

SPIS TREŚCI

Przedmowa

Wykaz podstawowych oznaczeń

1. Wprowadzenie	17
1.1. Idea i definicja sprężenia	17
1.2. Rys historyczny	18
1.3. Klasyfikacja konstrukcji sprężonych	19
1.4. Beton sprężony a żelbet	21
2. Materiały	24
2.1. Beton	24
2.1.1. Wymagane cechy betonu	24
2.1.2. Technologia betonów wysokiej wytrzymałości	25
2.1.3. Odkształcalność doraźna	27
2.1.4. Cechy reologiczne betonu	30
2.1.5. Inne cechy betonu	35
2.1.6. Klasyfikacja wytrzymałościowa betonu	39
2.1.7. Naprężenia dopuszczalne w betonie	42
2.2. Stal	42
2.2.1. Rodzaje stali sprężających	42
2.2.2. Charakterystyka wytrzymałościowa	44
2.2.3. Cechy reologiczne stali	47
2.2.4. Asortyment cięgien sprężających	50
2.2.5. Naprężenia dopuszczalne w stali sprężającej	53
3. Technologia sprężania	54
3.1. Strunobeton	54
3.1.1. Zasady i warianty technologii	54
3.1.2. Metody torów naciagowych	56
3.1.3. Metody form sztywnych	60
3.1.4. Urządzenia naciagowe	62
3.2. Kablobeton	66
3.2.1. Cechy ogólne	66
3.2.2. Typy kabli i zakotwień	69
3.2.3. Urządzenia naciagowe	81
3.2.4. Formowanie kanałów i układanie kabli	83
3.2.5. Programowanie naciagu	85
3.2.6. Operacja sprężenia	86
3.2.7. Iniekcja kanałów kablowych	90

3.3.	Inne sposoby sprężania	92
3.3.1.	Sprężenie przez ekspansję betonu	92
3.3.2.	Sprężenie płaskimi prasami i klinami	93
3.3.3.	Sprężenie przez naciąg ciężarem własnym	95
3.3.4.	Naciąg przez zmianę trasy cięgien	96
3.3.5.	Sprężenie przez wygięcie zbrojenia sztywnego	98
*• 3.3.6.	Sprężenie termiczne	99
3v4.	Wskazówki bhp przy sprężaniu	100
3.4.1.	Zasady bezpiecznego sprężania	100
3.4.2.	Konserwacja i kontrola urządzeń	102
4.	Podstawy teorii bezpieczeństwa konstrukcji	103
4.1.	Niezawodność i bezpieczeństwo	103
4.2.	Formacja naprężeń dopuszczalnych	104
4.3.	Formacja współczynnika bezpieczeństwa	105
4.4.	Formacja stanów granicznych	106
5.	Straty sprężenia	111
5.1.	Charakterystyka zmian siły sprężającej	111
5.2.	Straty doraźne	113
5.2.1.	Straty od tarcia cięgien	113
5.2.2.	Wpływ techniki sprężania	117
5.2.3.	Straty od wpływów termicznych	122
5.2.4.	Wpływ odkształceń sprężystych betonu	123
5.3.	Straty opóźnione	125
5.3.1.	Straty od relaksacji stali	125
5.3.2.	Wpływ odkształceń opóźnionych betonu	126
5.3.3.	Straty od odkształceń opóźnionych w stykach	131
5.3.4.	Łączne straty opóźnione	131
5.4.	Zasady programowania naciagu	132
6.	Projektowanie kablobetonowych elementów zginanych w formacji naprężeń dopuszczalnych	135
6.1.	Wymiarowanie przekroju niebezpiecznego metodą analityczną	135
6.1.1.	Założenia techniczne	136
6.1.2.	Wskaźniki ukształtowania przekroju	136
6.1.3.	Warunki wykorzystania naprężeń dopuszczalnych	137
6.1.4.	Zakres 0—2	138
6.1.5.	Zakres 1—2	139
6.1.6.	Dobór przekroju	140
6.1.7.	Siła właściwa	141
6.1.8.	Rdzeń właściwy	141
6.1.9.	Rdzeń uogólniony	142
6.1.10.	Zbrojenie w strefie ściskanej	143
6.1.11.	Konstrukcyjne ukształtowanie przekroju	144
6.1.12.	Rozpiętość graniczna	147
6.1.13.	Wymiarowanie przekroju w przypadku $I > I_{gr}$	148
6.1.14.	Tok projektowania	150
6.1.15.	Przykład wymiarowania	151
6.2.	Wymiarowanie przekroju niebezpiecznego metodą wykreślną	156
6.3.	Trasowanie cięgien	157
6.3.1.	Kształtowanie profilu podłużnego	157
6.3.2.	Obwiednie graniczne	158
6.3.3.	Redukcja sił poprzecznych	161

	1 £\%
6.4. Strefa podporowa	
6.4.1. Ukształtowanie konstrukcyjne	
6.4.2. Główne naprężenia rozciągające	L _{nr}
6.5. Strefa zakotwień	1 6 S
	i /z e
6.5.1. Założenia techniczne	
6.5.2. Siła w osi elementu	1 6 6
6.5.3. Inne układy sił	1 6 8
6.5.4. Projektowanie zbrojenia	170
6.5.5. Sprawdzenie docisku	
6.5.6. Wytyczne konstrukcyjne	170
	1 / u
6.5.7. Tok projektowania	171
	l/x
6.6. Ustroje statycznie niewyznaczalne	
6.6.1. Wymiarowanie przekroju niebezpiecznego belki ciągłej	172
	1 7 ^
6.6.2. Obwiednie graniczne	1 7 ^
6.6.3. Trasa współbieżna	1 7 3
6.6.4. Trasowanie linii sprężenia	1 7 3
6.6.5. Transformacja liniowa	1 7 4
6.6.6. Tok projektowania	1 7 6
6.6.7. Ramy sprężone	1 7 6
6.6.8. Uwagi ogólne	1 7 8
7. Projektowanie kablobetonowych elementów zginanych w formacji stanów grani-	
cznych	179
	179
7.1. Stan graniczny ugięć	
7.2. Stan graniczny zarysowania	
7.2.1. Uwagi wstępne	1 8 1
7.2.2. Moment wywołujący rysy w stanie maksymalnego obciążenia	183
7.2.3. Moment wywołujący rysy w stanie minimalnego obciążenia	185
7.2.4. Rysy ukośne	1 8 6
7.2.5. Uwagi końcowe	1 8 7
7.3. Stan graniczny nośności	
	18R
7.3.1. Mechanizm zniszczenia	1 8 0
7.3.2. Moment łamiący w stanie maksymalnego obciążenia	193
7.3.3. Moment łamiący w stanie minimalnego obciążenia	194
7.3.4. Uwagi końcowe	1 9 5
7.4. Wymiarowanie przekroju niebezpiecznego	19°
7.4.1. Założenia metody	*=6
7.4.2. Obliczeniowe siły sprężające	196
7.4.3. Analityczne warunki bezpieczeństwa	
7.4.4. Tok projektowania	200
7.4.5. Przykład wymiarowania	200
7.5. Trasowanie cięgien	207
7.6. Strefa podporowa	
7.7. Ustroje statycznie niewyznaczalne	2U
7.7.1. Stany graniczne	^°
7.7.2. Wytyczne projektowania	211
S. Projektowanie elementów strunobetonowych	212
8.1. Specyfika strunobetonu	
8.2. Projektowanie przekroju w formacji naprężeń dopuszczalnych	213
8.2.1. Uwagi ogólne	213
8.2.2. Zakresy projektowania	214
8.2.3. Obciążenia transportowe	215
8.2.4. Typowe przypadki projektowania	212

8.2.5.	Rozmieszczenie cięgien sprężających	218
8.2.6.	Konstrukcyjne ukształtowanie przekroju	219
8.2.7.	Tok projektowania	220
8.3.	Kształtowanie elementów i trasowanie cięgien	221
8.4.	Stany graniczne	222
8.4.1.	Stan graniczny ugięć	222
8.4.2.	Stan graniczny zarysowania	222
8.4.3.	Stan graniczny nośności przy obciążeniach maksymalnych	223
8.4.4.	Stan graniczny nośności przy obciążeniach minimalnych	225
8.5.	Projektowanie przekroju w formacji stanów granicznych	226
8.5.1.	Analityczne warunki bezpieczeństwa	226
8.5.2.	Tok projektowania	227
8.5.3.	Przykład wymiarowania	228
8.6.	Strefa podporowa	234
8.7.	Strefa zakotwień	235
8.7.1.	Mechanizm zakotwienia przyczepnościowego	235
8.7.2.	Zbrojenie poprzeczne	237
9.	Projektowanie elementów osiowo rozciąganych	239
9.1.	Wymiarowanie przekroju	239
9.2.	Wyboczenie	241
9.3.	Wytyczne projektowania	242
9.4.	Przykład wymiarowania	243
10.	Konstrukcje zespolone	245
10.1.	Wiadomości wstępne	245
10.2.	Analiza stanów programowych w formacji naprężeń dopuszczalnych	247
10.3.	Analiza stanów granicznych	249
10.3.1.	Stan graniczny ugięć	249
10.3.2.	Stan graniczny zarysowania	250
10.3.3.	Stan graniczny nośności	251
10.4.	Warunki prawidłowego zespolenia	251
11.	Konstrukcje częściowo sprężone	253
11.1.	Koncepcja częściowego sprężenia	253
11.2.	Specyfika pracy elementu częściowo sprężonego	254
11.3.	Formacja naprężeń dopuszczalnych	255
11.4.	Formacja stanów granicznych	256
11.4.1.	Stan graniczny ugięć	256
11.4.2.	Stan graniczny zarysowania	256
11.4.3.	Stan graniczny nośności	257
11.4.4.	Tok projektowania	257
11.4.5.	Przykład wymiarowania	258
12.	Zastosowania i przykłady realizacji konstrukcji sprężonych	263
12.1.	Przekrycia dachowe	263
12.1.1.	Płyty dachowe	263
12.1.2.	Belki dachowe strunobetonowe	269
12.1.3.	Dźwigary dachowe kablobetonowe	271
12.1.4.	Przekrycia powłokowe	275
12.2.	Stropy	279
12.2.1.	Stropy w budownictwie mieszkim	279
12.2.2.	Stropy w budownictwie przemysłowym	280
12.3.	Szkielety	282

12.4.	Mosty.	285
12.4.1.	Mosty płytowe.	288
12.4.2.	Mosty belkowe.	289
12.4.3.	Mosty ramowe.	295
12.4.4.	Mosty łukowe.	297
12.4.5.	Mosty wiszące.	299
12.5.	Zbiorniki.	302
12.5.1.	Zbiorniki o rzucie prostokątnym.	302
12.5.2.	Zbiorniki o rzucie kołowym.	303
12.6.	Obudowy reaktorów.	314
12.7.	Specjalne budowle sportowe.	315
12.8.	Budowle inżynierskie i wodne.	315
12.9.	Fundamenty.	321
12.10.	Elementy produkowane masowo.	321
12.10.1.	Podkłady kolejowe.	321
12.10.2.	Elementy obudowy górniczej.	322
12.10.3.	Elementy budynków inwentarskich.	323
12.10.4.	Rury.	325
12.10.5.	Pale i żerdzie ścianek szczelnych.	327
12.10.6.	Słupy trakcyjne.	327
12.10.7.	Belki podsuwnicowe i pomostowe.	328
12.11.	Tendencje rozwoju konstrukcji sprężonych.	330
13.	Trwałość konstrukcji sprężonych	333
13.1.	Korozja stali.	333
13.2.	Korozja betonu.	334
13.3.	Ocena agresywności środowiska i środki zabezpieczające.	335
13.4.	Ognioodporność konstrukcji sprężonych.	337
13.5.	Odporność zmęczeniowa.	338
13.6.	Wytyczne eksploatacji konstrukcji sprężonych.	338
14.	Przykład projektowania belki kablobetonowej.	340
14.1.	Dobór przekroju poprzecznego.	340
14.2.	Sprawdzenie współczynników bezpieczeństwa.	345
14.3.	Obliczenie strefy zakotwień.	346
14.4.	Sprawdzenie ugięć.	349
14.5.	Projektowanie strzemion.	350
14.6.	Programowanie naciągu.	351
	Literatura.	353