

Spis treści

Podstawowe oznaczenia	11
Podstawowe skróty	15
Przedmowa	17
1. Ogólne zasady wzmocnienia podłoża kolumnami sztywnymi	21
1.1. Metoda wzmocnienia.....	21
1.2. Mechanizm i podstawowe schematy wzmocnienia podłoża.....	24
1.3. Podłoża wymagające wzmocnienia.....	27
1.4. Cele wzmocnienia podłoża gruntowego.....	27
1.5. Zakres stosowania kolumn sztywnych.....	28
1.6. Rodzaje kolumn objętych opracowaniem.....	29
1.7. Ograniczenia w stosowaniu kolumn.....	31
2. Badania podłoża gruntowego w celu jego wzmocnienia	32
2.1. Normowe dokumentacje.....	32
2.2. Normowe określenia wartości parametrów geotechnicznych.....	35
2.3. Identyfikacja słabego podłoża.....	37
2.4. Rozpoznanie wstępne podłoża.....	38
2.5. Rozpoznanie podłoża do projektu wzmocnienia.....	40
2.6. Rozpoznanie uzupełniające podłoża.....	43
2.7. Określanie parametrów odkształcalności słabych gruntów.....	43
2.8. Wybór modelu konstytutywnego gruntu i jego parametry.....	45
3. Projektowanie	51
3.1. Podstawy projektowania geotechnicznego.....	51
3.1.1. Wymagania ogólne.....	51
3.1.2. Model geotechniczny.....	53

Spis treści

3.1.3.	Klasy konsekwencji.....	53
3.1.4.	Klasy złożoności geotechnicznej.....	55
3.1.5.	Kategorie geotechniczne.....	56
3.1.6.	Stany graniczne i ich sprawdzenie.....	57
3.1.7.	Projektowe okresy użytkowania konstrukcji.....	59
3.1.8.	Zrównoważony rozwój.....	60
3.2.	Stany graniczne nośności (ULS).....	62
3.2.1.	Identyfikacja.....	62
3.2.2.	Sprawdzenie z wykorzystaniem współczynników częściowych.....	63
3.2.3.	Wartości współczynników częściowych γ , γ_E i γ_M	64
3.2.4.	Przyporządkowanie sposobów sprawdzenia i współczynniki częściowe.....	66
3.2.5.	Praktyczne stosowanie podejść obliczeniowych MFA i EFA.....	72
3.2.6.	Praktyczne stosowanie podejścia obliczeniowego RFA.....	73
3.2.7.	Sprawdzenie stanów ULS z wykorzystaniem modeli numerycznych.....	74
3.3.	Stany graniczne użyteczności (SLS).....	77
3.3.1.	Identyfikacja i sprawdzenie.....	77
3.3.2.	Kryteria użyteczności.....	78
3.4.	Geometria wzmocnienia podłoża kolumnami.....	80
3.4.1.	Nasypy.....	80
3.4.2.	Płyty, fundamenty, posadzki i nawierzchnie.....	82
3.4.3.	Wartości obliczeniowe właściwości geometrycznych.....	83
3.5.	Kolumny sztywne.....	84
3.5.1.	Dobór kolumn.....	84
3.5.2.	Projektowanie.....	86
3.5.3.	Materiały.....	88
3.6.	Warstwa transmisyjna.....	90
3.7.	Zbrojenie dolne.....	93
3.8.	Strefy przejściowe.....	96
3.9.	Platforma robocza.....	98
4.	Wykonawstwo.....	104
4.1.	Platforma robocza.....	104
4.2.	Kolumny.....	107
4.2.1.	Technologie wykonywania.....	107
4.2.2.	Sprzęt.....	119
4.2.3.	Przygotowanie materiałów.....	121
4.2.4.	Możliwe uszkodzenia kolumn i środki zaradcze.....	121
4.2.5.	Przygotowanie głowic.....	131
4.3.	Czapki.....	136
4.4.	Warstwa transmisyjna.....	137
4.5.	Układanie zbrojenia dolnego.....	139
4.5.1.	Poziom ułożenia pierwszej warstwy zbrojenia.....	139
4.5.2.	Zbrojenie geosyntetykami.....	141
4.5.3.	Zbrojenie siatkami stalowymi.....	146
4.5.4.	Zbrojenie prętami kompozytowymi.....	148
4.6.	Inne prace budowlane.....	148

5. Kontrola robót	154
5.1. Platforma robocza	154
5.1.1. Przygotowanie	154
5.1.2. Grubość	155
5.1.3. Materiały	155
5.1.4. Parametry	155
5.1.5. Geosyntetyki i ich ułożenie	156
5.1.6. Próbny przejazd	157
5.2. Sprawdzenie sprzętu i materiału kolumn przed rozpoczęciem robót	157
5.2.1. Kontrola sprzętu	157
5.2.2. Kontrola materiałów	158
5.3. Kontrolowanie wykonywania kolumn	158
5.3.1. Zakres kontroli	158
5.3.2. Kolumny przemieszczeniowe formowane w gruncie	160
5.3.3. Kolumny prefabrykowane	160
5.3.4. Kolumny DSM	160
5.3.5. Kolumny iniekcyjne	167
5.3.6. Obserwacje kolumn wykonanych i platformy roboczej	167
5.3.7. Badania wytrzymałości materiału kolumn	169
5.3.8. Kontrola granic wzmocnienia podłoża	170
5.4. Kontrola powykonawcza kolumn	171
5.4.1. Parametry geometryczne kolumn	171
5.4.2. Kolumny uformowane w podłożu	172
5.4.3. Próbne obciążenia kolumn	174
5.4.4. Próbne obciążenie grupy kolumn	178
5.5. Kontrola warstwy transmisyjnej i zbrojenia dolnego	179
5.6. Monitorowanie	181
Załącznik - Pomoce projektowe	182
Z1. Wstęp	182
Z2. Obciążenia użytkowe od ruchu pojazdów	182
Z2.1. Pojazdy drogowe	182
Z2.2. Tabor kolejowy	187
Z3. Wybrane kryteria projektowe dla nasypów	189
Z3.1. Przemieszczenia dopuszczalne	189
Z3.1.1. Całkowite osiadanie pokonstruktoryjne	189
Z3.1.2. Różnica osiadania pokonstruktoryjnego	190
Z3.1.3. Przemieszczenie poziome kolumn	191
Z3.2. Wysokość nasypu i geometria układu podpór	191
Z4. Geometria komórki elementarnej	195
Z5. Podział obciążenia oraz rozciąganie zbrojenia dolnego	196
Z5.1. Schemat ogólny	196
Z5.2. Metoda Prandtla (ASIR1, 2012)	197
Z5.3. Metoda stożków (ASIR1, 2012)	200

Spis treści

Z5.4.	Metoda EB GEO (EB GEO, 2010).....	201
Z5.5.	Metoda Klobe (Klobe, 2007).....	204
Z5.6.	Metoda koncentrycznych sklepień łukowych CUR (CUR 226, 2016)	210
	Z5.6.1. Rozwiązanie dla przyjętego modelu przesklepienia.....	211
	Z5.6.2. Obliczenie wyężenia zbrojenia.....	213
Z6.	Wzajemne oddziaływanie kolumn i gruntu.....	215
Z6.1.	Model oddziaływania kolumny i gruntu.....	215
Z6.2.	Graniczne wartości tarcia negatywnego.....	216
Z6.3.	Funkcje transformacyjne.....	217
Z6.4.	Metoda Krasińskiego.....	220
	Z6.4.1. Warstwa transmisyjna/nasyp nad kolumnami.....	220
	Z6.4.2. Fundament sztywny na kolumnach.....	224
Z6.5.	Metoda LTM (Bohn i Vogt, 2018).....	229
Z6.6.	Metody numeryczne.....	231
	Z6.6.1. Modelowanie kolumn.....	231
	Z6.6.2. Parametry zastępcze kolumn w płaskim stanie odkształcenia	237
Z7.	Nośność, odkształcenia, zbrojenie i wyboczenie kolumn.....	239
Z7.1.	Nośność zewnętrzna.....	239
	Z7.1.1. Nośność reprezentatywna.....	239
	Z7.1.2. Nośność obliczeniowa.....	243
Z7.2.	Nośność wewnętrzna.....	243
	Z7.2.1. Zalecenia ogólne.....	243
	Z7.2.2. Średnica kolumn wykonywanych <i>in situ</i>	244
	Z7.2.3. Kolumny z betonu.....	244
	Z7.2.4. Kolumny z zaprawy lub iniektu.....	246
	Z7.2.5. Kolumny z cementogruntu.....	246
Z7.3.	Odkształcenia sprężyste.....	249
Z7.4.	Stateczność świeżego trzonu kolumny.....	250
Z7.5.	Zbrojenie.....	252
Z7.6.	Wyboczenie.....	254
Z8.	Zbrojenie dolne.....	254
Z8.1.	Miarodajna siła rozciągająca.....	254
Z8.2.	Zbrojenie geosyntetykami.....	256
	Z8.2.1. Zalecenia ogólne.....	256
	Z8.2.2. Nośność na rozciąganie.....	257
	Z8.2.3. Nośność na wyciąganie z gruntu.....	259
	Z8.2.4. Zakotwienie.....	259
Z8.3.	Zbrojenie siatkami stalowymi.....	260
	Z8.3.1. Zalecenia ogólne.....	260
	Z8.3.2. Nośność na rozciąganie.....	261
	Z8.3.3. Nośność na wyciąganie z gruntu.....	263
Z9.	Stateczność ogólna nasypów.....	265
Z9.1.	Stopniowanie obliczeń.....	265
Z9.2.	Obliczenia analityczne.....	265
Z9.3.	Obliczenia numeryczne.....	268
Z10.	Sztywność wzmocnionego podłoża.....	270

Przykłady obliczeniowe	272
A. Nasyp drogowy na słabym podłożu	274
A1. Dane wyjściowe i założenia	274
A2. Zakres obliczeń projektowych	276
A3. Nasyp na niewzmocnionym podłożu	279
A3.1. Model MES dla płaskiego stanu odkształcenia	279
A3.2. Przemieszczenia	280
A3.3. Stateczność ogólna	282
A4. Obliczenia dla komórki elementarnej	285
A4.1. Geometria i obciążenie	285
A4.2. Efektywność naturalnego przesklepienia (bez geosiatki)	287
A4.2.1. Metoda Prandtla (p. Z5.2)	287
A4.2.2. Metoda stożków (p. Z5.3)	289
A4.2.3. Metoda EBGEO (p. Z5.4)	289
A4.2.4. Metoda Kłobe (p. Z5.5)	291
A4.2.5. Metoda koncentrycznych sklepień łukowych CUR (p. Z5.6)	293
A4.2.6. Model MES-OS bez geosiatki	295
A4.2.7. Porównanie efektywności przesklepienia	298
A4.3. Rozciąganie zbrojenia dolnego	299
A4.3.1. Parametry wytrzymałościowe geosiatki	299
A4.3.2. Model MES-OS z geosiatką	300
A4.3.3. Metoda EBGEO (p. Z5.4)	302
A4.3.4. Metoda Kłobe (p. Z5.5)	302
A4.3.5. Metoda koncentrycznych sklepień łukowych CUR (p. Z5.6)	303
A4.3.6. Porównanie siły rozciągającej geosiatkę	304
A4.4. Prognoza osiadania	305
A5. Obliczenia w układzie przestrzennym	306
A5.1. Model MES-3D	306
A5.2. Analizy i kombinacje obliczeniowe	307
A5.3. Analizy dla stanu granicznego użyteczności	309
A5.3.1. Przemieszczenia	309
A5.3.2. Przemieszczenia kolumn oraz reprezentatywne siły wewnętrzne	311
A5.3.3. Rozciąganie i przemieszczenia geosiatki	313
A5.4. Analizy dla stanu granicznego nośności	318
A5.4.1. Obliczeniowe siły wewnętrzne w kolumnach	318
A5.4.2. Obliczeniowe siły rozciągające w geosiatce	318
A6. Wymiarowanie	320
A6.1. Kolumny sztywne	320
A6.1.1. Nośność zewnętrzna	320
A6.1.2. Nośność wewnętrzna	321
A6.1.3. Zbrojenie kolumn nr 1,2,7 i 8	323
A6.1.4. Wyboczenie	326
A6.2. Czapki	326

Spis treści

A6.3.	Zbrojenie dolne.....	328
A6.3.1.	Sprawdzenie wyężenia geosiatki.....	328
A6.3.2.	Ułożenie geosiatki przy krawędziach nasypu.....	329
A6.3.3.	Schemat ułożenia zbrojenia dolnego..... L	330
A7.	Stateczność ogólna nasypu na wzmocnionym podłożu.....	332

B. Posadzka przemysłowa na podłożu wzmocnionym kolumnami DSM.....333

B1.	Dane wyjściowe i założenia.....	333
B2.	Zakres obliczeń projektowych.....	336
B3.	Podłoże bez wzmocnienia kolumnami DSM.....	337
B3.1.	Głębokość strefy wpływu.....	337
B3.2.	Osiadanie posadzki dla schematów obciążenia P1 i P2.....	338
B3.3.	Osiadanie posadzki dla schematów obciążenia P3 i P4.....	341
B3.4.	Nośność środkowej stopy fundamentowej.....	342
B4.	Komórka elementarna posadzki.....	344
B4.1.	Geometria i obciążenia.....	344
B4.2.	Osiadanie posadzki i naprężenia w kolumnie DSM.....	345
B4.2.1.	Metoda analityczna LTM (p. Z6.5).....	345
B4.2.2.	Model MES-OS.....	349
B5.	Podłoże wzmocnione kolumnami DSM.....	351
B5.1.	Model MES-3D.....	351
B5.2.	Osiadanie i nachylenie posadzki.....	352
B5.3.	Naprężenia w kolumnach DSM.....	353
B5.4.	Potrzebna wytrzymałość cementogruntu na ściskanie.....	354
B5.5.	Naprężenia rozciągające w płycie posadzki.....	355
B6.	Projektowanie i ocena wytrzymałości cementogruntu.....	357
B6.1.	Projektowanie cementogruntu.....	357
B6.2.	Ocena wytrzymałości cementogruntu.....	359

Literatura.....362