

Spis treści

Spis ważniejszych oznaczeń	9
Wstęp	13
1. Dane ogólne do projektowania	16
1.1. Szerokości użytkowe mostu	16
1.2. Klasa obciążenia mostu	17
1.3. Dane środowiskowe	18
1.3.1. Warunki ekspozycji środowiskowej	18
1.3.2. Wilgotność i temperatura otoczenia	18
2. Opis konstrukcji mostu i technologii budowy	19
2.1. Układ statyczny mostu	19
2.2. Przekrój poprzeczny mostu	20
2.3. Rozkład stali konstrukcyjnej	20
2.4. Technologia wykonania płyty	23
2.5. Płyta żelbetowa	26
2.5.1. Otulina prętów zbrojeniowych	26
2.5.2. Maksymalna rozwarłość rys w betonie	26
2.5.3. Układ zbrojenia płyty pomostu	27
2.5.4. Przekrój poprzeczny płyty i zbrojenia w analizie globalnej	28
3. Materiały	30
3.1. Stal konstrukcyjna	30
3.1.1. Uwagi ogólne	30
3.1.2. Odporność na kruche pękanie	31
3.1.3. Właściwości mechaniczne stali konstrukcyjnej	32
3.2. Beton	33
3.3. Stal zbrojeniowa	33
3.4. Stal łączników zespalających	34
3.5. Materiałowe (cząstkowe) współczynniki bezpieczeństwa	34
4. Oddziaływania i obciążenia	35
4.1. Obciążenia stałe	35
4.1.1. Ciężar własny	35
4.1.2. Ciężar wyposażenia pomostu	36

4.2. Skurcz betonu	37
4.2.1. Deformacja skurczowa dla trwałej sytuacji obliczeniowej w chwili oddania obiektu mostowego do eksploatacji	37
4.2.2. Deformacja skurczowa dla trwałej sytuacji obliczeniowej w czasie nieskończonym	40
4.3. Wpływ pełzania betonu	40
4.3.1. Uwagi ogólne	40
4.3.2. Praktyczne obliczanie stosunku modułów sprężystości dla obciążenia długotrwałego	41
4.4. Oddziaływania zmienne	43
4.4.1. Uwagi ogólne	43
4.4.2. Rozkład poprzeczny umownych pasów obciążenia (do analizy globalnej)	43
4.4.3. Układ tandemowy TS	44
4.4.4. Obciążenie równomiernie rozłożone UDL	45
4.4.5. Oddziaływania termiczne	46
5. Kombinacje oddziaływań i obciążeń	49
5.1. Oznaczenia	49
5.2. Kombinacje stosowane do sprawdzania stanów granicznych nośności (ULS) z wyłączeniem zmęczenia	51
5.3. Kombinacje stosowane do sprawdzania stanów granicznych użytkowości (SLS)	51
5.3.1. Charakterystyczne kombinacje SLS	51
5.3.2. Częste kombinacje SLS	52
5.3.3. Quasi-stałe kombinacje SLS	52
6. Analiza globalna	53
6.1. Model obliczeniowy dźwigara	53
6.1.1. Schemat statyczny i przekroje charakterystyczne dźwigara	53
6.1.2. Charakterystyka geometryczna przekroju zespolonego w strefie niezarysowanej	56
6.1.3. Charakterystyka geometryczna przekroju zespolonego w strefie zarysowanej	58
6.1.4. Wpływ nieliniowości geometrii i materiału	59
6.2. Uwzględnienie zjawiska szerokiego pasa (<i>shear lag</i>) w płycie betonowej	60
6.3. Uwzględnienie zarysowania betonu płyty	61
6.4. Wyniki analizy globalnej (siły wewnętrzne)	65
6.4.1. Obciążenia stałe G_k	65
6.4.2. Oddziaływanie skurczu betonu S_k	66
6.4.3. Oddziaływania termiczne T_k	69
6.4.4. Obciążenie ruchome $TS_k + UDL_k$ według modelu $LM1$	71
6.4.5. Kombinacje obciążeń i oddziaływań	77

7. Sprawdzanie stanów granicznych nośności (ULS) przekrojów zespolonych z wyjątkiem zmęczenia	78
7.1. Klasyfikacja przekroju	78
7.1.1. Ogólna definicja klas przekrojów	78
7.1.2. Wyznaczanie klasy przekroju zespolonego w praktyce	79
7.2. Zasady sprawdzania nośności przekrojów poprzecznych	81
7.2.1. Nośność na zginanie	81
7.2.2. Nośność na ścinanie	85
7.2.3. Interakcja zginania i ścinania	87
7.3. Sprawdzanie nośności przekroju w środku rozpiętości przęsła P1-P2	88
7.3.1. Siły wewnętrzne i klasa przekroju	88
7.3.2. Nośność plastyczna na zginanie	90
7.3.3. Nośność przekroju na ścinanie	92
7.3.4. Interakcja zginania i ścinania (przekrój klasy 1.)	94
7.3.5. Sprawdzanie sprężyste (alternatywne)	95
7.4. Sprawdzanie przekroju podporowego P1	96
7.4.1. Siły wewnętrzne i klasa przekroju	96
7.4.2. Nośność na zginanie	99
7.4.3. Nośność na ścinanie	100
7.4.4. Interakcja zginania i ścinania (przekrój klasy 3.)	105
7.4.5. Przekrój efektywny klasy 2.	109
7.5. Sprawdzanie stanów granicznych nośności (ULS) przekroju zespolonego klasy 4.	114
7.5.1. Siły wewnętrzne i klasa przekroju	114
7.5.2. Efektywny przekrój poprzeczny	117
7.5.3. Nośność przekroju na zginanie	119
7.5.4. Nośność na ścinanie	121
7.5.5. Interakcja zginania i ścinania	124
7.6. Sztywność żeber pionowych	127
7.7. Zwichrzenie i wyboczenie ściskane pasa dolnego nad podporą P1	130
8. Sprawdzanie zmęczenia (ULS)	131
8.1. Elementy dźwigara stalowego	131
8.1.1. Procedura oceny zmęczenia	131
8.1.2. Częściowe współczynniki bezpieczeństwa	132
8.1.3. Model obciążenia zmęczeniowego	132
8.1.4. Współczynnik równoważności uszkodzenia	134
8.1.5. Zastępczy współczynnik uszkodzenia przy uderzeniu (<i>impact</i>)	138
8.1.6. Zakres naprężeń $\Delta\sigma_p$	138
8.1.7. Wartości referencyjne wytrzymałości zmęczeniowej	144
8.2. Zbrojenie podłużne	153
8.2.1. Procedura oceny zmęczenia	153

8.2.2. Zastępczy współczynnik uszkodzenia λ_s	154
8.2.3. Zakres naprężeń w zbrojeniu $\Delta\sigma_{s,p}$	156
8.2.4. Sprawdzanie prętów zbrojeniowych na zmęczenie	159
9. Sprawdzanie stanów granicznych użytkowalności (SLS) przekroju zespolonego.....	164
9.1. Zakres sprawdzania SLS	164
9.2. Ograniczenie naprężeń	165
9.2.1. Naprężenia w stali konstrukcyjnej	165
9.2.2. Naprężenia w betonie	166
9.2.3. Naprężenia w stali zbrojeniowej	167
9.2.4. Naprężenia w przekroju podporowym P1	167
9.2.5. Naprężenia w przekroju przęsłowym P1-P2	186
9.3. Kontrola zarysowania płyty żelbetowej	208
9.3.1. Minimalny przekrój zbrojenia	208
9.3.2. Rozwartość rys pod obciążeniem pośrednim	210
9.3.3. Rozwartość rys pod obciążeniem bezpośrednim	213
9.4. Ograniczenie efektu oddychania środnika (<i>web breathing</i>)	217
10. Sprawdzanie lokalne płyty betonowej (ULS i SLS).....	219
10.1. Siły wewnętrzne w płycie betonowej	219
10.1.1. Obciążenia stałe	219
10.1.2. Obciążenia ruchome	223
10.1.3. Kombinacje obciążeń	233
10.2. Sprawdzanie płyty w kierunku poprzecznym	236
10.2.1. Minimalna powierzchnia zbrojenia	236
10.2.2. Nośność przekroju płyty na zginanie (ULS)	237
10.2.3. Nośność przekroju płyty na ścinanie pionowe (ULS)	238
10.2.4. Nośność przekroju płyty na ścinanie podłużne (ULS)	240
10.2.5. Interakcja między ścinaniem podłużnym a poprzecznym momentem zginającym	244
10.2.6. Ograniczenie naprężeń dla charakterystycznej kombinacji obciążeń (SLS)	246
10.2.7. Ograniczenie rozwartości rys dla częstej kombinacji obciążeń (SLS)	250
10.3. Sprawdzanie płyty w kierunku podłużnym	256
10.3.1. Nośność na zginanie lokalne (ULS)	256
10.3.2. Naprężenia ścinające w połączeniach poprzecznych segmentów płyty pomostu (ULS)	260
10.4. Przebicie płyty pomostu (ULS)	262
10.4.1. Zasady sprawdzania płyty betonowej na przebicie	262
10.4.2. Nośność płyty na przebicie	264

11. Sprawdzanie łączników zespalających	267
11.1. Wyznaczanie nośności łączników sworzniowych z główkami	267
11.2. Sprawdzanie zespolenia dla charakterystycznej kombinacji <i>SLS</i> ...	268
11.2.1. Siła ścinająca na jednostkę długości	268
11.2.2. Zasady obliczeń	269
11.3. Sprawdzanie zespolenia dla kombinacji obciążeń i oddziaływań <i>ULS</i> innych niż zmęczenie	270
11.3.1. Projektowanie na podstawie analizy sprężystej	270
11.3.2. Sprawdzanie z uwzględnieniem obszarów plastycznych w strefie dodatniego momentu zginającego	271
11.4. Sprawdzanie łączników dla kombinacji <i>ULS</i> ze względu na zmęczenie	275
11.4.1. Obciążenie pojazdem według modelu obciążenia zmęczeniowego nr 3	275
11.4.2. Równoważna stała amplituda zakresu naprężenia	276
11.4.3. Sprawdzanie zmęczenia sworzni	277
11.5. Zalecenia konstrukcyjne dotyczące łączników zespalających	278
11.5.1. Warunki związane ze stalowym dźwigarem głównym	278
11.5.2. Warunki związane z osadzeniem sworzni w płycie żelbetowej ...	279
11.5.3. Warunki związane z rodzajem łączników zespalających	279
11.6. Wpływ skurczu betonu i oddziaływania termicznego na obliczenia sworzni na końcach pomostu	280
Spis wykorzystanych norm	282
Piśmiennictwo uzupełniające	284
Załączniki	287
A. Parametry geometryczne charakterystycznych przekrojów poprzecznych i rozkłady sztywności dźwigara na długości obiektu mostowego	289
B. Zestawienie obciążeń i oddziaływań. Wyznaczanie sił wewnętrznych	292
C. Kombinacje obciążeń w stanach granicznych <i>ULS</i> i <i>SLS</i>	344
D. Wyznaczanie naprężeń w stanie granicznym nośności <i>ULS</i>	370
E. Sprawdzanie zmęczenia (<i>ULS</i>)	417
F. Obliczenia pomocnicze do wyznaczania naprężeń w górnej warstwie zbrojenia płyty betonowej podczas sprawdzania rozwartości rys pod obciążeniem bezpośrednim	434