

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 pracowaniem.....	29
1.7. Ograniczenia w stosowaniu kolumn.....	31
2. Badania podłoża gruntowego w celu jego wzmocnienia	32
2.1. Normy dokumentacji.....	32
2.2. Normy określania 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.	Klasykonsekwencji.....	53
3.1.4.	Klasyzłożonościgeotechnicznej.....	55
3.1.5.	Kategoriegeotechniczne.....	56
3.1.6.	Stanygraniczneiichsprawdzenie.....	57
3.1.7.	Projektoweokresyuzętkowaniakonstrukcji.....	59
3.1.8.	Zrównoważonyrozwój.....	60
3.2.	Stanygranicznenośności(ULS).....	62
3.2.1.	Identyfikacja.....	62
3.2.2.	Sprawdzeniezwykorzystaniemwspółczynnikówczęściowych.....	63
3.2.3.	Wartościwspółczynnikówczęściowych y_F , y_E i y_M	64
3.2.4.	Przyporządkowaniesposobówsprawdzeniaiwspółczynniki częściowe.....	66
3.2.5.	PraktycznestosowaniepodejśćobliczeniowychMFAiEFA.....	72
3.2.6.	PraktycznestosowaniepodejściaobliczeniowegoRFA.....	73
3.2.7.	SprawdzeniestanówULSzwycorzystaniemmodelinumerycznych.....	74
3.3.	Stanygraniczneużytkowalności(SLS).....	77
3.3.1.	Identyfikacjaipsprawdzenie.....	77
3.3.2.	Kryteriaużytkowalności.....	78
3.4.	Geometriawzmocnieniapodłożakolumnami.....	80
3.4.1.	Nasypy.....	80
3.4.2.	Płytyfundamentyposadzkii nawierzchnie.....	82
3.4.3.	Wartościobliczeniowe właściwości geometrycznych.....	83
3.5.	Kolumnyszttywne.....	84
3.5.1.	Dobórkolumn.....	84
3.5.2.	Projektowanie.....	86
3.5.3.	Materiały.....	88
3.6.	Warstwatransmisyjna.....	90
3.7.	Zbrojenie dolne.....	93
3.8.	Strefyprzejściowe.....	96
3.9.	Platformarobocza.....	98
4.	Wykonawstwo.....	104
4.1.	Platformarobocza.....	104
4.2.	Kolumny.....	107
4.2.1.	Technologiewykonywania.....	107
4.2.2.	Sprzęt.....	119
4.2.3.	Przygotowaniemateriałów.....	121
4.2.4.	Możliwe uszkodzenia kolumn i środki zaradcze.....	121
4.2.5.	Przygotowaniegłowic.....	131
4.3.	Czapki.....	136
4.4.	Warstwatransmisyjna.....	137
4.5.	Układaniezbrojeniadolnego.....	139
4.5.1.	Poziom ułożenia pierwszej warstwy zbrojenia.....	139
4.5.2.	Zbrojeniegeosyntetykami.....	141
4.5.3.	Zbrojenie siatkami stalowymi.....	146
4.5.4.	Zbrojenieprętami kompozytowymi.....	148
4.6.	Inne prace budowlane.....	148

5. Kontrola robót	154
5.1. Platformarobocza	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. Próbnyprejazd	157
5.2. Sprawdzenie sprzętu i materiału kolumn przed rozpoczęciem robót	157
5.2.1. Kontrolasprzętu	157
5.2.2. Kontrolamateriałów	158
5.3. Kontrolowaniewykonywaniakolumn	158
5.3.1. Zakreskontroli	158
5.3.2. Kolumnyprzemieszczenioweformowanewgruncie	160
5.3.3. Kolumnyprefabrykowane	160
5.3.4. KolumnyDSM	160
5.3.5. Kolumnyiniekcyjne	167
5.3.6. Obserwacje kolumnwykonanych i platformyroboczej	167
5.3.7. Badaniawytrzymałości materiałukolumn	169
5.3.8. Kontrola granic wzmacnienia podłoża	170
5.4. Kontrola powykonawczakolumn	171
5.4.1. Parametry geometryczne kolumn	171
5.4.2. Kolumny uformowanew podłożu	172
5.4.3. Próbnie obciążeniakolumn	174
5.4.4. Próbnie 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. Taborkolejowy	187
Z3. Wybrane kryteria projektowe dla nasypów	189
Z3.1. Przemieszczenia dopuszczalne	189
Z3.1.1. Całkowite osiadanie po konstrukcyjnej	189
Z3.1.2. Różnica osiadania po konstrukcyjnego	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 Prandtl'a (ASIRI, 2012)	197
Z5.3. Metoda stozków (ASIRI, 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 wytyżenia zbrojenia.....	213
Z6.	Wzajemne oddziaływanie kolumn i gruntu.....	215
Z6.1.	Model oddziaływania kolumny i gruntu.....	215
Z6.2.	Graniczna wartość ciarcia negatywnego.....	216
Z6.3.	Funkcje transformacyjne.....	217
Z6.4.	Metoda Krasinśkiego.....	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 in situ.....	244
Z7.2.3.	Kolumny z betonu.....	244
Z7.2.4.	Kolumny z zaprawy lub iniektu.....	246
Z7.2.5.	Kolumny z cementogruntem.....	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.	Danewyjsioweizależenia.....	274
A2.	Zakres obliczeń projektowych.....	276
A3.	Nasypnaniemzmocnionypodłożu.....	279
A3.1.	ModelMESdlapłaskiegostanuodkształcenia.....	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 EB GEO (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 i brojenie adolnego.....	299
A4.3.1.	Parametry wytrzymałościowe geosiatki.....	299
A4.3.2.	Model MES-OS z geosiatką.....	300
A4.3.3.	Metoda EB GEO (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.	Analiza kombinacji obliczeniowej.....	307
A5.3.	Analiza stanu granicznego użytkowości.....	309
A5.3.1.	Przemieszczenia.....	309
A5.3.2.	Przemieszczenia kolumn oraz reprezentatywne siły wewnętrzne.....	311
A5.3.3.	Rozciąganie i przemieszczenie geosiatki.....	313
A5.4.	Analiza stanu granicznego nośności.....	318
A5.4.1.	Obliczeniowe siły wewnętrzne w kolumnach.....	318
A5.4.2.	Obliczeniowe siły rozciągające geosiatkę.....	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 wyężeniageosiatki.....	328
A6.3.2.	Ułożeniegeosiatkiprzykrawędziachnasypu.....	329
A6.3.3.	Schematułożeniazbrojeniadolnego.....	330
A7.	Statecznośćogólnanasypunawzmocnionypodłożu.....	332
B. Posadzka przemysłowa na podłożu wzmocnionym kolumnami DSM.....		333
B1.	Danewyjścioweizałożenia.....	333
B2.	Zakresobliczeńprojektowych.....	336
B3.	PodłożebewzmocnieniakolumnamiDSM.....	337
B3.1.	Głębokośćstrefywpływu.....	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.	Nośnośćśrodkowejstopyfundamentowej.....	342
B4.	Komórka elementarna posadzki.....	344
B4.1.	Geometriaobciążenia.....	344
B4.2.	Osiadanie posadzki i naprężenia w kolumnie DSM.....	345
B4.2.1.	MetodaanalitycznaLTM(p.Z6.5).....	345
B4.2.2.	ModelMES-OS.....	349
B5.	Podłożewzmocnione kolumnamiDSM.....	351
B5.1.	Model MES-3D.....	351
B5.2.	Osiadanieinachylenieposadzki.....	352
B5.3.	NaprężeniawkolumnachDSM.....	353
B5.4.	Potrzebnawytrzymałośćcementogruntaściskanie.....	354
B5.5.	Naprężeniarozciągającewpłycieposadzki.....	355
B6.	Projektowanieiocenawytrzymałośćicementogruntu.....	357
B6.1.	Projektowaniecementogruntu.....	357
B6.2.	Ocena wytrzymałości cementogruntu.....	359
Literatura.....		362