

Spis treści

Przedmowa Adama M. Neville'a	11
Wprowadzenie	13
Część I – Podstawy materiałowo-technologiczne	15
1. Uszkodzenia i ich przyczyny	17
1.1. Objawy	17
1.2. Przyczyny	19
1.3. Mechanizmy destrukcji	28
1.3.1. Przebieg degradacji	28
1.3.2. Skażenie i korozja chemiczna betonu	31
1.3.3. Karbonatyzacja betonu – elektrochemiczna korozja zbrojenia	41
1.3.4. Powstawanie rys	55
1.4. Przykłady degradacji	65
2. Ocena stanu konstrukcji	77
2.1. Ogólny algorytm oceny	77
2.2. Ocena stanu materiału w konstrukcji	81
2.3. Ustalenie zakresu uszkodzeń konstrukcji	90
3. Algorytm naprawy	93
3.1. Założenia ogólne	93
3.2. Zasady i metody	98
4. Technologie naprawy	103
4.1. Etapy naprawy – operacje technologiczne	103
4.2. Uszczelnianie	110
4.3. Naprawa metodą iniekcji	117
4.3.1. Rysa jako obiekt naprawy	117
4.3.2. Materiały iniekcyjne	123
4.3.3. Uwarunkowania materiałowo-technologiczne przebiegu iniekcji	128
4.4. Naprawy metodą natrysku	134
4.5. Wzmacnianie	137
4.6. Naprawy elektrochemiczne	148
5. Dobór materiałów do napraw	157
5.1. Materiały naprawcze i ich funkcje	157
5.2. Kompatybilność układu naprawianego	170
5.3. Wymagania techniczne w odniesieniu do materiałów naprawczych i ochronnych	180

6. Skuteczność naprawy	193
6.1. Stan po naprawie; adhezja jako wyznacznik skuteczności naprawy	193
6.2. Ochrona betonu po naprawie	198
6.3. Ocena jakości naprawy	202

Część II – Inżynieria napraw 207

Graficzne symbole 208

1. Żelbet w warunkach różnych oddziaływań	211
1.1. Wpływ korozji zbrojenia na degradację żelbetu	212
1.1.1. Proces korozji	212
1.1.2. Zarysowania i ubytki spowodowane korozją	213
1.1.3. Obniżenie nośności elementu	213
1.1.4. Wnikanie chlorków	214
1.1.5. Rysy a chlorki	215
1.1.7. Karbonatyzacja	216
1.1.6. Chlorki wprowadzone z mieszanką betonową	216
1.1.8. Korozja konstrukcyjnych elementów stalowych	217
1.1.9. Korozja różnych metali	218
1.1.10. Korozja kabli sprężających	219
1.2. Destrukcja betonu	220
1.2.1. Działanie agresywnych czynników chemicznych	221
1.2.2. Agresja siarczanowa	222
1.2.3. Alkaliczna reakcja kruszywa	223
1.2.4. Korozja mrozowa	224
1.2.5. Erozja: kawitacja, ścieranie	225
1.3. Wpływ wilgoci	226
1.3.1. Skurcz podczas wysychania	226
1.3.2. Transport pary wodnej	227
1.3.3. Zmiany objętości	228
1.3.4. Zmiany kształtu	229
1.4. Wpływ temperatury	230
1.4.1. Zmiany objętości	230
1.4.2. Zmiany kształtu	231
1.4.3. Zmienne obciążenia cieplne	232
1.4.4. Zmienne obciążenia cieplne; elementy zmonolityzowane	233
1.4.5. Zmienne obciążenia cieplne; płaszcz chłodni kominowej	234

1.4.6. Zmiany cieplne rozwarłości rys	235
1.4.7. Zarysowania cieplne młodego betonu	236
1.4.8. Uszkodzenia pożarowe	237
1.5. Wpływ obciążeń mechanicznych	238
1.5.1. Powstawanie rys	239
1.5.2. Ścinanie w układzie płyta/belka – słup	240
1.5.3. Wsporniki; elementy jednostronnie podparte	241
1.5.4. Konstrukcje monolityczne	242
1.5.5. Konstrukcje walcowe: rury w ziemi	243
1.5.6. Konstrukcje walcowe: zbiorniki	244
1.5.7. Połączenia: obciążenia złączy	245
1.6. Błędy wykonania	246
1.6.1. Niewłaściwe rozmieszczenie zbrojenia stalowego	247
1.6.2. Przedwczesne usunięcie deskowania	249
1.6.3. Niewłaściwe zaformowanie słupów	249
1.6.4. Przerwy robocze	250
1.6.5. Segregacja mieszanki betonowej	250
1.6.6. Niewłaściwe wyprofilowanie powierzchni płyt	251
1.6.7. Rysy spowodowane sedymentacją	251
1.6.8. Rysy spowodowane skurczem plastycznym	252
1.6.9. Miejsca o rozrzedzonej strukturze betonu	253
2. Ocena stanu żelbetu „in situ”	255
2.1. Procedura sprawdzania warunków	256
2.2. Warunki użytkowania	257
2.3. Wizja lokalna	258
2.4. Lokalizacja warstw odspojonego betonu; metody emisji akustycznej i termografii	259
2.5. Pomiary elektrochemiczne aktywności korozyjnej	260
2.6. Zawartość chlorków	261
2.7. Głębokość karbonatyzacji	262
2.8. Umiejscowienie pustek, rys i rozrzedzeń: metoda „impact echo”	263
2.9. Umiejscowienie pustek, rys i rozrzedzeń: metody ultradźwiękowe	264
2.10. Umiejscowienie pustek, rys i rozrzedzeń: wznikiwanie	265
2.11. Umiejscowienie zbrojenia	266
2.12. Monitorowanie przemieszczeń	267
2.13. Przyczepność powłok: próba odrywania – „pull off”	268
2.14. Wytrzymałość na ściskanie „in situ”: metoda odbicia i penetracji	269

3. Naprawy powierzchniowe	271
Ogólny schemat postępowania	272
Anatomia naprawy powierzchniowej	273
3.1. Analiza, koncepcja i projekt	274
3.1.1. Wprowadzenie	274
3.1.2. Wymagania jakościowe	275
3.1.3. Potrzeby konstrukcyjne	276
3.1.4. Naprężenia występujące w miejscu naprawy	277
3.1.5. Obciążanie miejsc naprawianych	281
3.1.6. Rozkład naprężeń w elementach zginanych; strefa ściskania	282
3.1.7. Rozkład naprężeń w elementach zginanych; strefa rozciągania	282
3.1.8. Błąd projektowania: przyczyna/skutek	283
3.1.9. Przykład analizy decyzji o zakresie i metodzie naprawy	285
3.1.10. Strategie naprawy	286
3.2. Wymagania materiałowe	287
3.2.1. Ustalenie wymagań wobec materiałów do napraw	287
3.2.2. Dobór materiału: podstawowe pytania	289
3.2.3. Lista kontrolna; wymagania użytkownika	290
3.2.4. Lista kontrolna; warunki użytkowania	291
3.2.5. Lista kontrolna; warunki podczas naprawy	292
3.2.6. Ustalenie właściwości materiału	293
3.2.7. Skutki zmiany objętości	298
3.2.8. Dobór materiałów o małym skurczu	300
3.3. Przygotowanie powierzchni	302
3.3.1. Wprowadzenie	302
3.3.2. Ogólna procedura	303
3.3.3. Przygotowanie powierzchni	304
3.3.4. Zalecany kształt obszaru naprawy	307
3.3.5. Metody usuwania w niepełnym profilu	309
3.3.6. Metody usuwania w pełnym profilu	310
3.4. Czyszczenie, naprawa i ochrona zbrojenia stalowego	311
3.4.1. Wprowadzenie	311
3.4.2. Ogólna procedura	312
3.4.3. Naprawa zbrojenia (ubytek przekroju)	313
3.4.4. Czyszczenie stali zbrojeniowej	314
3.4.5. Ochrona stali zbrojeniowej	315

3.5. Łączenie materiałów naprawczych z istniejącym podłożem	317
3.5.1. Wprowadzenie	317
3.5.2. Pomiar przyczepności	318
3.5.3. Sposób postępowania	319
3.5.4. Warstwy szepne	322
3.6.1. Wprowadzenie	323
3.6. Metody układania	323
3.6.1. Wprowadzenie	323
3.6.2. Rodzaje metod	325
3.6.3. Układanie „na sucho”	327
3.6.4. Deskowanie i układanie w miejscu	328
3.6.5. Deskowanie i pompowanie	329
3.6.6. Betonowanie dwuetapowe	332
3.6.7. Naprawy betonem natryskowym	333
3.6.8. Naprawa w pełnym profilu	335
3.6.9. Nakładanie ręczne	336
4. Wzmacnianie i stabilizacja	339
4.1. Wprowadzenie	339
4.2. Wzmacnianie bierne i czynne	341
4.3. Przykłady wzmacniania biernego	343
4.3.1. Powiększanie przekroju przez dobetonowanie	343
4.3.2. Wzmacnianie przez doklejanie płaskowników	345
4.3.3. Wzmacnianie na ścinanie	348
4.3.4. Iniekcje wewnętrzne – scalanie rys	349
4.4. Przykłady wzmacniania czynnego	354
4.4.1. Zmiana schematu statycznego – dodatkowe podpory	354
4.4.2. Zmiana schematu statycznego – wprowadzenie nowego złącza z przegubem	355
4.4.3. Spreżanie	356
4.5. Wzmacnianie laminatami – nowe możliwości nowego kompozytu	358
4.6. Przykłady stabilizowania	362
4.6.1. Stabilizacja złączy	362
4.6.2. Naprawa łożyska	366
4.6.3. Iniekcje zewnętrzne	367
5. Ochrona konstrukcji żelbetowych	369
5.1. Wprowadzenie	369
5.2. Zasady ochrony	372

5.2.1. Ochrona przed chlorkami – nowy beton	372
5.2.2. Ochrona przed chlorkami elementu naprawianego – stary beton	374
5.2.3. Ochrona zbrojenia w rysach i złączach	376
5.2.4. Ochrona przed karbonatyzacją	377
5.2.5. Ochrona powierzchniowa przed agresywnym che- micznym środowiskiem	379
5.2.6. Ochrona przed korozją mrozową	381
5.2.7. Ochrona przed przeciekami wody	383
5.3. Metody ochrony	385
5.3.1. Impregnacja	386
5.3.2. Powłoki i wykleiny ochronne	387
5.3.3. Wyprawy	389
5.3.4. Ważniejsze wady warstw ochronnych	390
5.3.5. Ochrona powierzchniowa; obudowa pali	392
5.3.6. Iniekcja uszczelniająca (przerwanie wypływu)	393
5.3.7. Iniekcja uszczelniająca – dobór iniektu	394
5.3.8. Iniekcja uszczelniająca – odcięcie wody od strony naporu	395
5.3.9. Uszczelnianie przecieków wokół taśm uszczelniających	396
5.3.10. Uszczelnianie pęknięcia – wycięcie i wypełnienie	397
5.3.11. Uszczelnianie złączy dylatacyjnych obciążonych ruchem kołowym	398
5.3.12. Uszczelnianie złączy za pomocą taśmy dylatacyjnej	399
5.3.13. Zmiana zachowania elektrochemicznego układu – aktywna ochrona katodowa	400
Literatura	401
Skorowidz rzeczowy	427