

---

## Spis treści

<b>Spis ważniejszych oznaczeń .....</b>	<b>9</b>
<b>Wstęp .....</b>	<b>13</b>
<b>1. Dane ogólne do projektowania .....</b>	<b>16</b>
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
<b>2. Opis konstrukcji mostu i technologii budowy .....</b>	<b>19</b>
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 rozwartość rys w betonie .....	26
2.5.3. Układ zbrojenia płyty pomostu .....	27
2.5.4. Przekrój poprzeczny płyty i zbrojenia w analizie globalnej .....	28
<b>3. Materiały .....</b>	<b>30</b>
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
<b>4. Oddziaływania i obciążenia .....</b>	<b>35</b>
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 <i>TS</i> .....	44
4.4.4. Obciążenie równomiernie rozłożone <i>UDL</i> .....	45
4.4.5. Oddziaływania termiczne .....	46
<b>5. Kombinacje oddziaływań i obciążeń .....</b>	<b>49</b>
5.1. Oznaczenia .....	49
5.2. Kombinacje stosowane do sprawdzania stanów granicznych nośności ( <i>ULS</i> ) z wyłączeniem zmęczenia .....	51
5.3. Kombinacje stosowane do sprawdzania stanów granicznych użytkowości ( <i>SLS</i> ) .....	51
5.3.1. Charakterystyczne kombinacje <i>SLS</i> .....	51
5.3.2. Częste kombinacje <i>SLS</i> .....	52
5.3.3. Quasi-stałe kombinacje <i>SLS</i> .....	52
<b>6. Analiza globalna .....</b>	<b>53</b>
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 <i>LM1</i> .....	71
6.4.5. Kombinacje obciążeń i oddziaływań .....	77

<b>7. Sprawdzanie stanów granicznych nośności (ULS) przekrojów zespolonych z wyjątkiem zmęczenia</b> .....	<b>78</b>
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
<b>8. Sprawdzanie zmęczenia (ULS)</b> .....	<b>131</b>
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 $\lambda_s$ .....	154
8.2.3. Zakres naprężeń w zbrojeniu $\Delta\sigma_{s,p}$ .....	156
8.2.4. Sprawdzanie prętów zbrojeniowych na zmęczenie .....	159
<b>9. Sprawdzanie stanów granicznych użyteczności (SLS) przekroju zespolonego</b> .....	<b>164</b>
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 środka ( <i>web breathing</i> ) .....	217
<b>10. Sprawdzanie lokalne płyty betonowej (ULS i SLS)</b> .....	<b>219</b>
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

<b>11. Sprawdzanie łączników zespalających</b> .....	<b>267</b>
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
 <b>Spis wykorzystanych norm</b> .....	 <b>282</b>
 <b>Piśmiennictwo uzupełniające</b> .....	 <b>284</b>
 <b>Załączniki</b> .....	 <b>287</b>
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