\text{CBR} < 2 \%$	$h \geq 500 \text{ mm}$

Posouzení únosnosti podloží vozovky

Problémy při neúnosném podloží

- ▶ Na neúnosném podloží nelze stavět.
- ▶ Neexistují žádné typy konstrukčních vrstev, které by vliv neúnosného podloží kompenzovaly, např. zvyšováním pevnostních parametrů.
- ▶ Nárůst pevnostních parametrů od podloží přes konstrukci vozovky musí být postupný, jinak se jakákoliv příliš „pevná“ vrstva umístěná, kam nepatří, vždy poláme (křehká deska na neúnosném podkladu).

Posouzení únosnosti podloží vozovky

Problémy při neúnosném podloží

- ▶ Neúčinné je použití různých výztužných prvků (geosyntetik) na zemní pláni nebo v konstrukci vozovky.
 - ▶ Přetvoření vozovky a podloží vyvolaná zatížením od dopravy jsou malá a výztužný prvek se nikdy nemůže dostatečně napnout, aby v něm vzniklo dostatečně velké tahové napětí a působil jako výztuž.
 - ▶ Těžko si lze představit spolupůsobení výztužného prvku s neúnosnou zeminou, vykazující minimální vnitřní tření.
 - ▶ Použití různých umělohmotných kapes a kovových ok na zaklínění hrubých zrn kameniva nesníží tlak na podloží.
 - ▶ Výrobci geosyntetik prezentují dobré zkušenosti z budování speciálních dočasných komunikací, toto ale nelze srovnávat
 - ▶ Vyztužování se dobře uplatňuje u zemních těles, kde jsou natolik velké deformace, aby se výztužný prvek napnul a působil.

Posouzení únosnosti podloží vozovky

Problémy při neúnosném podloží

- ▶ Při správném postupu se o únosnosti podloží a jeho případné úpravě rozhoduje v době zpracování projektové dokumentace ještě před zahájením stavebních prací.
- ▶ Praxe však ukazuje, že na skutečný stav podloží se přichází až při kontrolním měření zemní pláně statickou zatěžovací zkouškou (měření $E_{\text{def}2}$).
 - ▶ Je zvláštní, že v mnoha případech je toto považováno za standardní postup.
 - ▶ Příčinou nemusí být jen neznalost, když při projektování za nejnižší cenu je geotechnický průzkum první „uspořenou“ položkou.
 - ▶ Potom nezbývá nic jiného, než tloušťku úpravy odvodit z naměřených hodnot statického modulu přetvárnosti $E_{\text{def}2}$.

Posouzení únosnosti podloží vozovky

Přesto ČSN 73 6133 čl. 9.2.2 v tabulce 6 v případě komunikací s velmi nízkým dopravním zatížením umožňuje stanovení tloušťky úpravy podloží na základě měření modulu přetvárnosti E_{def2} .

Naměřený modul přetvárnosti E_{def2} [MPa]		Tloušťka zlepšení podloží
$25 \leq E_{def2} < 45$	Pro třídu dopravního zatížení IV, V	$300 \text{ mm} \leq h < 400 \text{ mm}$
$20 \leq E_{def2} < 30$	Pro třídu dopravního zatížení VI nebo návrhovou úroveň porušení D2	
$10 \leq E_{def2} < 25$		$400 \text{ mm} \leq h < 500 \text{ mm}$
$E_{def2} < 10$ (neměřitelné hodnoty)		$h \geq 500 \text{ mm}$

DĚKUJI ZA POZORNOST

**Ing. Jan Zajíček
jzajicek@volny.cz
tel. 602 515 105**