

Przedmowa	V
Przedmowa do wydania polskiego	VI
Dodatkowe źródła	VII
Oznaczenia	XIX
Akronimy	XXXIV

7	Projektowanie	2
7.1	Projektowanie koncepcyjne	2
7.1.1	Uwagi ogólne	2
7.1.2	Metodologia	2
7.1.2.1	Założenia	3
7.1.2.2	Czynności	5
7.1.2.3	Rola ekspertyzy, intuicji i narzędzi	5
7.1.3	Koncepcja konstrukcyjna i podstawy projektowania	6
7.2	Analiza konstrukcji i wymiarowanie	7
7.2.1	Uwagi ogólne	7
7.2.2	Modelowanie konstrukcji	8
7.2.2.1	Ogólnie	8
7.2.2.2	Imperfekcje geometryczne	8
7.2.2.3	Geometria konstrukcji	9
7.2.2.4	Metody obliczeń	11
7.2.3	Wartości do wymiarowania	16
7.2.3.1	Beton	16
7.2.3.2	Stal zbrojeniowa	25
7.2.3.3	Stal sprężająca	26
7.2.4	Analiza wpływu na konstrukcję zachowania się betonu w czasie	27
7.2.4.1	Ogólnie	27
7.2.4.2	Poziomy dokładności analizy	28
7.2.4.3	Podejście probabilistyczne i deterministyczne	29
7.2.4.4	Modele przewidywania dla betonu i znaczenie analizy	30
7.2.4.5	Analiza wpływu czasu oparta na liniowej lepkość sprężystości starzenia	31
7.2.4.6	Związki konstytutywne liniowej lepkość sprężystości starzenia	31
7.2.4.7	Uprozczone podejście do analizy wpływu czasu	32
7.2.4.8	Konstrukcje betonowe efektywnie jednorodne ze sztywnymi lub naprężeniowo-niezależnymi podatnymi więzami	32

7.2.4.9	Konstrukcje betonowe efektywnie jednorodne z dodatkowymi stalowymi elementami konstrukcyjnymi	37
7.2.4.10	Przybliżone algebraiczne sformułowania związku konstytutywnego; metoda dostosowanego do wieku efektywnego modułu (AAEM)	38
7.2.4.11	Metoda ogólna	40
7.3	Sprawdzenie bezpieczeństwa konstrukcji (SGN) z dominującym obciążeniem statycznym	42
7.3.1	Uwagi ogólne	42
7.3.2	Zginanie z siłą osiową i bez	42
7.3.2.1	Belki, słupy, płyty	42
7.3.2.2	Powłoki	43
7.3.3	Ścinanie	45
7.3.3.1	Ogólnie	45
7.3.3.2	Elementy bez zbrojenia na ścinanie	50
7.3.3.3	Elementy ze zbrojeniem na ścinanie	51
7.3.3.4	Płyty kanałowe	56
7.3.3.5	Ścinanie między średnikiem i półkami przekroju teowego	58
7.3.3.6	Ścinanie na styku betonów układanych w różnym czasie	58
7.3.4	Skręcanie	62
7.3.5	Przebicie	64
7.3.5.1	Ogólnie	64
7.3.5.2	Obliczeniowa siła poprzeczna, efektywna grubość przejmująca ścinanie i obwód kontrolny	65
7.3.5.3	Nośność na ścinanie przy przebicciu	69
7.3.5.4	Obliczenie obrotu wokół pola podparcia	71
7.3.5.5	Nośność na ścinanie przy przebicciu poza strefą zbrojenia poprzecznego lub głowic wzmacniających	74
7.3.5.6	Zbrojenie integrujące	75
7.3.6	Projektowanie za pomocą pól naprężeń lub modeli kratownicowych (<i>Strut&Tie</i>)	76
7.3.6.1	Ogólnie	76
7.3.6.2	Zastrzały (<i>struts</i>)	78
7.3.6.3	Ściąg (ties)	78
7.3.6.4	Węzły	79
7.3.7	Elementy ściskane	80
7.3.7.1	Ogólna stateczność elementów ściskanych	80
7.3.7.2	Dwuosiowe mimośrod i wyboczenie z płaszczyzny	84
7.3.8	Niestateczność poprzeczna belek	85
7.3.9	Bryły 3D	86
7.3.9.1	Wymagania ograniczenia naprężeń	86
7.3.9.2	Wymagania ciągłości	87
7.4	Sprawdzenie bezpieczeństwa konstrukcji (SGN) przy nie-statycznym obciążeniu	88
7.4.1	Projektowanie zmęczeniowe	88

7.4.1.1	Zakres	88
7.4.1.2	Analiza naprężeń w elementach żelbetowych i sprężonych pod obciążeniem zmęczeniowym	89
7.4.1.3	Poziom II przybliżenia: procedura uproszczona	91
7.4.1.4	Poziom III uproszczenia: sprawdzenie za pomocą poziomu pojedynczego obciążenia	92
7.4.1.5	Poziom IV przybliżenia: sprawdzenie za pomocą spektrum poziomów obciążeń	96
7.4.1.6	Projektowanie na ścinanie przy zmęczeniu	96
7.4.1.7	Zwiększone ugięcia przy obciążeniu zmęczeniowym w SGU	97
7.4.2	Uderzenie i wybuch	98
7.4.2.1	Uwagi ogólne	98
7.4.2.2	Określenie obciążeń obliczeniowych	99
7.4.2.3	Wymiarowanie na pełne naprężenia	100
7.4.2.4	Kształtowanie konstrukcyjne i inne środki	105
7.4.3	Projektowanie sejsmiczne	106
7.4.3.1	Schemat sprawdzania	106
7.4.3.2	Określenie skutków oddziaływań sejsmicznych za pomocą analizy	106
7.4.3.3	Sprawdzenia SGN niesprężystych deformacji od zginania	120
7.4.3.4	Zdolność cyklicznego plastycznego obrotu cięciwy	122
7.4.3.5	SGN przy cyklicznym ścinaniu dla elementów ze zbrojeniem poprzecznym	126
7.4.3.6	Sprawdzenie SGN połączeń między elementami poziomymi i pionowymi	127
7.4.3.7	Sprawdzenie SGU deformacji przy zginaniu	127
7.5	Sprawdzenie bezpieczeństwa konstrukcji (SGN) w ekstremalnych warunkach termicznych	128
7.5.1	Projektowanie na warunki pożarowe	128
7.5.1.1	Wprowadzenie	128
7.5.1.2	Zasady projektowania na warunki pożarowe	130
7.5.1.3	Metody obliczania	136
7.5.1.4	Projektowanie elementów konstrukcyjnych	144
7.5.1.5	Wydzielanie stref	147
7.5.2	Projektowanie na warunki kriogeniczne	147
7.5.2.1	Ogólnie	147
7.5.2.2	Obciążenia obliczeniowe uwzględniane w projektowaniu konstrukcji dla schłodzonych upłynnionych gazów	148
7.5.2.3	Mechanizmy zniszczenia uwzględniane przy projektowaniu konstrukcji zbiorników na schłodzone upłynnione gazy	148
7.5.2.4	Właściwości betonu w warunkach kriogenicznych	149
7.6	Sprawdzanie użyteczności (SGU) konstrukcji żelbetowych i sprężonych	153
7.6.1	Wymagania	153
7.6.2	Kryteria projektowania	153
7.6.3	Ograniczenia naprężeń	154

7.6.3.1	Naprężenia rozciągające w betonie	155
7.6.3.2	Stan graniczny dekompresji	155
7.6.3.3	Naprężenia ściskające w betonie	155
7.6.3.4	Naprężenia w stali	156
7.6.4	Stan graniczny zarysowania	156
7.6.4.1	Wymagania	156
7.6.4.2	Kryteria projektowania a zarysowanie	158
7.6.4.3	Ograniczenia rozwartości rys	158
7.6.4.4	Obliczenia rozwartości rys w elementach żelbetowych	160
7.6.4.5	Obliczanie rozwartości rys w elementach sprężonych	166
7.6.4.6	Sprawdzanie zarysowania bez obliczeń	167
7.6.5	Stan graniczny deformacji	170
7.6.5.1	Ogólnie	170
7.6.5.2	Deformacje wskutek zginania z siłą podłużną lub bez	171
7.6.6	Drgania	178
7.6.6.1	Ogólnie	178
7.6.6.2	Zachowanie przy drganiach	179
7.6.7	Sprawdzenie SGU przez symulację numeryczną	179
7.6.7.1	Modele oparte na mechanice pękania	179
7.6.7.2	Modele oparte na wzmocnieniu przy rozciąganiu	181
7.7	Sprawdzenie bezpieczeństwa i użyteczności konstrukcji z włóknobetonu	181
7.7.1	Klasyfikacja	181
7.7.2	Zasady projektowania	182
7.7.3	Sprawdzenie bezpieczeństwa (SGN)	184
7.7.3.1	Zginanie i/lub ściskanie podłużne w elementach prętowych	184
7.7.3.2	Ścinanie w belkach	185
7.7.3.3	Skręcanie w belkach	188
7.7.3.4	Ściany	189
7.7.3.5	Płyty	189
7.7.4	Sprawdzenie użyteczności (SGU)	192
7.7.4.1	Ograniczenie naprężeń	192
7.7.4.2	Szerokość rys w elementach ze zbrojeniem zwykłym	192
7.7.4.3	Minimum zbrojenia do ograniczenia rys	192
7.8	Sprawdzenie stanów granicznych związanych z trwałością	193
7.8.1	Uwagi ogólne	193
7.8.2	Korozja powodowana karbonatyzacją – beton niezarysowany	196
7.8.2.1	Probabilistyczna formacja bezpieczeństwa	196
7.8.2.2	Formacja częściowego współczynnika bezpieczeństwa	200
7.8.2.3	Podejście „uznane za wystarczające”	201
7.8.2.4	Metoda „unikanie zagrożeń”	201
7.8.3	Korozja spowodowana chlorkami – beton niezarysowany	202
7.8.3.1	Probabilistyczna formacja bezpieczeństwa	202
7.8.3.2	Formacja częściowego współczynnika bezpieczeństwa	205

7.8.3.3	Podejście „uznane za wystarczające”	205
7.8.3.4	Metoda „unikanie zagrożeń”	205
7.8.4	Wpływ rys na korozję zbrojenia	205
7.8.5	Ryzyko depasywacji przy stali sprężającej	206
7.8.6	Działanie zamrażania/odmrażania	206
7.8.6.1	Probabilistyczna formacja bezpieczeństwa	206
7.8.6.2	Formacja częściowego współczynnika bezpieczeństwa	208
7.8.6.3	Podejście „uznane za wystarczające”	209
7.8.6.4	Metoda „unikanie zagrożeń”	209
7.8.7	Agresja chemiczna	209
7.8.7.1	Działanie kwasów	209
7.8.7.2	Działanie siarczanów	210
7.8.8	Reakcje alkalia-kruszywo	212
7.8.8.1	Probabilistyczna formacja bezpieczeństwa	212
7.8.8.2	Formacja częściowego współczynnika bezpieczeństwa	212
7.8.8.3	Podejście „uznane za wystarczające”	212
7.8.8.4	Metoda „unikanie zagrożeń”	213
7.8.9	Opóźnione formowanie ettringitu	213
7.8.9.1	Probabilistyczna formacja bezpieczeństwa	213
7.8.9.2	Formacja częściowego współczynnika bezpieczeństwa	213
7.8.9.3	Podejście „uznane za wystarczające”	213
7.8.9.4	Metoda „unikanie zagrożeń”	213
7.9	Sprawdzenie odporności poawaryjnej	214
7.9.1	Uwagi ogólne	214
7.9.2	Specyficzne metody poprawy odporności poawaryjnej środkami konstrukcyjnymi	216
7.9.2.1	Odporność poawaryjna tworzona przez alternatywne ścieżki obciążeń	216
7.9.2.2	Projektowanie odporności	217
7.10	Sprawdzanie zrównoważoności	217
7.10.1	Wpływ na środowisko	217
7.10.1.1	Ogólnie	217
7.10.1.2	Sprawdzenie	220
7.10.2	Wpływ na społeczeństwo	221
7.10.2.1	Ogólnie	221
7.10.2.2	Sprawdzenie	222
7.11	Sprawdzenia wspomagane symulacjami numerycznymi	222
7.11.1	Cel	222
7.11.2	Metody symulacji numerycznej	223
7.11.2.1	Model numeryczny	223
7.11.2.2	Metoda elementów skończonych	223
7.11.2.3	Modele materiałowe	225
7.11.2.4	Sprawdzenie modeli numerycznych	225
7.11.3	Formacje bezpieczeństwa dla analizy nieliniowej	226
7.11.3.1	Ogólnie	226
7.11.3.2	Metoda probabilistyczna	227

7.11.3.3	Metody globalnej nośności	228
7.11.3.4	Metoda częściowych współczynników	230
7.11.4	Identyfikacja parametrów nośności	231
7.12	Sprawdzenie wspomagane przez badania	232
7.12.1	Zakres	232
7.12.2	Definicja	233
7.12.3	Cele sprawdzenia wspomagane przez badania	234
7.12.4	Wymagania	235
7.12.5	Planowanie	235
7.12.5.1	Model obliczeniowy – stany graniczne	235
7.12.5.2	Informacja o podstawowych zmiennych	236
7.12.5.3	Liczba próbek	237
7.12.5.4	Efekty skali	237
7.12.5.5	Oddziaływania	237
7.12.5.6	Pochodzenie próbek	237
7.12.6	Warunki badania i pomiary	237
7.12.6.1	Zmienne podstawowe i nominalne	238
7.12.6.2	Oddziaływania	238
7.12.6.3	Deformacje – zachowanie konstrukcji	238
7.12.7	Sprawozdanie laboratoryjne	238
7.12.8	Analiza statystyczna wyników badań	239
7.12.8.1	Oszacowanie nieznanych współczynników D	239
7.12.8.2	Wartość charakterystyczna	240
7.12.9	Procedura sprawdzenia	240
7.12.9.1	Wartości obliczeniowe	240
7.12.9.2	Sprawdzenie	242
7.13	Konstruowanie	242
7.13.1	Główne zasady	242
7.13.2	Rozmieszczenie zbrojenia	243
7.13.2.1	Ogólnie	243
7.13.2.2	Otulina zbrojenia	243
7.13.2.3	Minimalne odstępki prętów	245
7.13.2.4	Kształty i zagięcia	245
7.13.2.5	Zakotwienie	246
7.13.2.6	Połączenia na zakład	249
7.13.2.7	Zakrzywienia lub załamania	251
7.13.3	Konstrukcje sprężone	253
7.13.3.1	Zakotwienie drutów i splotów sprężających	254
7.13.4	Szczeliny dylatacyjne i łożyska	254
7.13.5	Elementy konstrukcyjne	255
7.13.5.1	Niebrojone elementy konstrukcyjne	255
7.13.5.2	Belki prostokątne i teowe	256
7.13.5.3	Płyty	257
7.13.5.4	Elementy ściskane	259

7.13.6	Specjalne aspekty prefabrykatów betonowych i zespolonych elementów konstrukcyjnych	262
7.13.6.1	Ogólnie	262
7.13.6.2	Łożyska	262
7.13.6.3	Styki wypełnione zaprawą	265
7.13.6.4	Połączenia pętlicowe	265
7.13.6.5	Naprężenia poprzeczne w strefie zakotwień cięgien sprężających w strunobetonie	266
7.14	Sprawdzenie kotwienia w betonie	269
8	Wykonawstwo	272
8.1	Uwagi ogólne	272
8.2	Zarządzanie wykonawstwem	272
8.2.1	Założenia	272
8.2.2	Dokumentacja	272
8.2.3	Zarządzanie jakością	273
8.3	Prace zbrojarskie	274
8.3.1	Transport i składowanie	274
8.3.2	Oznaczenia	275
8.3.3	Cięcie i gięcie	275
8.3.4	Spajanie	277
8.3.5	Połączenia	279
8.3.6	Montaż i układanie zbrojenia	279
8.3.7	Dokumenty budowy – zbrojenie	280
8.4	Sprężanie	280
8.4.1	Uwagi ogólne	280
8.4.2	Pakowanie, transport, składowanie i dostawa materiałów i składników	281
8.4.3	Naciąg cięgien w kablobetonie	282
8.4.3.1	Instalowanie cięgien	282
8.4.3.2	Operacje naciągu	283
8.4.3.3	Iniekcja kanałów	285
8.4.4	Naciąg cięgien w strunobetonie	286
8.4.4.1	Instalowanie cięgien	286
8.4.4.2	Operacja naciągu	287
8.4.4.3	Uszczelnianie	289
8.4.5	Wymiana cięgien	289
8.4.6	Dokumenty budowy - sprężanie	290
8.5	Deskowania i rusztowania	290
8.6	Betonowanie	290
8.6.1	Specyfikacja betonu	290
8.6.2	Układanie i zagęszczanie	291
8.6.3	Pielęgnacja	292
8.6.4	Wznoszenie konstrukcji z prefabrykatów	293
8.6.5	Tolerancje geometryczne	293

9	Konserwacja	296
9.1	Uwagi ogólne	296
9.2	Strategia i taktyka konserwacji	297
9.2.1	Ogólnie	297
9.2.2	Strategia stosowania zapobiegawczej konserwacji	298
9.2.2.1	Konserwacja zależna od stanu	299
9.2.2.2	Konserwacja zależna od czasu	299
9.2.3	Strategia reaktywnej (biernej) konserwacji	300
9.2.4	Sytuacje, gdy konserwacje są niewykonalne	300
9.3	Zarządzanie konserwacją	301
9.3.1	Proces konserwacji w całym okresie istnienia	301
9.3.2	Plan konserwacji	305
9.4	Przegląd stanu	306
9.4.1	Czynności przeglądu stanu i monitoringu	306
9.4.2	Miejsca czynności przeglądów i monitoringu	308
9.4.3	Narzędzia i techniki przeglądów i monitoringu	308
9.4.4	Zbieranie danych do oceny stanu	309
9.4.5	Ogólny schemat procesu przeglądu stanu	312
9.5	Ocena stanu	314
9.5.1	Identyfikacja mechanizmu pogorszenia jakości i przewidywanie uszkodzeń	314
9.5.2	Identyfikacja mechanizmu pogorszenia jakości	314
9.5.3	Czynniki wpływające na pogorszenie jakości	315
9.5.4	Określenie poziomu i tempa pogorszenia jakości	315
9.6	Oszacowanie stanu i podejmowanie decyzji	316
9.6.1	Ogólnie	316
9.6.2	Poziomy progowe pogorszenia jakości materiałów i/lub przydatności konstrukcji	316
9.6.3	Kryteria orzekania	317
9.6.4	Wybór interwencji	317
9.7	Interwencje	318
9.7.1	Interwencje w zakresie utrzymania	319
9.7.2	Interwencje zapobiegawcze	319
9.7.3	Interwencje naprawcze	320
9.7.4	Przebudowa, rekonstrukcja i wymiana	320
9.7.5	Interwencje wzmacniające i polepszające	321
9.7.6	Inne czynności i środki	322
9.7.7	Wykonywanie interwencji	323
9.8	Zapisy	324

10 Rozbiórka	326
10.1 Uwagi ogólne	326
10.2 Przygotowanie rozbiórki	327
10.2.1 Ogólnie	327
10.2.2 Klasa konsekwencji konstrukcji	327
10.2.3 Analiza konstrukcji dla celów rozbiórki	328
10.2.4 Badanie potencjalnego skażenia	328
10.2.5 Koncepcja składowania odpadów	328
10.2.6 Raport z przygotowań	328
10.3 Przepisy bezpieczeństwa i ochrony zdrowia	329
 Skorowidz	 331