

Spis rzeczy

Najważniejsze oznaczenia	7
Wstęp	8
1. Wprowadzenie	9
1.1. Określenia i klasyfikacje	9
1.2. Charakterystyka budownictwa podziemnego w rozwoju historycznym	15
Zasady projektowania budowli podziemnych	21
2. Warunki lokalizacji budowli podziemnych	22
2.1. Przesłanki ekonomiczne	22
2.2. Rozpoznanie terenu	27
2.2.1. Budowa geologiczna masywu	29
2.2.2. Zaleganie wód podziemnych	36
2.2.3. Zagrożenia gazowe	39
2.2.4. Warunki termiczne	40
2.3. Geotechniczne właściwości górotworu	41
2.3.1. Badania laboratoryjne	43
2.3.2. Badania polowe	47
2.3.3. Badania modelowe	52
2.4. Klasyfikacja górotworu	55
3. Kształtowanie budowli podziemnych	58
3.1. Przystosowanie budowli do warunków jej posadowienia	58
3.2. Układ podłużny tuneli	62
3.3. Przekrój poprzeczny budowli	69
3.4. Urządzenia bezpieczeństwa	76
3.5. Obiekty udostępniające budowle podziemne	78
4. Zespół zabezpieczeń budowli podziemnych	83
4.1. Zabezpieczenia przeciwwodne	83
4.1.1. Zewnętrzne odwodnienie budowli	83
4.1.2. Wewnętrzne odwodnienie budowli	86
4.1.3. Izolacje uszczelniające budowle	87
4.2. Systemy przewietrzania budowli	91
4.2.1. Przewietrzanie naturalne	92
4.2.2. Wentylacja podłużna	93
4.2.3. Wentylacja poprzeczna	95
4.2.4. Wentylacja mieszana	96

4.3. Oświetlenie budowli podziemnych	97
4.4. Wykończenie budowli podziemnych	101
5. Dobór konstrukcji podziemnych	105
5.1. Materiały i prefabrykaty	108
5.2. Optymalizacja ustrojów konstrukcyjnych	125
5.3. Obciążenia budowli podziemnych	136
Metody obliczeń konstrukcji podziemnych	139
6. Teoria konstrukcji podziemnych	140
6.1. Pierwotne ciśnienie górotworu	140
6.2. Współpraca konstrukcji z górotworem	142
6.2.1. Odprężenie górotworu	144
6.2.2. Upodatnienie konstrukcji	150
6.2.3. Odpór górotworu	156
6.2.4. Geometria układu obudowa–górotwór	158
6.2.5. Stateczność obudowy kołowej	168
6.3. Wytrzymałościowa charakterystyka górotworu	171
6.3.1. Proces degradacji górotworu	172
6.3.2. Optymalne odprężenie górotworu	177
6.3.3. Kryteria wytrzymałości górotworu	183
6.4. Rozkład naprężeń wokół wyrobiska podziemnego	191
6.4.1. Ośrodek sprężysty	192
6.4.2. Obudowane wyrobisko osiowo-symetryczne	195
6.4.3. Ośrodek sprężysto-plastyczny	200
6.4.4. Górotwór jako ciało reologiczne	203
6.5. Ciśnienie górotworu na konstrukcję podziemną	207
6.5.1. Pionowe ciśnienie górotworu	214
6.5.2. Ciśnienie boczne	227
6.5.3. Ciśnienie spagowe	230
6.5.4. Ciśnienie górotworu nawodnionego i uwarstwionego	233
6.5.5. Parcie gruntu na rozparcie wykopu	237
6.5.6. Ciśnienie na obudowę szybu	247
6.6. Osiadanie powierzchni terenu	251
6.6.1. Nachylenie i krzywizna terenu	255
6.6.2. Odształcenie poziome	257
7. Obliczanie elementów konstrukcji podziemnych	259
7.1. Schematy statyczne konstrukcji	260
7.2. Modele podpór sprężystych	264
7.3. Obliczanie sklepień stropowych	272
7.3.1. Analiza zasad obliczeń	272
7.3.2. Obliczanie metodą przemieszczeń	279
7.3.3. Zastosowanie metody elementów skończonych	289
7.4. Obliczanie łuków podkowiastych	299

7.5. Obliczanie obudów zamkniętych	308
7.5.1. Obudowa kołowa	309
7.5.2. Obudowa prostokątna	318
7.6. Obliczanie konstrukcji zespolonych	322
7.6.1. Obudowa kotwiowa	323
7.6.1.1. Nośność pojedynczej kotwi	324
7.6.1.2. Nośność skotwionego stropu płaskiego	326
7.6.1.3. Nośność skotwionej obudowy masywnej	330
7.6.2. Obudowa skalno-betonowa	333
7.6.3. Ogólne zasady oceny nośności górotworu wokół wyrobiska	336
7.6.3.1. Sztywność belki spękanej	336
7.6.3.2. Płaskie sklepienie ciśnień	340
7.6.4. Nośność sklepienia płaskiego	341
7.6.4.1. Naturalna nośność sklepienia	342
7.6.4.2. Stabilizacja i wzmacnianie układu nośnego	434
7.7. Obliczanie obudowy szybów	344
Zarys wykonawstwa robót podziemnych	347
8. Prace przygotowawcze i kontrolne	348
8.1. Przygotowania techniczne	349
8.2. Pomiary geodezyjne i kontrolne	352
9. Drażenie wyrobisk podziemnych	355
9.1. Przegląd metod wykonania budowli podziemnych	356
9.2. Zasady urabiania górotworu	359
9.2.1. Maszyny i narzędzia	359
9.2.2. Urabianie górotworu metodą strzałową	362
9.3. Wykonanie wyrobisk udostępniających	367
9.3.1. Budowa sztolni	368
9.3.2. Głębianie szybu	372
10. Metody realizacji budowli podziemnych	378
10.1. Metody górnicze	378
10.1.1. Obudowa tymczasowa	379
10.1.2. Charakterystyka robót	382
10.1.3. Nowa metoda austriacka – NATM	387
10.1.4. Wykonanie obudowy stałej	391
10.2. Metoda tarczowa	394
10.2.1. Budowa tarczy	394
10.2.2. Zasady działania tarczy	397
10.2.3. Montaż obudowy stałej	401
10.2.4. Zastosowanie sprężonego powietrza	403
10.2.5. Modyfikacje metody tarczowej	405
10.3. Metody odkrywkowe	409
10.3.1. Wykonanie wykopów szerokoprzestrzennych	410

10.3.2. Metoda przekopów	415
10.3.2.1. Budowa ścian szczelinowych	417
10.3.2.2. Zastosowanie pali	421
10.4. Metody specjalne	423
10.4.1. Pograżanie gotowych segmentów	423
10.4.2. Stabilizacja górotworu	428
10.5. Odwodnienie wykopów i wyrobisk podziemnych	434
11. Organizacja budowy i eksploatacji obiektów podziemnych	438
11.1. Organizacja transportu	438
11.1.1. Transport pionowy	438
11.1.2. Transport poziomy	439
11.1.3. Urządzenia załadowawczo-przeładowawcze	441
11.2. Zabezpieczenie robót	443
11.2.1. Wyposażenie wyrobiska	443
11.2.2. Roboty wykończeniowe	445
11.3. Planowanie robót i bezpieczeństwo budowli podziemnych	446
11.3.1. Harmonogram prac	446
11.3.2. Awarie budowli podziemnych	448
11.4. Prace remontowe	449
11.4.1. Wzmocnienie i uszczelnienie obudowy	450
11.4.2. Przebudowa obiektów podziemnych	452
11.4.3. Odbudowa budowli podziemnej	455
Literatura uzupełniająca	457