

# SPIS TREŚCI

<b>Od Autorów</b> .....	10
<b>1. Wprowadzenie</b> .....	11
1.1. Ogólna charakterystyka dźwigarów zespolonych typu beton-stal .....	11
1.2. Sposoby realizacji dźwigarów zespolonych .....	13
1.3. Procedura wymiarowania dźwigarów zespolonych .....	18
<b>2. Podstawowe pojęcia i oznaczenia</b> .....	20
2.1. Przedmiot opracowania i zakres stosowania .....	20
2.2. Ważniejsze określenia .....	20
2.2.1. Konstrukcje zespolone stalowo-betonowe .....	20
2.2.2. Stany graniczne, obciążenia, wytrzymałości materiałów .....	20
2.2.3. Regulowanie rozkładu sił w konstrukcji .....	21
2.2.4. Stadia obciążeń .....	21
2.2.5. Pozostałe określenia .....	21
2.3. Normy i dokumenty związane .....	21
2.4. Podstawowe oznaczenia .....	22
<b>3. Materiały</b> .....	26
3.1. Beton .....	26
3.1.1. Dobór betonu .....	26
3.1.2. Właściwości betonu .....	26
3.1.3. Wytrzymałości obliczeniowe .....	31
3.2. Stal zbrojeniowa i sprężająca .....	31
3.2.1. Rodzaje i właściwości stali .....	31
3.2.2. Wytrzymałości obliczeniowe .....	33
3.3. Stal konstrukcyjna .....	33
3.3.1. Rodzaje i właściwości stali konstrukcyjnej .....	33
3.3.2. Wytrzymałość obliczeniowa .....	35
3.4. Materiały na połączenia stali konstrukcyjnych .....	35
3.5. Łączniki .....	35

<b>4.</b>	<b>Zasady ogólne projektowania</b> .....	36
4.1.	Wymagania ogólne .....	36
4.1.1.	Metoda projektowania .....	36
4.1.2.	Ogólne zasady obliczeń .....	36
4.1.3.	Dokumentacja projektowa .....	36
4.1.4.	Jednostki miar. Wartości pośrednie .....	36
4.2.	Obciążenia .....	37
4.2.1.	Zasady ogólne .....	37
4.2.2.	Współczynniki obciążenia dla wstępnych regulacji sił w konstrukcjach zespolonych .....	37
4.2.3.	Redukcja skurczu betonu .....	37
4.2.4.	Obciążenia wywołane zmianami temperatury .....	38
4.2.5.	Rozdział obciążeń poziomych .....	39
4.2.6.	Działanie fali uderzeniowej (efekt aerodynamiczny) .....	40
4.2.7.	Dokładność określania wartości obciążenia .....	43
4.2.8.	Układy obciążeń (sytuacje obliczeniowe) .....	43
4.3.	Obliczenia statyczne .....	43
4.3.1.	Zasady ogólne .....	43
4.3.2.	Modele obliczeniowe .....	44
4.3.3.	Siły przekrojowe i przemieszczenia .....	45
4.3.4.	Dźwigary kratowe .....	46
4.3.5.	Zasady stosowania programów komputerowych .....	49
4.3.6.	Wykonywanie obliczeń za pomocą programów komputerowych .....	49
4.4.	Sprawdzanie stanów granicznych nośności (SGN) .....	50
4.5.	Sprawdzanie stanów granicznych użyteczności (SGU) .....	51
<b>5.</b>	<b>Określenie przekroju</b> .....	52
5.1.	Przekrój zespolony .....	52
5.2.	Przekrój sprowadzony .....	52
5.3.	Szerokość współpracująca płyty betonowej .....	53
5.3.1.	Szerokość współpracująca w obliczeniach statycznych .....	53
5.3.2.	Szerokość współpracująca w obliczeniach wytrzymałościowych i ugięć .....	54
5.3.3.	Szerokość efektywna płyty w przenoszeniu sił sprężających .....	56
5.4.	Sztywność przekroju na zginanie .....	56
5.4.1.	Przekrój z płytą ściskaną .....	56
5.4.2.	Przekrój z płytą rozciąganą .....	57
<b>6.</b>	<b>Siły wewnętrzne i naprężenia od wpływów termicznych i reologicznych</b> .....	58
6.1.	Wpływ zmian temperatury .....	58
6.1.1.	Siły wewnętrzne .....	58
6.1.2.	Naprężenia .....	59

6.2.	Wpływ pełzania betonu .....	60
6.2.1.	Zasady i zależności ogólne .....	60
6.2.2.	Belki ciągłe .....	61
6.3.	Wpływ skurczu betonu .....	62
6.4.	Siły od skurczu betonu i zmian temperatury działające na łączniki skrajne .....	63
<b>7.</b>	<b>Stany graniczne nośności przekroju poprzecznego .....</b>	<b>65</b>
7.1.	Nośność przekroju zginanego .....	65
7.1.1.	Zasady ogólne .....	65
7.1.2.	Przekroje z płytą ściskaną .....	66
7.1.3.	Przekroje z płytą rozciąganą .....	66
7.1.4.	Przekroje z płytą sprężoną .....	67
7.2.	Ścinanie .....	67
7.2.1.	Zasady ogólne .....	67
7.2.2.	Naprężenia ścinające .....	68
7.3.	Zginanie ze ścinaniem .....	68
7.3.1.	Zasady ogólne .....	68
7.3.2.	Naprężenia zastępcze .....	69
7.4.	Zginanie płyty pomostowej w płaszczyźnie poziomej .....	69
7.5.	Zespolone pręty dźwigarów kratowych .....	70
7.6.	Strefa zakotwień dźwigarów ze sprężoną płytą betonową .....	71
7.7.	Zmęczenie .....	72
7.8.	Połączenia w belkach stalowych .....	72
7.9.	Stateczność położenia przęsł lub ich części .....	72
<b>8.</b>	<b>Stateczność .....</b>	<b>73</b>
8.1.	Zwicherungie (utrata płaskiej postaci zginania) .....	73
8.1.1.	Zasady ogólne .....	73
8.1.2.	Sprawdzenie na zwicherungie .....	73
8.2.	Stateczność prętów ściskanych .....	75
8.3.	Stateczność miejscowa elementów pełnościennych .....	75
8.3.1.	Zasady ogólne .....	75
8.3.2.	Sprawdzenie nośności ze względu na stateczność lokalną elementów dźwigara stalowego .....	76
8.3.3.	Żebra usztywniające .....	76
<b>9.</b>	<b>Nośność zespolenia .....</b>	<b>77</b>
9.1.	Zasady ogólne .....	77
9.2.	Nośność łączników .....	78
9.2.1.	Łączniki sworzniowe z główkami .....	78
9.2.2.	Sworznie bez główek .....	79
9.2.3.	Łączniki masywne .....	79
9.2.4.	Łączniki masywne z pętlami .....	80

9.2.5.	Łączniki listwowe .....	81
9.3.	Zbrojenie poprzeczne .....	82
9.3.1.	Nośność przekroju .....	82
9.3.2.	Minimalne zbrojenie poprzeczne .....	83
9.3.3.	Zbrojenie zabezpieczające przed powstaniem rys podłużnych .....	84
9.3.4.	Zbrojenie zabezpieczające przed rozerwaniem płyty .....	84
<b>10.</b>	<b>Stany graniczne użyteczności</b> .....	<b>86</b>
10.1.	Ugięcia dźwigarów zespolonych .....	86
10.2.	Sztywność pozioma przęsła .....	87
10.3.	Podniesienie wykonawcze .....	87
10.4.	Stany graniczne zarysowania .....	88
10.4.1.	Stan graniczny powstawania rys poprzecznych .....	88
10.4.2.	Stan graniczny szerokości rys poprzecznych .....	88
10.5.	Stan graniczny naprężeń .....	91
10.6.	Stany graniczne wygody użytkowników mostów .....	92
10.6.1.	Mosty kolejowe .....	92
10.6.2.	Mosty (kładki) dla pieszych .....	92
10.7.	Stany graniczne bezpieczeństwa ruchu taboru kolejowego .....	92
10.7.1.	Pionowe drgania własne mostu .....	92
10.7.2.	Skreślenie pomostu .....	93
10.7.3.	Obroty na końcach pomostu .....	94
10.7.4.	Odkształcenia poziome pomostu .....	94
<b>11.</b>	<b>Warunki konstrukcyjne</b> .....	<b>96</b>
11.1.	Pomost z płytą żelbetową .....	96
11.2.	Dźwigary stalowe .....	96
11.3.	Łączniki i zbrojenie poprzeczne .....	97
11.3.1.	Oparcie płyty betonowej na dźwigarze stalowym .....	97
11.3.2.	Rozmieszczanie łączników .....	97
11.3.3.	Zbrojenie poprzeczne .....	99
11.3.4.	Minimalne zbrojenie podłużne płyty rozciąganej .....	99
<b>12.</b>	<b>Sprawdzanie nośności istniejących mostów o dźwigarach zespolonych</b> .....	<b>101</b>
12.1.	Zasady ogólne .....	101
12.2.	Cechy materiałów .....	101
12.3.	Współczynniki obciążenia .....	102
12.4.	Ocena stanu konstrukcji .....	102
<b>13.</b>	<b>Przęsła z belek stalowych obetonowanych</b> .....	<b>104</b>
13.1.	Konstrukcja .....	104
13.2.	Założenia i zakres obliczeń .....	105
13.3.	Stany graniczne użytkowania .....	107

13.3.1.	Ugięcia .....	107
13.3.2.	Podniesienie konstrukcyjne .....	108
13.4.	Stany graniczne nośności .....	109
13.4.1.	Wytrzymałość doraźna stali i betonu .....	109
13.4.2.	Wytrzymałość zmęczeniowa belek spawanych .....	110
13.5.	Elementy technologii .....	110

## **Załączniki**

<b>Z1.</b>	<b>Charakterystyki geometryczne oraz siły przekrojowe i naprężenia w przekroju o zespoleniu niepodatnym .....</b>	<b>113</b>
Z1.1.	Przekrój z płytą ściskaną .....	113
Z1.2.	Przekrój z płytą rozciąganą .....	114
Z1.3.	Naprężenia normalne, styczne i rozwarstwiające .....	114
Z1.4.	Rozdział sił przekrojowych $M$ i $N$ na płytę i belkę stalową .....	117
<b>Z2.</b>	<b>Materiały pomocnicze do uwzględniania wpływów reologicznych .....</b>	<b>119</b>
Z2.1.	Parametry metody TROSTA .....	119
Z2.2.	Parametry zmodyfikowanej teorii starzenia .....	120
Z2.3.	Wpływ pełzania betonu w ciągłych belkach zespolonych .....	120