

Spis treści

1. Wstęp.....	9
1.1. Rys historyczny. Uwagi ogólne	9
1.2. Podstawowe określenia i definicje	11
1.3. Klasyfikacja tuneli	14
2. Metody odkrywkowe budowy tuneli.....	18
2.1. Uwagi wstępne	18
2.2. Wykopy ze ścianami niezabezpieczonymi.....	19
2.3. Wykopy ze ścianami zabezpieczonymi	19
2.4. Zastosowanie ścian szczelinowych	22
2.5. Zastosowanie pali żelbetowych	25
2.6. Metody specjalne	26
3. Urabianie gruntu.....	27
3.1. Uwagi wstępne	27
3.2. Urabianie mechaniczne	27
3.3. Wykorzystanie materiałów wybuchowych	30
4. Metody górnicze drażenia tuneli	32
4.1. Metody tradycyjne	32
4.1.1. System angielski	32
4.1.2. System belgijski	33
4.1.3. System niemiecki (metoda rdzeniowa)	35
4.1.4. System austriacki	37
4.1.5. System włoski	37
4.2. Metoda belki-igły	38
4.3. Nowa Austriacka Metoda Budowy Tuneli (NATM)	40
4.4. Metody tarczowe.....	42
4.4.1. Uwagi wstępne.....	42
4.4.2. Podział tarcz do drażenia tuneli	43
4.4.3. Tarcze otwarte.....	44
4.4.4. Tarcze zamknięte pracujące z nadciśnieniem sprężonego powietrza w komorze roboczej	46
4.4.5. Tarcze zamknięte z zawieszoną płuczkową w komorze roboczej.....	48
4.4.6. Tarcze zamknięte równoważące parcie gruntu (Earth-pressure balance system EPBS)	49
4.4.7. Tarcze o łączonych systemach.....	50
4.5. Obudowa tuneli stosowana w technologii tarczowej	50
4.5.1. Obudowa z tubingów żeliwnych.....	51
4.5.2. Obudowa z segmentów żelbetowych.....	52
4.5.3. Montaż obudów segmentowych	52

4.5.4. Uszczelnienie ogona tarczy	53
4.5.5. Wypełnienie pustki za obudową	53
4.6. Metody specjalne	53
4.6.1. Wykonywanie tuneli z zastosowaniem sprężonego powietrza	53
4.6.2. Inne metody specjalne wykonywania tuneli	54
4.7. Drażenie komór i tuneli o dużych przekrojach poprzecznych	56
4.7.1. Drażenie komór o przekroju poprzecznym mniejszym niż 30 m ²	56
4.7.2. Drażenie komór o przekroju poprzecznym większym niż 30 m ²	56
4.7.3. Drażenie tunelu o przekroju poprzecznym około 140 m ²	59
4.7.4. Wykonanie komory hydroelektrowni	61
4.7.5. Wykonanie pionowych zbiorników podziemnych	61
5. Tunele wykonywane metodą przecisku	64
5.1. Uwagi wstępne	64
5.2. Technologia wykonania tunelu metodą przecisku	64
5.3. Tarcza	66
5.4. Prefabrykowane żelbetowe elementy obudowy tunelu	67
5.5. Samojezdna rama dociskowa	68
5.6. Zespół przeciskowy ze ścianą oporową	69
5.7. Sposoby obniżania tarcia podczas wykonywania przecisku	71
5.8. Zabezpieczenie naziomu za pomocą sztucznego stropu stalowego	72
5.9. Przebieg tunelowania metodą przecisku	73
6. Technologie bezwykopowe budowy instalacji podziemnych	75
6.1. Uwagi ogólne	75
6.2. Przebicia	75
6.2.1. Wprowadzanie rury za głowicą dynamiczną	75
6.2.2. Wbijanie rury zamkniętej od czoła	76
6.2.3. Wbijanie rury otwartej	77
6.3. Przeciski	78
6.3.1. Uwagi ogólne	78
6.3.2. Przeciski dwuetapowe	78
6.3.3. Przeciski dwufazowe	79
6.4. Przewierty	80
6.4.1. Przewierty mechaniczne	80
6.4.2. Przewierty mechaniczne sterowane	81
6.4.3. Przewierty mechaniczne sterowane poprzeczne	84
6.4.4. Przewierty hydrauliczne sterowane	85
6.5. Mikrotunelowanie	85
7. Obciążenia działające na obudowę tuneli głębokich	87
7.1. Pierwotny stan naprężeń w gruncie	87
7.2. Uwagi ogólne dotyczące ciśnienia gruntu na obudowę tuneli	88
7.3. Ciśnienie statyczne	89
7.3.1. Teoria Bierbaumera	89

7.3.2. Teoria Cymbariewicza	91
7.3.3. Teoria Protodiakonowa	93
7.4. Ciśnienie dynamiczne	95
7.4.1. Uwagi ogólne	95
7.4.2. Dynamiczne obciążenie obudowy według Sałustowicza	96
7.5. Ciśnienia spągowe	98
7.6. Obliczanie ciśnienia górotworu skalistego na obudowę wyrobisk pionowych	99
7.6.1. Uwagi ogólne	99
7.6.2. Stan naprężeń w górotworze w sąsiedztwie wyrobisk pionowych	99
7.6.3. Głębokość krytyczna wyrobiska pionowego	100
7.7. Obliczanie ciśnień na obudowę wyrobisk pionowych w górotworze sypkim i zwięzłym	101
7.7.1. Metoda Protodiakonowa	101
7.7.2. Metoda Cymbariewicza	102
8. Obciążenia działające na obudowę tuneli płytkich	104
8.1. Uwagi wstępne	104
8.2. Obciążenie płyty górnej (stropu)	106
8.3. Obciążenie płyty dolnej (spagu)	107
8.4. Obciążenie poziome ścian obudowy	109
8.5. Obciążenie powierzchni nachylonych	111
8.6. Obciążenia spowodowane naziomem technologicznym	112
8.7. Obciążenia obudowy bez uwzględnienia oddziaływań dynamicznych	114
9. Określenie sił występujących w technologiach bezwykopowych	117
9.1. Siły przecisku według Strieglera	117
9.2. Siły przecisku według Paula	118
9.3. Siły przecisku według Kalisza	119
9.4. Modyfikacja wzoru na siłę przecisku	121
10. Obudowa wyrobisk	123
10.1. Obudowa sklepienia	123
10.1.1. Uwagi ogólne	123
10.1.2. Zasady ogólne obliczania obudów sklepionych	125
10.1.3. Zasady określania obciążeń	127
10.1.4. Sprawdzenie nośności obudowy sklepionej	137
10.1.5. Sprawdzenie nośności podłoża	137
10.2. Obudowa powłokowa	138
10.2.1. Uwagi ogólne	138
10.2.2. Odmiany obudów powłokowych i zakresy ich stosowania	138
10.2.3. Materiały stosowane do wykonywania obudów sklepionych	139
10.2.4. Zasady obliczania obudów powłokowych	139
10.2.5. Obciążenia obliczeniowe obudowy powłokowej	143
10.2.6. Sprawdzanie obudowy powłokowej	144

10.3. Obudowa z kształtowników korytkowych	144
11. Obudowy dla technologii przecisku	148
11.1. Rozwiązania konstrukcyjne	148
11.1.1. Elementy prefabrykowane dla przekrojów większych niż 50 m ²	148
11.1.2. Elementy prefabrykowane dla przekrojów mniejszych niż 50 m ²	148
11.1.3. Wyroby rurowe stosowane w technologii przecisku i mikrotune- lowania	150
11.2. Zasady obliczeń.....	150
11.2.1. Uwagi ogólne	150
11.2.2. Obciążenia działające w czasie realizacji przeciskania	151
11.2.3. Obciążenia działające w czasie eksploatacji.....	151
11.2.4. Obliczenia statyczno-wytrzymałościowe.....	153
12. Wpływ tunelowania na deformację terenu	155
12.1. Uwagi wstępne	155
12.2. Osiadania powierzchni terenu	155
12.2.1. Uwagi ogólne	155
12.2.2. Teoria Budryka-Knothego	156
12.2.3. Metoda Steinfelda	158
12.2.4. Metoda według Limanowa	159
12.2.5. Stochastyczny model osiadań Schmidta	160
12.3. Oddziaływanie tunelowania metodą przeciskową na powierzchnię terenu	161
12.3.1. Sposoby ograniczające wpływ tunelowania na odkształcenia powierzchni terenu	163
13. Zasady ogólne uwzględnienia interakcji konstrukcja obudowy – górotwór ...	165
13.1. Uwagi wstępne	165
13.2. Współpraca obudowy z górotworem	166
13.2.1. Uwagi ogólne	166
13.2.2. Odprężenie górotworu	167
13.2.3. Geometria układu obudowa-górotwór	169
14. Wentylacja.....	171
14.1. Uwagi wstępne	171
14.2. Optymalny skład powietrza doprowadzanego do budowli podziemnych.....	173
14.3. Wentylacja stosowana w trakcie budowy obiektów	173
14.4. Wentylowanie kompleksów podziemnych	174
14.5. Wentylacja tuneli	175
14.5.1. Wentylacja naturalna	175
14.5.2. Wentylacja podłużna.....	176
14.5.3. Wentylacja poprzeczna	180
14.5.4. Wentylacja mieszana	181
15. Zabezpieczenia przeciwpożarowe	183

16. Oświetlenie.....	185
17. Odwodnienie budowli	188
18. Bezpieczeństwo w tunelach komunikacyjnych.....	190
18.1. Uwagi wstępne.....	190
18.2. Bezpieczeństwo elementów konstrukcyjnych.....	192
18.3. Zarządzanie bezpieczeństwem w tunelach.....	200
18.4. Elementy wyposażenia.....	204
18.4.1. Uwagi ogólne.....	204
18.4.2. Odwodnienie	205
18.4.3. Wentylacja	205
18.4.4. System oświetlenia	207
18.4.5. Zabezpieczenie przeciwpożarowe	209
19. Zasady ogólne renowacji tuneli.....	210
20. Wybrane realizacje.....	216
20.1. Tunel podmorski Seikan w Japonii.....	216
20.2. Eurotunel – tunel pod kanałem la Manche.....	219
20.3. Tunel pod rzeką Łabą w Niemczech.....	221
20.4. Kompleks akceleratora LEP.....	222
20.5. Elektrownia szczytowo-pompowa Porąbka – Żar.....	222
20.6. Metro warszawskie	224
20.7. Podziemne składowiska odpadów.....	228
20.8. Studnia św. Patryka we Włoszech	230
21. Najdłuższe tunele świata	231
22. Literatura	232