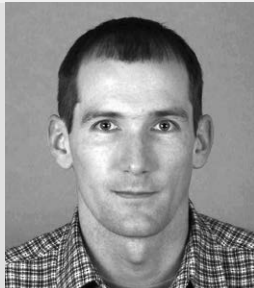


Destrukce stokové sítě vlivem přetížení povrchu



Ing. Michal Sedláček, Ph.D.

Vystudoval FSv ČVUT, 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, statiku a dynamiku staveb.

E-mail: sedlacek@ko-ka.cz

Cílem příspěvku je seznámit čtenáře s problematikou mechanismu poškození stokové sítě vlivem přetížení povrchu vzniklého lidskou činností. Pro názornost jsou uvedeny dva příklady z praxe, na nichž je mechanismus destrukce objasněn.

Úvod

Všechna velká evropská města mají vybudován důmyslný kanalizační systém, jehož hlavní částí jsou zděné páteřní stoky. Například v Praze se nachází cca 375 km zděných stok vejčitého profilu a celková délka stokové sítě je 3660 km. Oprava havárií těchto páteřních stok je technicky náročná a finančně nákladná.

Jedním z častých spouštěcích mechanismů kolapsu zděných stok je nadměrné přetížení povrchu, jehož následkem vzniknou trhliny (obr. 1),

▼ Obr. 1 Trhliny v klenbě



kteří vedou ke ztrátě vodotěsnosti konstrukce. Těmito trhlinami dochází k průsakům podzemní vody a současně vyplavování malty mezi jednotlivými cihlami. Uvolněné cihly „vypadnou“ do profilu stoky, tím dojde ke ztrátě stability celé konstrukce a k následnému závalu (obr. 2), který se projeví propadem povrchu nad poškozeným místem (obr. 3).

Pokud se tedy uvažuje o přetížení povrchu v blízkosti kanalizační stoky, je bezpodmínečně nutné prokázat její odpovídající mechanickou odolnost a stabilitu. V současné době lze tyto geotechnické úlohy řešit pomocí numerické simulace, jež jednoznačně určí maximální hodnotu přetížení, kterou je daná stoka schopna přenést.

Přetížení povrchu

Nejběžnější příčiny přetížení povrchu souvisejí se stavebními pracemi, které jsou prováděny v blízkosti stokové sítě. Toto přetížení může být krátkodobé (stavební stroje), nebo dlouhodobé (základové konstrukce nových budov).

Pro výstižné řešení dané geotechnické úlohy je nutné si uvědomit, že účinky napětí od přetížení povrchu se projevují i mimo dosah tzv. deformační zóny (obr. 4).

Podle ČSN 73 1001 Základová půda pod plošnými základy je deformační zóna pod základem omezený prostor v základové půdě, v němž dochází k nezanedbatelným deformacím vyvolaným zatížením stavbou. Jedná se tedy o oblast, v níž je hodnota svislého napětí σ_z rovna strukturální pevnosti zeminy σ_{cr} redukované násobkem geostatického napětí m .

Pokud je tedy napětí od přetížení povrchu přenášeno pouze skeletem zeminy, jsou deformace základové půdy zanedbatelné a dochází pouze ke zvýšení napětí.

▼ Obr. 2 Zával stoky





▲ Obr. 3 Propad povrchu

Numerický model

Výpočtový model stoky je řešen jako rovinná úloha. Ve směru osy stoky je zabráněno deformaci, tudíž posuny jednotlivých bodů se mohou uskutečnit pouze ve dvou směrech. Platí tedy následující vztahy:

Pro jednotlivé složky napětí σ_x , σ_y , σ_{xy} ve stavu rovinné deformace dostáváme následující rovnice:

$$\sigma_x = \frac{E}{(1+\mu)(1-2\mu)} [(1-\mu)\epsilon_x + \mu\epsilon_y]$$

$$\sigma_y = \frac{E}{(1+\mu)(1-2\mu)} [\mu\epsilon_x + (1-\mu)\epsilon_y]$$

$$\tau_{xy} = \frac{E}{2(1+\mu)} \cdot \gamma_{xy}$$

$$\epsilon_x = \frac{\partial u}{\partial x} \quad \epsilon_y = \frac{\partial v}{\partial y}$$

$$\gamma_{xy} = \frac{\partial v}{\partial x} + \frac{\partial u}{\partial y}$$

Výsledná soustava rovnic rovnováhy je v maticovém tvaru dána následujícím vztahem:

$$[K]\{A\} = \{f\}$$

kde:

K matice tuhosti řešeného systému;

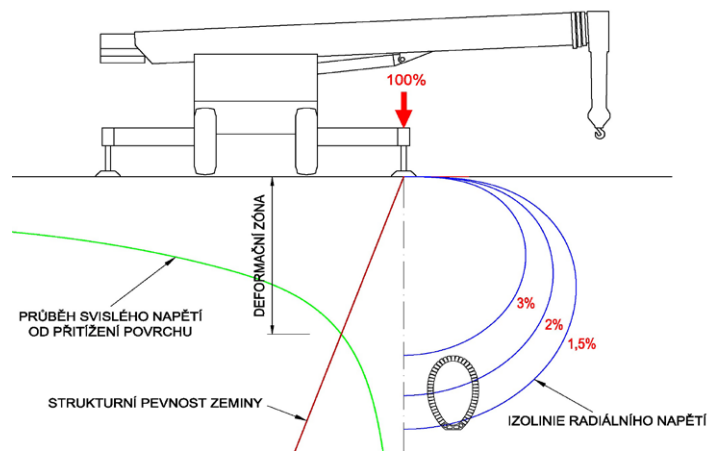
A vektor posunutí uzlových bodů;

f vektor zatížení.

Specifikou podzemních konstrukcí je jejich aktivní a pasivní spolupráce s horninovým prostředím. Konstrukce se vlivem působení zatížení deformuje a působí na okolní horninové prostředí. Tím dochází k aktivaci pasivního odporu horniny. Tento jev výrazně ovlivňuje únosnost podzemních konstrukcí, a proto je nezbytné pasivní odpor horniny ve statickém výpočtu uvažovat. Horninové prostředí je ve výpočetním modelu simulováno **za pomoci** radiálních a tangenciálních pružin. Radiální pružiny jsou definovány tak, aby působily pouze v tlaku, při vlastním výpočtu tedy dojde k vyloučení tažených oblastí. Tangenciální pružiny simulují tření na plášti konstrukce a jsou definovány jako pružné.

Příklad 1

V tomto případě došlo k mechanickému porušení zděné kanalizační stoky v důsledku přetížení povrchu autojeřábem. V souvislosti s výstavbou nových inženýrských sítí byl z prostorových důvodů umístěn autojeřáb do blízkosti nadloží zděné stoky PN III – 800/1430 mm (obr. 6), která se nacházela v hloubce 4,0 m pod stávajícím terénem.

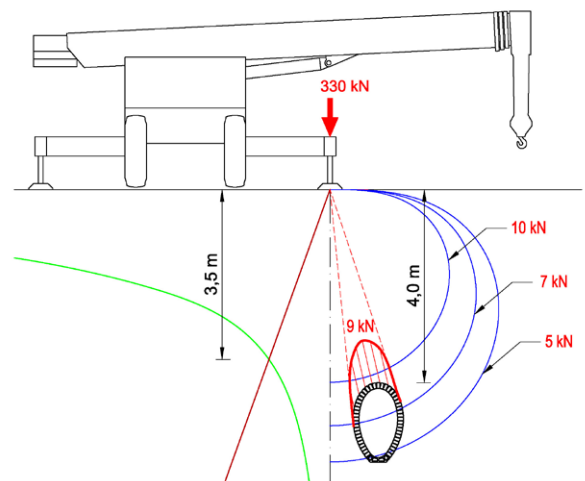


▼ Obr. 4 Určení deformační zóny

Přírůstek napětí v zemině od patky autojeřábu byl uvažován podle Boussinesqa, tzn. lineárně pružný homogenní, izotropní poloprostor. Podloží je tvořeno hlinou písčitou (F3 – MS) s následujícími parametry:

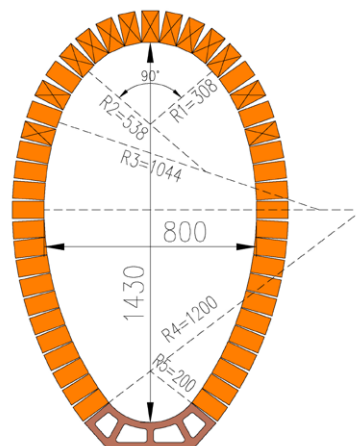
$$E_{def} = 10 \text{ MPa}, \nu = 0,35, \gamma = 18 \text{ kN/m}^3, m = 0,2.$$

Maximální síla v patce autojeřábu byla 330 kN při hmotnosti břemene 12 t a vložení 10 m. Vlivem tohoto přetížení povrchu působilo

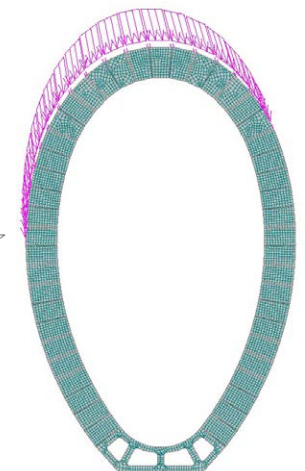


▲ Obr. 5 Přetížení stoky v kN

▼ Obr. 6 Zděná stoka PN III – 800/1430



▼ Obr. 7 Numerický model





▲ Obr. 8 Porušení stoky

na konstrukci stoky nesymetrické radiální zatížení o maximální intenzitě 9 kN/mb (obr. 5).

Výpočtem bylo prokázáno, že v tomto případě je nejslabším místem konstrukce horní část klenby. V této oblasti došlo k překročení tahové pevnosti malty a následnému vzniku trhlin o šířce cca 5 mm (obr. 8). Tuto šířku trhliny nelze z hlediska provozuschopnosti konstrukce stoky považovat za akceptovatelnou.

Výsledky numerické simulace prokázaly velmi dobrou shodu s reálným porušením skutečné konstrukce (obr. 8).

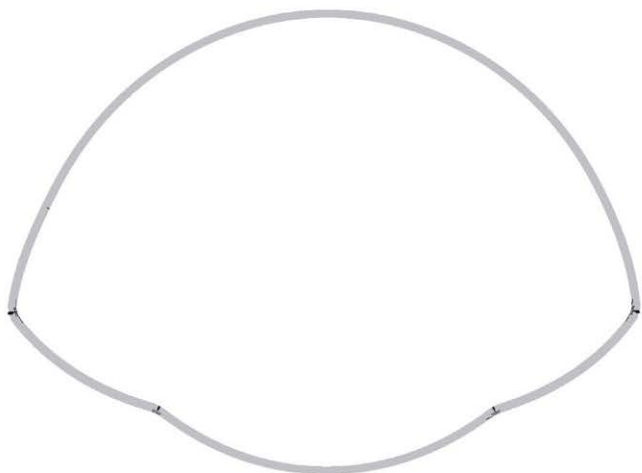
Příklad 2

V souvislosti s realizací developerského projektu došlo k zatížení sklolaminátové stoky DN 1400 (obr. 9) věžovým jeřábem. Stoka se



▲ Obr. 9 Sklolaminátová trouba DN 1400

▼ Obr. 10 Porušení stoky



nacházela v hloubce 4,2 m pod stávajícím terénem. Toto přetížení vedlo k její okamžité destrukci (obr. 10).

I v tomto případě prokázaly výsledky numerické simulace velmi dobrou shodu s reálným porušením skutečné konstrukce.

Závěr

Na výše uvedených příkladech z praxe je názorně vidět, že i když hloubka deformační zóny nezasahuje do úrovně kanalizační stoky, může přetížení povrchu vyvolat nevratné poškození na předmětné konstrukci.

V prvním případě došlo u zděné stoky ke vzniku nadměrných trhlin, čímž se aktivoval mechanismus kolapsu zděné stoky (průsaky, vyplavování pojiva, vypadávání cihel, zával a propad na povrchu).

V druhém případě došlo k okamžité mechanické destrukci sklolaminátové stoky.

V současné době lze tyto složité geotechnické úlohy výstižně řešit numerickými simulacemi a tím předcházet finančně i technicky náročným rekonstrukcím stokové sítě. ■

Použitá literatura:

[1] archiv firmy KO-KA s.r.o.

english synopsis

Cause of Failure Sewerage System Due to Surface Overload

The article presents examples of failure sewerage system due to surface overload. It also gives recommendations for estimation of surface overload.

klíčová slova:

zděná stoka, přetížení, porucha, havárie

keywords:

brick sewer, overload, failure, collapse

odborné posouzení článku:

Ing. Jindřich Řiřička,
předseda Asociace dodavatelů speciálního zakládání staveb
a Aktivu Geotechnika ČKAIT

