

Snížení nákladů při výstavbě kolektorů optimalizací účinků zatížení od dopravy



Ing. Michal Sedláček, Ph.D.
 Vystudoval Fakultu stavební ČVUT v Praze, obor konstrukce a dopravní stavby. V současné době působí jako projektant ve firmě KO-KA s.r.o. Je soudním znalcem pro podzemní stavby, autorizovaným inženýrem pro geotechniku, mosty a inženýrské konstrukce.
 E-mail: sedlacek@ko-ka.cz

Příspěvek je zaměřen na snížení finančních nákladů při návrhu podzemních liniových staveb, které se nacházejí v malých hloubkách pod povrchem terénu, a tudíž jsou vystaveny účinkům silniční a městské kolejové dopravy.

Kolektor je podzemní liniová stavba, která slouží k ukládání inženýrských sítí (voda, plyn, kanalizace, horkovodní potrubí, telekomunikační sítě atd.), čímž nahrazuje sítě uložené v zemi. Mezi hlavní výhody uložení inženýrských sítí do kolektoru patří zejména snadnější údržba, odstraňování závad, výměna či pokládka nových sítí. V dnešní době je velmi problematické provádět opravy inženýrských sítí uložených

v zemi technologií otevřeného výkopu, zejména v městech s hustou dopravní infrastrukturou, a proto je ukládání sítí do kolektorů v takových oblastech jediným možným řešením.

Například v Praze byla kolektorová síť budována od roku 1969 a v současné době dosahuje kolektorový systém délky cca 90 km. V Brně bylo započato s výstavbou kolektorů v roce 1973 a v současné době je délka kolektorové sítě cca 21 km.

Statické řešení

Pro bezpečný a současně ekonomický návrh nosné konstrukce kolektoru je důležitým faktorem hloubka uložení. V tomto příspěvku se zaměřím na kolektory, které jsou uloženy mělce pod povrchem terénu (malé nadloží), a tudíž na ně působí účinky zatížení od silniční dopravy a městské kolejové dopravy.

V současné době je možné stanovit účinky zatížení od dopravy na mělce uložený kolektor dvěma způsoby, respektive podle dvou platných norem. Projektant-statik se musí rozhodnout, jakým způsobem (podle které normy) bude toto přetížení povrchu aplikovat na danou konstrukci, zdali jako mostař, tzn. podle ČSN EN 1991-2 Eurokód 1: Zatížení konstrukcí – Část 2: Zatížení mostů dopravou (dále jen [1]), nebo jako geotechnik, tzn. podle ČSN EN 1997-1 Eurokód 7: Navrhování geotechnických konstrukcí – Část 1: Obecná pravidla (dále jen [2]).

plynovod STL 150 mm

5x NN do 1 kV

5x NN do 1 kV

3x NN do 22 kV

3x NN do 22 kV

vodovod DN 300



kabely vl. vybavení

14x optické kabely

14x optické kabely

12x metalické kabely

3x VO + 2x NN do 1 kV

5x NN do 1 kV

5x NN do 1 kV

▲ Obr. 1 Příčný řez kolektorem



▲ Obr. 2 Obsazenost kolektoru sítěmi

■ Podle normy [1] se doporučuje pro roznášení zatížení zeminou hodnota úhlu roznášení 30°. V referenční rovině (např. stropní deska kolektoru) tedy obdržíme konstantní průběh zatížení na omezené ploše.

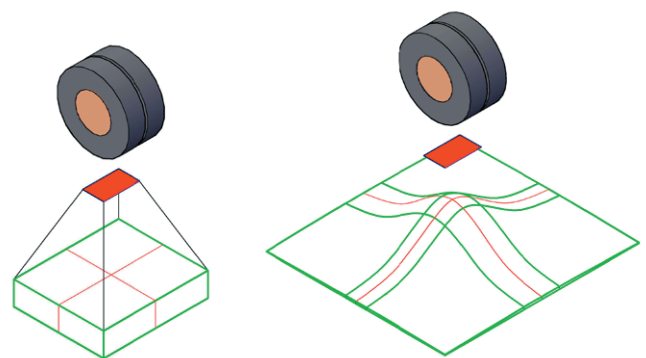
■ Podle normy [2] je možné použít teorii pružného poloprostoru. Tímto postupem obdržíme proměnlivý průběh zatížení, který lépe vystihuje působení zatížení v závislosti na vzdálenosti od jeho zdroje. Teoretická aplikace tohoto přístupu včetně číselného příkladu byla uveřejněna v časopise Stavebnictví 09/17.

Rozdíl obou přístupů je patrný z obr. 3. Na první pohled je zřejmé, že se liší jak samotný průběh zatížení, tak i hodnoty.

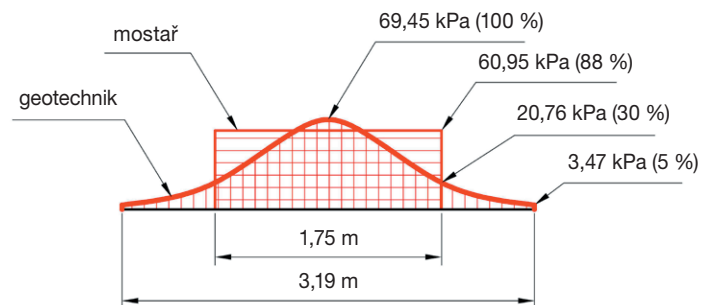
Výše uvedené přístupy dávají samozřejmě rozdílné výsledky pro obě skupiny mezních stavů, což vede k různému procentu vyztužení v kritických průřezích a v konečném důsledku k rozdílným finančním nákladům na projektovanou podzemní stavbu. Pro lepší pochopení dané problematiky je uveden praktický příklad.

Příklad

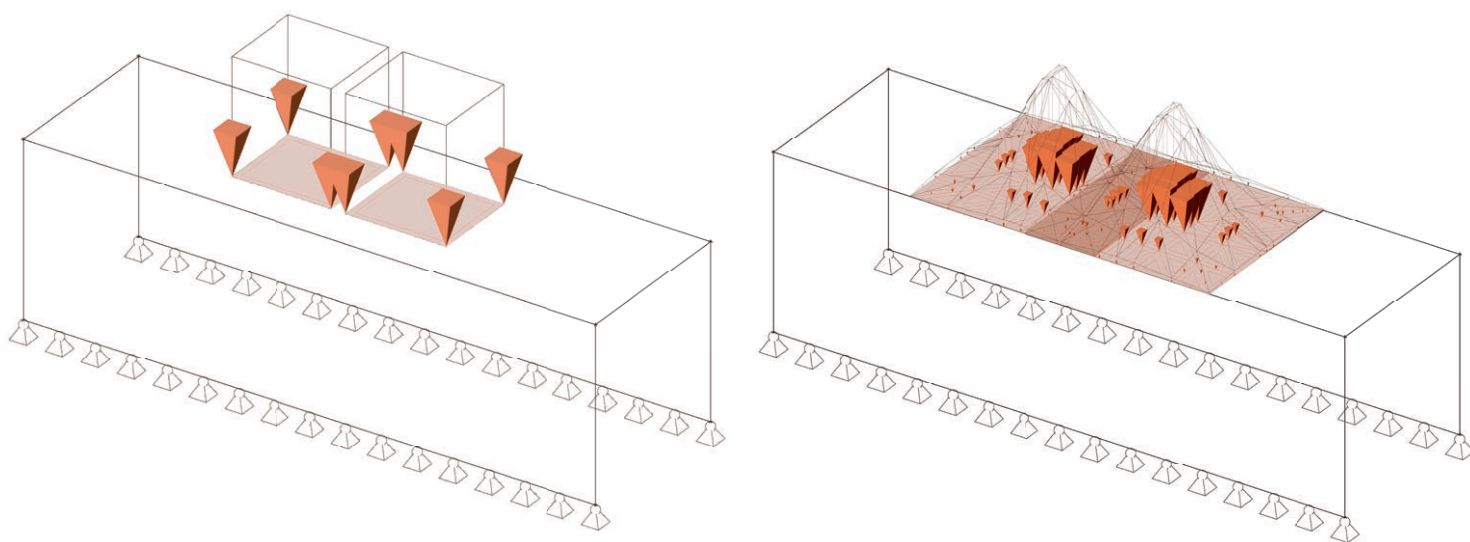
Pro číselné vyjádření finančního rozdílu byl zvolen železobetonový kolektor s krytím 1,0 m, šířky 3,2 a výšky 3,1 m. Tloušťka stropní desky a stěn je 200 mm, beton pevnostní třídy C 30/37, výztuž prutová B 500B. Krytí pro vnější povrch je 50 mm, krytí pro vnitřní povrch 30 mm.



▲ Obr. 3 Průběh svislého napětí σ_z pod dosedací plochou kola – vlevo podle normy [1] přístup mostaře, vpravo podle normy [2] přístup geotechnika



▲ Obr. 4 Srovnání svislých napětí při nadloží 1,0 m, zatížení LM2 [1]



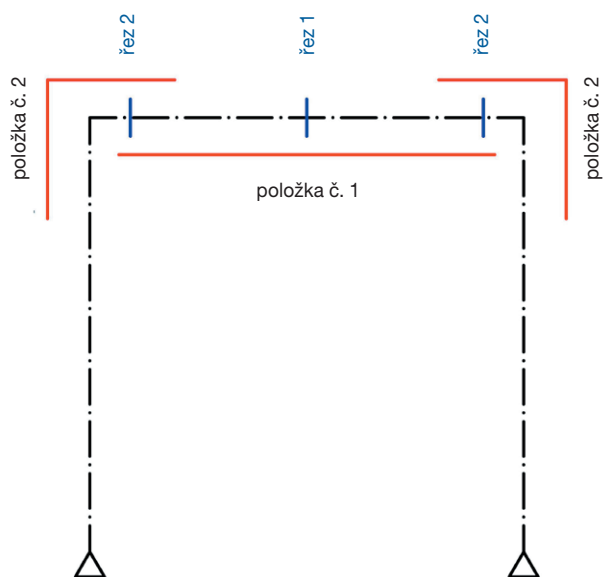
▲ Obr. 5 Aplikace zatížení na numerický model – vlevo mostář, vpravo geotechnik

	Řez 1	Řez 2
Přístup geotechnik	6 ks, \varnothing 10 mm	5 ks, \varnothing 14 mm
Přístup mostář	7 ks, \varnothing 10 mm	6 ks, \varnothing 14 mm

▲ Tab. 1 Návrh vyztužení pro jednotlivé řezy

Přetížení povrchu bylo z důvodu transparentnosti řešení uvažováno pouze silniční dopravou, a to ve smyslu normy [1]. Byl zvolen model zatížení 2 (LM2), který je tvořen jednou nápravovou silou $\beta_Q Q_{ak}$, kde Q_{ak} je rovna 400 kN včetně dynamického součinitele. Součinitel β_Q je podle národní přílohy uvažován hodnotou 0,8. Dotyková plocha každého kola je uvažována jako obdélník o stranách 0,35 m a 0,60 m.

Dále bylo uvažováno zatížení kolektoru zeminou, objemová hmotnost 21 kN/m³, součinitel bočního tlaku v klidu $K_0 = 0,5$.



▲ Obr. 6 Schéma vyztužení v kritických řezech

Výsledky

Při aplikaci zatížení podle výše uvedených přístupů obdržíme dva rozdílné soubory výsledků, které se vzájemně liší ($M_{sd \text{ geotechnik}} \neq M_{sd \text{ mostář}}$). Po vykreslení obálky rozdělení podélné vyztuže s uvažováním účinků šikmých trhlin a únosnosti vyztuže podél kotevnicí délek (dříve rozdělení materiálu) získáme délky jednotlivých položek betonářské vyztuže.

Pro model zatížení geotechnik vychází uprostřed rozpětí stropní desky (řez 1) vyztužení šesti kusů \varnothing 10 mm/m. Pro model zatížení mostář toto vyztužení již nevyhoví a je nutné navrhnout sedm kusů \varnothing 10 mm/m.

Obdobná situace je i v místě vetknutí stropní desky do stěn (řez 2). Pro model zatížení geotechnik stačí pět kusů \varnothing 14 mm/m. Pro model zatížení mostář toto vyztužení již nevyhoví a je nutné navrhnout šest kusů \varnothing 10 mm/m.

Pro vyčíslení finančních nákladů je uvažována cena betonářské vyztuže 34 Kč/kg. Finanční rozdíl mezi oběma přístupy v uvažování

		Průměr [mm]	Délka [m]	Kusy	Hmotnost [kg/m]	Celková hmotnost	Cena Kč/kg	Cena za položku	Úspora
Položka č. 1	geotechnik	10	3,1	6	0,62	11,53	34	392	65
	mostář	10	3,1	7	0,62	13,45		457	0

Položka č. 2	geotechnik	14	2,9	2 × 5	1,21	35,09	34	1 193	239
	mostář	14	2,9	2 × 6	1,21	42,11		1 432	0

▲ Tab. 2 Vyčíslení úspor na 1mb uvažovaného kolektoru (celková úspora na vyztuži: 304 Kč/mb)

zatížení je cca 304 Kč/mb, což samozřejmě není nikterak závratná částka. Ovšem je třeba si uvědomit, že při návrhu kolektoru např. pod Václavským náměstím o délce 700 m bude úspora na výztuži 212 800 Kč.

Závěr

Na výše uvedeném příkladu bylo prezentováno, jak může projektant-
-statik ušetřit investorovi finanční náklady, a to při dodržení kritérií
požadovaných platnou soustavou ČSN EN.

Jak bylo prokázáno, způsob výpočtu přetížení povrchu uvedený
v ČSN EN 1997-1 [2] vede k úspěšnějšímu návrhu nosné konstrukce
oproti přístupu uvažovanému v ČSN EN 1991-2 [1]. ■

Zdroje:

- [1] ČSN EN 1991-2 Eurokód 1: Zatížení konstrukcí – Část 2: Zatížení mostů dopravou.
- [2] ČSN EN 1997-1 Eurokód 7: Navrhování geotechnických konstrukcí – Část 1: Obecná pravidla.
- [3] ČSN EN 1992-1-1 Eurokód 2: Navrhování betonových konstrukcí – Část 1-1: Obecná pravidla a pravidla pro pozemní stavby.
- [4] Archiv firmy KO-KA s.r.o.

english synopsis

O
T

klíčová slova:

kolektory, zatížení dopravou, snížení nákladů

keywords:

collectors, traffic load, costs reduction

odborné posouzení článku:

doc. Ing. Viktor Borzovič, PhD.

katedra betonových konstrukcí a mostů Fakulty stavební
STU v Bratislavě