

4. Методика испытаний несвязных грунтов при стеснении объемных деформаций, позволяющая определить наиболее достоверные параметры прочности при контактном сдвиге.

Список цитированных источников

1. Грунты. Методы лабораторного определения прочности и деформируемости: ГОСТ 12248-96.

2. Анизотропия прочностных свойств песчаных грунтов: геотехника Беларуси: наука и практика: сб. статей Международной научно-технической конференции, БНТУ / А.П. Кременев, Н.Н. Вишняков. – Минск, 2008. – С. 19–26.

3. Грунты. Методы статистической обработки результатов испытаний: ГОСТ 20522-96.

4. Соболевский, Д.Ю. Прочность и несущая способность дилатирующего грунта / Д.Ю. Соболевский. – Минск: Наука і техника, 1994. – 232 с.

GEOTECHNICKÝ A ŠTRUKTURÁLNY NÁVRH MIKROPILÓT GEOTECHNICAL AND STRUCTURAL DESIGN OF MICROPILES

Matej Gužík

Abstract

Micropiles were conceived in Italy in the early 1950s in response to a demand for innovative techniques for underpinning historic buildings and monuments that had sustained damage over time. Micropiles can be designed as soil frictional piles and rock-socketed piles either under tension or compression, and they are used a lot in slope stability as well. They are applicable as a standard foundation method, and they are frequently used in urban areas because they have small dimensions and a high carrying load-capacity, depending on the properties of the soil and micropiles. They are also used for bridges foundation as well. Their carrying capacity depends on sub-soil characteristic and piling method.

The discussion will be based on designing micropiles, checking the load capacity of one micropile depending on the sub-soil characteristics and the properties of the micropile. It is also important to discuss the interaction between the sub-soil and grout in connection with checking the capacity. Depending on the interaction between the micropile and sub-soil, it is important to target any buckling as well.

1. Úvod

Mikropilóty boli koncipované v 50-tych rokoch 20-teho storočia ako požiadavka na inovovanie techník pre podchyťovanie historických budov a monumentálnych stavieb. V dnešnej dobe sa bežne používajú ako metóda podchyťovania budov, stabilizácie svahov, ale aj ako metóda zakladania. Ich použitie je lokálne podmienené geologickými faktormi ako aj krasovými výskytmi vo vápencoch. Ich veľkou výhodou je rýchla konštrukcia základu alebo sanácie, taktiež ich rozmery a únosnosť, ktorá sa pohybuje v rozpätí od 150 do 2800 kN.[1]

2. Vplyv injektážnej zmesi na únosnosť mikropilót

Proces injektovania má hlavný vplyv na únosnosť mikropilót. Postupy a detaily injektovania sa menia len čiastočne v závislosti od lokálnych zdrojov.

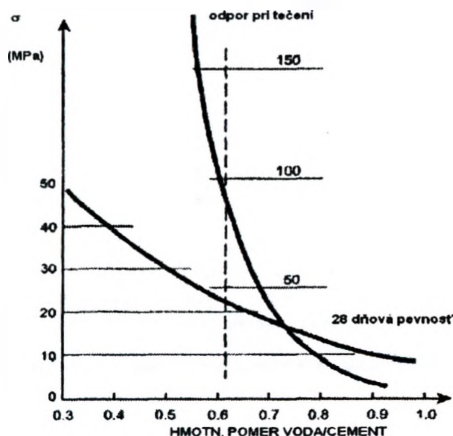
Vo všeobecnosti je injektážna zmes zmesou vody, cementu, v špeciálnych prípadoch piesku a superplasticizátorov. Význam injektovania spočíva v tom že:

- prenáša zaťaženie z výstuže do injektáže a následne do zeminy,

- môže tvoriť nosnú časť priečného rezu mikropilóty,
- pomáha chrániť ocel'ovú výstuž pred koróziou,
- jej efekt ako nosného prvku sa môže zvýšiť v priepustných zeminách priesakom do okolia a tým výrazne zväčšiť koreň mikropilóty.

Injekčná zmes musí mať preto vhodné vlastnosti: tekutosť, pevnosť, stabilitu a odolnosť. Potreba zabezpečiť dostatočnú tekutosť injekčnej zmesi má za následok zvýšenie obsahu vody, čo má negatívny dopad na ostatné tri vlastnosti.

Na všetky faktory, ktoré ovplyvňujú fluiditu injekčnej zmesi, pomer voda/cement má najväčší vplyv [1]. Obrázok 1 ukazuje, prečo je tento pomer obmedzený na rozsah $w = 0,45 - 0,50$. Pridaním prísad je možné na zaistenie adekvátnej spracovateľnosti navrhnuť pomer voda/cement aj menší než 0,40.



Obr. 1 Vplyv fluidity na vlastnosť injekčnej zmesi

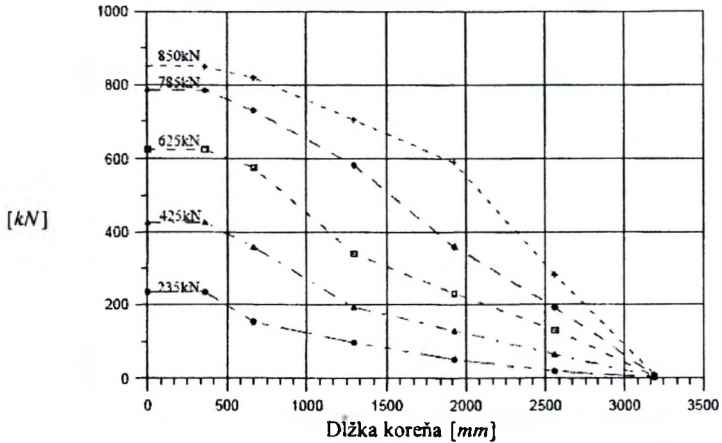
3. Koncepcia návrhu

V praxi návrhové napätie v tlaku vo výstužách je obmedzené na 50% hranice klzu výstuže [2]. Únosnosť mikropilóty je v predbežnom návrhu odvodená z dovoleného namáhania výstuže. Ďalšie komponenty ako injekčná zmes, prídavná výstuž, môžu byť uvažované vo výpočte pre zvýšenie štruktúrnej kapacity. Samozrejme treba brať na zreteľ aj efektívnosť návrhu. Pre prenos zaťaženia na styku injekčná zmes/výstuž, priemerné konečné napätie na styku injekčná zmes/výstuž je vo väčšine noriem podmienený stupňom bezpečnosti 2 a tento stupeň je podkladom na determinovanie potrebnej kontaktnej dĺžky. Tabuľka 1 ukazuje konečné kontaktné napätie medzi cementovou injektážnou zmesou s minimálnou pevnosťou 30 MPa a ocel'ovou výstužou s odlišnými kontaktnými povrchovými vlastnosťami. Dlhšia kontaktná dĺžka sa mala považovať za finálnu.

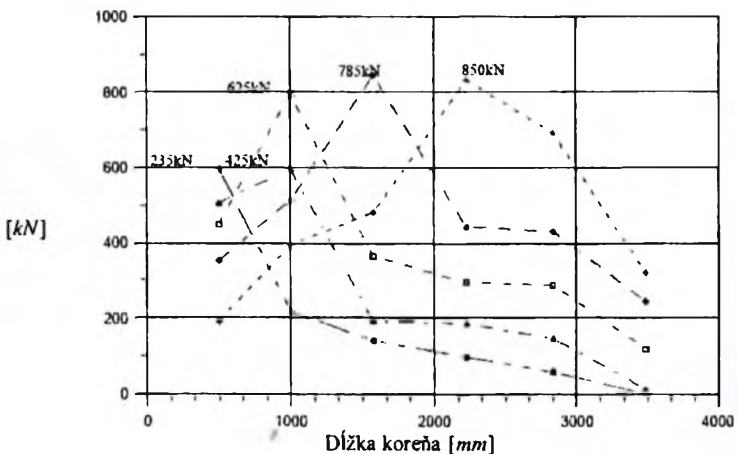
Tab. 1 – Vzťah povrchového napätia a drsnosti kontaktu

Konečné povrchové napätie [kPa]	Podmienky na kontakte
1000	Hladká tyč alebo drôt
1500	Hladký a vlnitý drôt
2000	Hladká pokrivená tyč
3000	Lokálne vrúbkovaná tyč

Pre potrebu zabezpečenia rozdelenia zaťaženia pozdĺž prepojenia výstuže a injekčnej zmesi je minimálna požadovaná dĺžka kontaktu na výstuži sú 3 m, pretože aktuálne rozdelenie napätia je nerovnomerné. Rozdelenie zaťaženia na rozhraniach je znázornené na obrázkoch 2 a 3. Vypočítané kontaktné dĺžky medzi výstužou a injektážou boli porovnané oproti dĺžkam na kontakte cementový kameň/homina. Avšak, optimalizácia dĺžky kontaktu koreň/homina spočíva v porovnaní s inými kontaktnými dĺžkami a zmenami priemeru vrtu.



Obr. 2 – Rozdelenie zaťaženi na rozhraniach výstuž/injektáž



Obr. 3 – Rozdelenie zaťaženi na rozhraniach injektáž/zemina

Napätie medzi nekompaktnou injektážnou zmesou a výstužou bolo zriedka považované za návrhový problém. So zreteľom na relatívne vysoké návrhové axiálne napätie (50% medze ťahu vo výstuži) je bežné, že celé primárne zaťaženie

v mikropilóte prenáša výstuž. Táto schéma je vhodná pri podchytávaní. Keď dôjde k zväčšeniu zaťaženia, injektážna zmes vo vencoch medzi výstužou a základovou pôdou začne staticky pôsobiť. Ako spojovací prostriedok hrá dôležité postavenie pre prenesenie axiálnych zaťažení z výstuže do podložia. Preto injektážna malta musí byť kompaktná pre prenos zaťaženia.

Ak sa injektážna zmes poruší a rozdrví, neúmerné napätie v tlaku spôsobí, že dôjde ku kritickému axiálnemu napätiu. Na kontakte injektážna zmes/výstuž sa potom predpokladajú plastické deformácie v okolí kontaktu výstuž/injektáž a znižuje sa účinok prenosu zaťaženia do základovej pôdy [2].

Prenos deformácie medzi dvoma zaťaženie prenášajúcimi elementmi, konkrétne medzi injektážou a výstužou môže byť značne neistý.

Predpokladajme:

Medza klzu výstuže:	$f_y = 552 \text{ MPa}$
Youngov modul výstuže	$E = 210 \text{ GPa}$
Charakteristická pevnosť injekčnej zmesi	$f_{cu} = 30 \text{ MPa}$
Youngov modul injekčnej zmesi	$E_z = 2.8 \text{ GPa}$

Dovolené namáhanie výstuže (50% medze klzu), elastické pretvorenia H_z , vo výstuži budú nasledovné:

$$\varepsilon_s = \frac{\sigma_s}{E_s} = \frac{0,5552}{210000} = 1,314 \cdot 10^{-3} \quad (1)$$

Pre kompatibilitu pomerných deformácií bude injektážna zmes preberať deformácie z výstuže a bude namáhaná tlakovými napätiami podľa vzťahu [2]

$$\sigma_g = E_g \cdot \varepsilon_s = 28.1,314 = 36.8 \text{ MPa} \quad (2)$$

Vypočítané tlakové napätie (podľa lineárne elastickej teórie) jednoznačne prekračujú mieru únosnosti injektáže v tlaku (30 MPa – záleží od podmienok a zhotovenia/prisad). Aj keď pomerné deformácie betónu v tlaku sa pohybujú v rozmedzí $2 \cdot 10^{-3}$ až $3,5 \cdot 10^{-3}$ je možné, že porušenie injektáže vypočítané vo vyššie uvedenom vzťahu sa môže vyskytnúť. Môžu sa vyskytnúť dve mechanizmy porušenia ako pretvorenie výstuže ktoré dosiahne limit pretvorenia zmesi. Prvé nastane rozdrvenie injektáže zapríčinené nadmerným tlakom, druhé je ušmyknutie na kontakte výstuž/injektáž. Je pravdepodobnejšie, že nastane druhý spôsob porušenia, pretože adhézia materiálu je vždy nižšia ako kohézia, ktorá je indikátorom pevnosti injektážnej zmesi.

Maximálne kontaktné napätia výstuže a injektáže sú uvedené v tabuľke 1, ktoré sú zjavne nižšie ako pevnosť injektáže. Porušenie na rozhraniach je možné očakávať pri mikropilótach votknutých v zdravých horninách hlavne preto, lebo obmedzenie kvalitnou skalnou horninou a osové napätia v mikropilóte sa utlmi veľmi rýchlo zo vzrastajúcou hĺbkou votknutia koreňa mikropilóty v hornine [2]. Pri návrhu trecích pilôt v zeminách je potrebné brať na zreteľ minimalizovanie vzniku plastických zón. Podobným konceptom môžu byť navrhnuté aj ťahané pilóty.

Efektívne riešenia pre návrh pilôt ťažených aj ťahaných:

1. redukovať osové napätia na prijateľné limity pretvorení injektáže znížením únosnosti alebo zvýšením únosnosti výstuže.

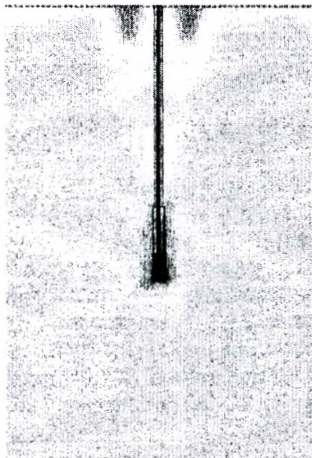
2. Zabezpečiť permanentné oceľové debncnie/paženie vrtu za účelom zvýšenia tuhosti prierezu.

Stužujúci efekt vyvolaný trvalým pažením vrtu môže v podstate redukovať elastické deformácie mikropilóty zaťaženej osovo. Rozdielne sadnutia pilóty kvôli elastickým pretvoreniam (skrátčeniam) by mali byť v tomto prípade tiež uvažované, v závislosti od dĺžky mikropilóty.

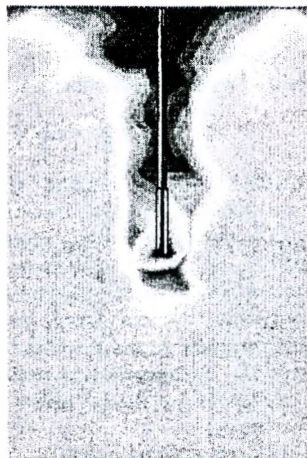
V súvislosti z návrhom mikropilót ako geotechnických konštrukcií vystupuje do popredia taktiež problematika porušenia zeminy. Porušenie zemného telesa nastáva šmykom, pri mikropilótach sa dostáva do popredia hlavne šmykové napätia na plášti, prípadne na päte mikropilóty. Preto je dôležité sledovanie progresu šmykových napätí, prípadne šmykových pretvorení vznikajúcich v bezprostrednom okolí mikropilóty. Obrázky 4 a 5 ilustrujú relatívne šmykové porušenie zemného telesa v okolí mikropilóty (zemina – piesok triedy S3 – podľa STN 73 1001) pre nulové a maximálne zaťaženie.

4. Záver

Mikropilóty patria k bežným metódam zakladania a sanácie. Sú to konštrukcie, na ktoré má veľký vplyv postup výstavby, kvalita injektážnych zmesí a prídavkov do nich. Podobne ako iné základové konštrukcie aj mikropilóty sú v neustálej interakcii z okolitým prostredím či už ide o styk výstuž/injektáž, alebo injektáž/základová pôda. Tieto kontakty a interakcie taktiež rozhodujú o správnej funkčnosti mikropilóty a je potrebné im venovať pozornosť.



Obr. 4. — Relatívne šmykové porušenie
– minim. zaťaženie



Obr. 5. — Relatívne šmykové porušenie
– maxim. zaťaženie

Zoznam použitej literatúry

[1] Ir Liew Shaw Shong & Chew Chung Gue & Partners Sdn Bhd, Geotechnical course for Pile Foundation Design & Construction, Kuala Lumpur, Malaysia, 2003 p, 13, 17–21.

[2] Tom Armour, P.E., Paul Gronck, P.E., James Keeley, P.E., Sunil Sharma P.E., Micropile Designand Construction Guidelines Implementation Manual (2000).

[3] Zavrtávané mikropilóty TITAN, firemná prezentácia Minova Bohemia, odborný seminár CVUT Praha.