

# Obsah

## PŘEDMLUVA

|                                                             |    |
|-------------------------------------------------------------|----|
| 1. ÚVOD .....                                               | 2  |
| 2. HISTORIE A TECHNOLOGIE .....                             | 3  |
| 2.1. TECHNOLOGIE VYUŽÍVAJÍCÍ VIBRAČNÍ ÚČINKY .....          | 3  |
| 2.1.1. „Vibro compaction“ .....                             | 3  |
| 2.1.2. „Vibro replacement“ .....                            | 4  |
| 2.1.3. Hutněné pískové pilíře .....                         | 7  |
| 2.2. OSTATNÍ TECHNOLOGIE .....                              | 7  |
| 2.2.1. FRANKI technologie .....                             | 7  |
| 2.2.2. Technologie s předvrtem .....                        | 8  |
| 3. INSTALACE ŠTĚRKOVÝCH PILÍŘŮ .....                        | 9  |
| 3.1. GEOMETRICKÉ USPOŘÁDÁNÍ .....                           | 9  |
| 3.2. MATERIÁL PILÍŘE A PODLOŽÍ .....                        | 10 |
| 3.2.1. Materiál pilíře .....                                | 10 |
| 3.2.2. Materiál pilíře – praxe .....                        | 11 |
| 3.2.3. Materiál podloží .....                               | 15 |
| 3.3. VLIV INSTALACE NA OKOLNÍ ZEMINU .....                  | 16 |
| 3.3.1. Změna stavu napjatosti .....                         | 16 |
| 3.3.2. Objemové změny .....                                 | 32 |
| 3.3.3. Zplastizovaná zóna .....                             | 35 |
| 3.4. STÁLOST ZLEPŠUJÍCÍCH ÚČINKŮ .....                      | 37 |
| 3.4.1. Vliv vibrací .....                                   | 37 |
| 3.4.2. Senzitivita jemnozrnných zemin .....                 | 38 |
| 4. ZATĚŽOVÁNÍ A KONSOLIDACE .....                           | 39 |
| 4.1. KONCENTRACE NAPĚTÍ .....                               | 39 |
| 4.2. KONCENTRACE NAPĚTÍ – KLOBOUKY U BRNA .....             | 44 |
| 4.3. KLENBOVÝ ÚČINEK .....                                  | 48 |
| 4.4. PORUŠENÍ JEDNOHO PILÍŘE .....                          | 50 |
| 4.4.1. Mechanismus porušení .....                           | 51 |
| 4.4.2. Rozměry zatěžovací desky .....                       | 52 |
| 4.4.3. Vrstevnaté podloží .....                             | 53 |
| 4.4.4. Analytické metody výpočtu .....                      | 54 |
| 4.5. PORUŠENÍ SKUPINY PILÍŘŮ .....                          | 57 |
| 4.6. SEDÁNÍ .....                                           | 60 |
| 4.6.1. Aspekty ovlivňující velikost sedání .....            | 60 |
| 4.6.2. Analytické metody .....                              | 62 |
| 4.7. STABILITA SVAHU .....                                  | 67 |
| 4.8. KONSOLIDACE .....                                      | 71 |
| 5. NUMERICKÉ MODELOVÁNÍ .....                               | 76 |
| 5.1. ZPŮSOBY NUMERICKÉHO MODELOVÁNÍ ŠTĚRKOVÝCH PILÍŘŮ ..... | 77 |
| 5.1.1. Homogenizace podloží .....                           | 77 |
| 5.1.2. Transformace pilířů na průběžné stěny .....          | 77 |
| 5.1.3. Transformace pilířů do prstence .....                | 78 |



|        |                                                                                           |     |
|--------|-------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 5.1.4. | Elementární buňka .....                                                                   | 78  |
| 5.1.5. | 3D modelování .....                                                                       | 78  |
| 5.1.6. | Numerická analýza - stabilita svahu .....                                                 | 78  |
| 5.2.   | NUMERICKÉ MODELOVÁNÍ PROCESU INSTALACE .....                                              | 85  |
| 5.2.1. | Problematika velkých deformací .....                                                      | 88  |
| 5.2.2. | Penetrace podloží s použitím Eulerova a ALE kinematického popisu .....                    | 91  |
| 5.2.3. | Bezsíťové metody .....                                                                    | 93  |
| 5.2.4. | Numerická analýza - instalace šterkových pilířů .....                                     | 95  |
| 5.2.5. | Vliv jednofázového procesu instalace .....                                                | 95  |
| 5.2.6. | Vliv vícefázového procesu instalace .....                                                 | 99  |
| 5.2.7. | Zohlednění hutnění šterkového pilíře .....                                                | 101 |
| 5.2.8. | Zohlednění velikosti numerického modelu .....                                             | 102 |
| 6.     | TESTOVÁNÍ A KONTROLA KVALITY ZLEPŠENÍ .....                                               | 105 |
| 6.1.   | PENETRAČNÍ ZKOUŠKY .....                                                                  | 107 |
| 6.1.1. | Statická penetrační zkouška .....                                                         | 107 |
| 6.1.2. | Lokalita - Orlová .....                                                                   | 109 |
| 6.1.3. | Lokalita - Horusice .....                                                                 | 112 |
| 6.2.   | ZATĚŽOVACÍ ZKOUŠKY .....                                                                  | 114 |
| 6.2.1. | Velkorozměrová zatěžovací zkouška .....                                                   | 114 |
| 6.2.2. | Zatěžovací zkouška kruhovou zatěžovací deskou .....                                       | 118 |
| 6.2.3. | Zatěžovací zkouška kruhovou zatěžovací deskou v kombinaci s dynamickou<br>penetrací ..... | 119 |
| 6.3.   | NEDESTRUKTIVNÍ TESTOVÁNÍ ŠTERKOVÝCH PILÍŘŮ .....                                          | 122 |
| 6.3.1. | Lokalita – Žiar nad Hronom .....                                                          | 124 |
| 6.3.2. | Lokalita – Skalice nad Svitavou .....                                                     | 125 |
| 6.3.3. | Lokalita – Ruskovce .....                                                                 | 126 |
| 6.4.   | VYHODNOCENÍ DAT Z PROTOKOLŮ O PROVÁDĚNÍ PILÍŘŮ .....                                      | 127 |
| 6.4.1. | Vyhodnocení záznamů .....                                                                 | 129 |
| 7.     | ZÁVĚRY A DOPORUČENÍ PRO DALŠÍ VÝVOJ .....                                                 | 141 |