

Spis treści

7	Węzły kratownic (Jan Bródka)	11
7.1	Wprowadzenie	11
7.2	Węzły płaskich kratownic dachowych	18
7.3	Węzły przestrzennych kratownic dachowych	41
7.4	Węzły ram kratowych	55
7.5	Obliczanie węzłów	68
7.6	Przykłady obliczeń	83
	Piśmiennictwo	89
8	Węzły ram (Aleksander Kozłowski, Ireneusz Ligocki, Jan Bródka)	93
8.1	Wprowadzenie	93
8.2	Węzły wielokondygnacyjnych ram stężonych	104
8.2.1	Węzły spawane	105
8.2.2	Węzły śrubowe	110
8.3	Węzły wielokondygnacyjnych ram niestężonych	124
8.3.1	Węzły spawane	124
8.3.2	Węzły śrubowe	128
8.4	Węzły ram parterowych	131
8.5	Styki słupów, styki i podparcia belek	135
8.5.1	Informacje wstępne	135
8.5.2	Styki słupów	136
8.5.3	Styki rygli i belek stropowych	142
8.5.4	Uprozczone metody projektowania doczołowych połączeń zginanych	145
8.5.5	Podparcia belek	151
8.5.5.1	Oparcie na ścianie	151
8.5.5.2	Oparcie na słupie	158
8.5.5.3	Połączenie belki stropowej z podciągami	163
8.5.6	Przykłady obliczeń	169
8.6	Węzły specjalne	197
8.6.1	Węzły regatów magazynowych	197
8.6.2	Węzły konstrukcji cienkościennych	213
8.6.2.1	Elementy o średnicach ażurowych	213
8.6.2.2	Elementy o falistych średnicach	214
8.6.2.3	Elementy z kształtowników giętych	218
8.6.3	Węzły belek bezprzekątniowych	230
8.6.3.1	Informacje ogólne	230
8.6.3.2	Badania węzłów belek bezprzekątniowych	231
8.6.3.3	Obliczanie połączeń spawanych węzłów belek bezprzekątniowych	236
8.6.4	Węzły przestrzenne (i inne)	237
8.6.5	Połączenia elewacji szklanych (Zdzisław Pisarek)	243
8.6.5.1	Wprowadzenie	243

8.6.5.2	Właściwości materiałów stosowanych na fasady szklane	245
8.6.5.3	Odształcenia przeszkleń	247
8.6.5.4	Układy łączników	248
8.6.5.5	Badania połączeń fasad szklanych	255
8.6.5.6	Przykłady realizacji	258
8.7	Normowa metoda obliczania nośności, sztywności i zdolności do obrotu węzłów stalowych	261
8.7.1	Wprowadzenie do metody składnikowej	261
8.7.2	Nośność węzłów	271
8.7.3	Sztywność obrotowa węzłów stalowych	284
8.7.4	Zdolność do obrotu węzłów stalowych	287
8.7.5	Uogólnienie metody na węzły o czterech śrubach w szeregu	288
8.7.6	Metody zwiększania nośności i sztywności węzłów	300
8.7.7	Przykłady obliczeń	303
Piśmiennictwo		337
9	Połączenia słupów z fundamentami (Ireneusz Ligocki, Jan Bródka)	341
9.1	Wprowadzenie	341
9.2	Charakterystyka stosowanych rozwiązań	342
9.2.1	Stopy słupów ściskanych osiowo	343
9.2.2	Stopy słupów ściskanych mimośrodowo	348
9.3	Projektowanie połączeń słupa z fundamentem	352
9.3.1	Projektowanie podstaw słupów	352
9.3.2	Zakotwienia śrubowe	366
9.3.2.1	Rodzaje, sposoby podziału oraz mocowanie i regulacja ustawienia kotew	366
9.3.2.2	Nośność kotew na rozciąganie	371
9.3.2.3	Nośność zakotwienia przy ścinaniu	378
9.3.2.4	Nośność śruby kotwiącej przy uwzględnieniu ścinania z rozciąganiem	381
9.3.2.5	Charakterystyka i metody projektowania zakotwień specjalnych	382
9.3.2.5.1	Informacje ogólne, kategorie stosowanych badań i podział kotew	382
9.3.2.5.2	Metody projektowania zakotwień specjalnych według [9.6]	384
9.3.2.5.3	Charakterystyka zakotwień specjalnych do celów projektowych	387
9.3.2.6	Wymagania dodatkowe i uwagi do wykonania zakotwień	388
9.3.3	Sztywność połączenia	390
9.3.4	Podstawy pierścieniowe	391
9.4	Podatne połączenia słupa z fundamentem	395
9.4.1	Pierwszy model analityczny	395
9.4.2	Model mechaniczny	397
9.4.3	Modelowanie numeryczne	400
9.4.4	Wybrane wyniki badań eksperymentalnych	404
9.5	Projektowanie podstaw słupów z uwzględnieniem PN-EN 1993-1-8	410
9.5.1	Informacje ogólne	410
9.5.2	Obliczeniowa nośność węzła	412
9.5.2.1	Nośność strefy rozciąganej	412

9.5.2.2	Nośność strefy ściskanej	420
9.5.2.3	Środek słupa poddany rozciąganiu	423
9.5.2.4	Pas i środek słupa poddane ściskaniu	424
9.5.2.5	Złożenie nośności	424
9.5.2.5.1	Podstawy słupów poddane tylko działaniu sił podłużnych w słupie	424
9.5.2.5.2	Podstawy słupów poddane działaniu sił podłużnych i momentów zginających	424
9.5.3	Sztywność obrotowa	427
9.5.3.1	Współczynniki sztywności sprężystej	428
9.5.3.2	Określenie sztywności $S_{j,ini}$ i S_j w wypadku wybranego schematu rozkładu sił	430
9.5.4	Oszacowanie charakterystyki obrotowej $M-\phi$ węzła	432
9.6	Zakotwienia kominów (Andrzej Wojnar)	432
9.6.1	Opis konstrukcji zakotwień	432
9.6.2	Śruby kotwiące	433
9.6.3	Obliczanie zakotwień	433
9.7	Przykłady obliczeń	436
	Piśmiennictwo	499
10	Węzły konstrukcji zespolonych (Aleksander Kozłowski)	501
10.1	Wprowadzenie	501
10.2	Kształtowanie węzłów konstrukcji zespolonych	503
10.3	Badania doświadczalne węzłów i połączeń	506
10.3.1	Badania wyizolowanych węzłów zespolonych	506
10.3.2	Badania ram zespolonych	521
10.3.2.1	Badania ramy stalowej	521
10.3.2.2	Badania ramy z rygłem zespolonym	525
10.3.3	Badania łączników zespalających	527
10.4	Łączniki i połączenia w konstrukcjach zespolonych	544
10.4.1	Nośność łączników zespalających płytę betonową z belką	544
10.4.1.1	Sworznie z główkami	544
10.4.1.2	Łączniki blokowe	546
10.4.1.3	Łączniki kotwowe i pętlowe	547
10.4.1.4	Łączniki kątownikowe	547
10.4.1.5	Śruby sprężające	547
10.4.1.6	Łączniki listwowe z otworami (rys. 10.69)	548
10.4.1.7	Łączniki kątowne HILTI	551
10.4.2	Połączenia belek stalowych z trzonem żelbetowym	552
10.4.3	Nośność strefy wprowadzenia sił w słupach zespolonych	559
10.4.4	Styki słupów zespolonych	560
10.4.5	Zalecenia konstrukcyjne	562
10.4.5.1	Łączniki sworzniowe	563
10.4.5.2	Łączniki blokowe i kątownikowe	564
10.4.5.3	Łączniki kotwowe i pętlowe	564
10.4.5.4	Nośność płyty na ścinanie podłużne	564
10.5	Nośność, sztywność i zdolność do obrotu węzłów konstrukcji zespolonych	567
10.5.1	Metody modelowania węzłów	567

10.5.2	Metoda składnikowa	575
10.5.2.1	Określenie nośności węzła	576
10.5.2.2	Określenie sztywności początkowej węzła	581
10.5.2.3	Określenie zdolności do obrotu węzła zespolonego	584
10.5.3	Normowa metoda obliczania nośności, sztywności i zdolności do obrotu węzłów zespolonych	587
10.5.3.1	Nośność węzła zespolonego	587
10.5.3.2	Sztywność początkowa węzła zespolonego	590
10.5.3.3	Zdolność do obrotu węzłów zespolonych	595
10.6	Wskazówki optymalnego kształtowania węzłów zespolonych	595
10.7	Przykłady obliczeń	598
	Piśmiennictwo	615
11	Nośność połączeń i węzłów pod obciążeniem zmęczeniowym (Lucjan Ślęczka)	621
11.1	Wprowadzenie	621
11.2	Charakter obciążeń zmęczeniowych	623
11.2.1	Obciążenie o widmie jednorodnym	624
11.2.2	Obciążenie o widmie niejednorodnym – sposoby zliczania cykli naprężeń	625
11.2.3	Zakres naprężeń równoważnych	627
11.2.4	Rodzaje konstrukcji narażonych na zmęczenie	628
11.3	Czynniki wpływające na trwałość zmęczeniową połączeń	628
11.3.1	Zakres zmienności obciążenia	628
11.3.2	Wpływ karbu	629
11.3.3	Wpływ wytrzymałości mechanicznej	630
11.3.4	Wpływ naprężeń własnych	631
11.3.5	Wpływ naprężeń średnich	632
11.3.6	Wpływ wielkości (efekt skali)	633
11.3.7	Wpływ korozji	633
11.3.8	Wpływ wykonawstwa	634
11.4	Metody oceny trwałości zmęczeniowej	634
11.4.1	Metoda naprężeń nominalnych	635
11.4.2	Metoda naprężeń geometrycznych	644
11.4.3	Określanie trwałości zmęczeniowej na podstawie procedur zmęczenia niskocyklowego	654
11.4.4	Określanie trwałości zmęczeniowej na podstawie mechaniki pękania	659
11.5	Zachowanie się połączeń pod wpływem obciążeń zmęczeniowych	662
11.5.1	Połączenia spawane	662
11.5.2	Połączenia śrubowe	670
11.5.3	Połączenia rur	677
11.5.4	Konstrukcje cienkościenne	680
11.5.5	Połączenia podatne	682
11.6	Kształtowanie połączeń poddanych obciążeniom zmęczeniowym i zalecenia wykonawcze	683
11.7	Metody zwiększenia trwałości zmęczeniowej	684
11.8	Uwagi końcowe	687
11.9	Przykłady obliczeń	687
	Piśmiennictwo	704
12	Nośność połączeń i węzłów pod obciążeniem sejsmicznym (Lucjan Ślęczka)	709

12.1	Wprowadzenie	709
12.2	Charakterystyka wpływów sejsmicznych i parasejsmicznych	710
12.3	Oddziaływania sejsmiczne na budynki i budowle	713
12.4	Podstawowe zasady projektowania konstrukcji stalowych na terenach aktywnych sejsmicznie	715
12.5	Zachowanie się połączeń i kryteria ich kształtowania	719
12.6	Zasady oceny nośności	732
12.7	Badania doświadczalne połączeń poddanych obciążeniom cyklicznym	734
Piśmiennictwo		738
13	Kruche pękanie połączeń (Lucjan Ślęczka)	741
13.1	Wprowadzenie	741
13.2	Czynniki wpływające na skłonność do kruchego pękania	741
13.3	Ocena odporności na kruche pękanie za pomocą mechaniki pękania	746
13.4	Zapobieganie kruchemu pękaniu według PN-EN 1993-1-10 [7.77]	748
13.5	Dobór stali ze względu na ciągliwość międzywarstwową	752
13.6	Zalecenia kształtowania połączeń	754
13.7	Przykłady obliczeń	758
Piśmiennictwo		767
14	Wzmacnianie połączeń (Jan Łaguna)	769
14.1	Wstęp	769
14.1.1	Informacje ogólne	769
14.1.2	Zasady projektowania wzmocnień	770
14.1.3	Modele obliczeniowe	771
14.2	Wzmacnianie przekrojów elementów lub części łączonych	772
14.2.1	Wzmacnianie przekrojów elementów lub części rozciąganych osiowo	772
14.2.2	Wzmacnianie przekrojów elementów lub części ściskanych osiowo	773
14.2.3	Wzmacnianie przekrojów elementów lub części zginanych jednokierunkowo	774
14.3	Wzmacnianie połączeń zakładkowych	777
14.4	Wzmacnianie nominalnie przegubowych połączeń belek	779
14.5	Wzmacnianie śrubowych połączeń doczołowych	781
14.6	Wzmacnianie połączeń spawanych	783
14.7	Wzmacnianie połączeń belek ze słupami przez dołączenie skosu	785
14.7.1	Wzmacnianie spawanego węzła belki ze słupem	785
14.7.2	Zamiana węzła belki ze słupem z nominalnie przegubowego na sztywny śrubowymi połączeniami skosu pod pasem dolnym i łącznika do pasa górnego (rys. 14.11b)	787
14.8	Wzmacnianie połączeń z fundamentami	787
14.9	Przykłady obliczeń	789
Piśmiennictwo		806
15	Zasady badań doświadczalnych (Lucjan Ślęczka, Aleksander Kozłowski)	807
15.1	Wprowadzenie	807
15.2	Rodzaje i metody badań doświadczalnych węzłów i połączeń	807
15.3	Stanki i stanowiska badawcze i metodyka pomiarów	817
15.3.1	Stanki i stanowiska badawcze	817
15.3.2	Przyrządy pomiarowe	818

15.3.3	Badania łączników i spoin	820
15.3.4	Badania węzłów ram	821
15.3.5	Badania węzłów kratownic	827
15.3.6	Doświadczalne kryteria nośności	827
15.4	Metodyka badań doświadczalnych	828
15.5	Wyniki badań i ich ocena	831
15.5.1	Wyniki badań	831
15.5.2	Analiza wyników badań	831
Piśmiennictwo		834
Skorowidz ważniejszych pojęć		837