



MINISTERSTWO EDUKACJI
i NAUKI



Anna Kusina

**Projektowanie konstrukcyjne
311[04].Z1.04**

Poradnik dla ucznia

Wydawca

**Instytut Technologii Eksploatacji – Państwowy Instytut Badawczy
Radom 2005**

Recenzenci:

mgr inż. Halina Darecka
mgr inż. Krystyna Stańczyk

Opracowanie redakcyjne:

mgr inż. Katarzyna Maćkowska

Konsultacja:

dr inż. Janusz Figurski
mgr inż. Mirosław Żurek

Korekta:

mgr inż. Mirosław Żurek

Poradnik stanowi obudowę dydaktyczną programu jednostki modułowej **311[04].Z1.04** – **Projektowanie konstrukcyjne** zawartego w modułowym programie nauczania dla zawodu technik budownictwa.

Wydawca

Instytut Technologii Eksploatacji – Państwowy Instytut Badawczy, Radom 2005

SPIS TREŚCI

1. Wprowadzenie	4
2. Wymagania wstępne	5
3. Cele kształcenia	6
4. Materiał nauczania	7
4.1. Zasady projektowania konstrukcji	7
4.1.1. Materiał nauczania	7
4.1.2. Pytania sprawdzające	8
4.1.3. Ćwiczenia	8
4.1.4. Sprawdzian postępów	9
4.2. Nośność muru ściskanego	9
4.2.1. Materiał nauczania	9
4.2.2. Pytania sprawdzające	14
4.2.3. Ćwiczenia	14
4.2.4. Sprawdzian postępów	15
4.3. Wymiarowanie elementów konstrukcji drewnianych	15
4.3.1. Materiał nauczania	15
4.3.2. Pytania sprawdzające	22
4.3.3. Ćwiczenia	22
4.3.4. Sprawdzian postępów	23
4.4. Wymiarowanie elementów konstrukcji stalowych	24
4.4.1. Materiał nauczania	24
4.4.2. Pytania sprawdzające	30
4.4.3. Ćwiczenia	30
4.4.4. Sprawdzian postępów	32
4.5. Połączenia elementów konstrukcji stalowych i drewnianych	32
4.5.1. Materiał nauczania	32
4.5.2. Pytania sprawdzające	37
4.5.3. Ćwiczenia	37
4.5.4. Sprawdzian postępów	38
4.6. Zasady wymiarowania i konstruowania elementów konstrukcji żelbetowych	38
4.6.1. Materiał nauczania	38
4.6.2. Pytania sprawdzające	43
4.6.3. Ćwiczenia	43
4.6.4. Sprawdzian postępów	44
4.7. Projektowanie elementów żelbetowych	44
4.7.1. Materiał nauczania	44
4.7.2. Pytania sprawdzające	45
4.7.3. Ćwiczenia	45
4.7.4. Sprawdzian postępów	46
4.8. Istota i zastosowanie konstrukcji sprężonych w budownictwie	46
4.8.1. Materiał nauczania	46
4.8.2. Pytania sprawdzające	48
4.8.3. Ćwiczenia	48
4.8.4. Sprawdzian postępów	49

4.9. Zasady sporządzania rysunków konstrukcyjnych	49
4.9.1. Materiał nauczania	49
4.9.2. Pytania sprawdzające	56
4.9.3. Ćwiczenia	56
4.9.4. Sprawdzian postępów	57
5. Sprawdzian osiągnięć	58
6. Literatura	62

1. WPROWADZENIE

Poradnik będzie Ci pomocny w przyswajaniu wiedzy związanej z projektowaniem konstrukcji budowlanych oraz sporządzania rysunków konstrukcyjnych.

W poradniku zamieszczono:

- wymagania wstępne, wykaz umiejętności, jakie powinieneś mieć już ukształtowane, abyś bez problemów mógł korzystać z poradnika,
- cele kształcenia, wykaz umiejętności, jakie ukształtujesz podczas pracy z poradnikiem,
- materiał nauczania, „pigułkę” wiadomości teoretycznych niezbędnych do opanowania treści jednostki modułowej,
- zestaw pytań przydatny do sprawdzenia, czy opanowałeś podane treści,
- ćwiczenia, które pozwolą Ci zweryfikować wiadomości teoretyczne oraz ukształtować umiejętności praktyczne,
- sprawdzian postępów, który pozwoli Ci określić zakres poznanej wiedzy. Pozytywny wynik sprawdzianu potwierdzi Twoją wiedzę i umiejętności z tej jednostki modułowej. Wynik negatywny będzie wskazaniem, że powinieneś powtórzyć wiadomości i poprawić umiejętności przy pomocy nauczyciela,
- sprawdzian osiągnięć, przykładowy zestaw pytań testowych, który pozwoli Ci sprawdzić, czy opanowałeś materiał w stopniu umożliwiającym zaliczenie całej jednostki modułowej.
- wykaz literatury uzupełniającej.

Materiał nauczania umieszczony w poradniku zawiera najważniejsze, ujęte w dużym skrócie treści dotyczące omawianych zagadnień. Musisz korzystać także z innych źródeł informacji, a przede wszystkim z podręczników wymienionych w spisie literatury na końcu poradnika.

Szczególnie ważne jest korzystanie na bieżąco z norm dotyczących projektowania konstrukcji budowlanych, zwracanie uwagi na ich aktualność oraz staranność i dokładność wykonywania obliczeń.

2. WYMAGANIA WSTĘPNE

Przystępując do realizacji programu jednostki modułowej powinieneś umieć:

- korzystać z różnych źródeł informacji,
- posługiwać się dokumentacją techniczną,
- posługiwać się podstawowymi pojęciami i terminami z zakresu budownictwa,
- rozpoznawać materiały budowlane do konstrukcji budowlanych, ich cechy fizyczne i mechaniczne,
- rozpoznawać elementy budynku,
- charakteryzować podstawowe pojęcia statyki,
- określać równowagę układu sił działających na konstrukcję,
- rozpoznawać schematy statyczne elementów,
- rozwiązać belkę statycznie wyznaczalną,
- wyznaczać siły w prętach kratownicy metodą analityczną i graficzną,
- rozwiązać belkę ciągłą, statycznie niewyznaczalną,
- obliczać wielkości charakteryzujące przekrój elementu konstrukcji,
- ustalać wartości obciążeń działających na element konstrukcji,
- wyznaczać naprężenia i odkształcenia w elementach budowli,
- stosować układ SI,
- biegle wykonywać obliczenia matematyczne,
- posługiwać się techniką komputerową w zakresie wyszukiwania informacji, wykonywania rysunków, posługiwania się edytorem pisma oraz sporządzania arkusza kalkulacyjnego,
- współpracować w grupie,
- uczestniczyć w dyskusji i prezentacji,
- stosować różne metody i środki porozumiewania się na temat zagadnień technicznych.

3. CELE KSZTAŁCENIA

W wyniku procesu kształcenia uczeń/słuchacz powinien umieć:

- obliczyć nośność muru ściskanego,
- zwymiarować ściskane i zginane elementy konstrukcji drewnianych,
- obliczyć nośność zginanych i ściskanych elementów konstrukcji stalowych,
- zaprojektować połączenia elementów konstrukcji drewnianych i stalowych,
- zastosować zasady wymiarowania i konstruowania elementów konstrukcji żelbetowych,
- zaprojektować ściskany, zginany i ścinany element żelbetowy,
- wykonać obliczenia statyczne i wytrzymałościowe elementów konstrukcji,
- określić istotę, rodzaje i zastosowanie konstrukcji sprężonych,
- wykonać rysunki konstrukcyjne zgodnie z obowiązującymi zasadami,
- skorzystać z norm, katalogów oraz tablic do projektowania konstrukcji,
- zaprojektować konstrukcje budowlane z wykorzystaniem programów komputerowych.

4. MATERIAŁ NAUCZANIA

4.1. Zasady projektowania konstrukcji

4.1.1. Materiał nauczania

Projektowanie konstrukcyjne w budownictwie, czyli projektowanie konstrukcji obiektów budowlanych.

Każdą budowlę wznosi się na podstawie projektu technicznego, w którego skład wchodzi między innymi budowlany projekt konstrukcyjny.

Opracowanie projektu można podzielić na etapy:

1. Kształtowanie konstrukcji.
2. Ustalenie schematów statycznych.
3. Określenie obciążeń.
4. Obliczenie sił przekrojowych.
5. Obliczenie naprężeń i przemieszczeń.
6. Wymiarowanie konstrukcji.
7. Sporządzenie rysunków konstrukcyjnych.

W niniejszym poradniku zawarto wiadomości dotyczące **wymiarowania konstrukcji** oraz **sporządzania rysunków konstrukcyjnych**.

Wymiarowanie konstrukcji polega na sprawdzeniu, czy przy ustalonych siłach przekrojowych, naprężeniach i przemieszczeniach są spełnione warunki bezpieczeństwa konstrukcji.

Dokładność obliczeń statycznych – wymagana dokładność obliczeń do trzech liczb znaczących: np. $0.02847 = 0.0285$

Forma obliczeń statycznych – wymagana jest staranność obliczeń, czytelny i usystematyzowany zapis.

Metody wymiarowania konstrukcji

Konstrukcje budowlane powszechnie wymiaruje się **metodą stanów granicznych**.

Jako graniczny określa się stan, po osiągnięciu którego konstrukcja lub jej element:

- zagraża bezpieczeństwu (stan graniczny nośności),
- przestaje spełniać określone wymagania użytkowe (stan graniczny użytkowania).

Sprawdzenie **stanu granicznego** nośności polega na:

- obliczeniu najniekorzystniejszych wartości sił przekrojowych,
- wstępnym przyjęciu przekrojów elementów konstrukcji,
- porównaniu sił przekrojowych z nośnością elementu, wyznaczona z uwzględnieniem obliczeniowej wytrzymałości materiału.

Sprawdzenie stanu **granicznego użytkowania** (użytkowalności) polega na:

- wyznaczeniu przemieszczeń przy uwzględnieniu charakterystycznych wartości obciążeń,
- porównaniu maksymalnego przemieszczenia z przemieszczeniem granicznym (dopuszczalnym).

Wykonywanie obliczeń statycznych oraz wymiarowanie jest najważniejszą częścią projektu konstrukcyjnego. Szczegółowe wymagania dotyczące obliczeń są określone dla każdego rodzaju konstrukcji (murowe, drewniane, stalowe, żelbetowe) i podane w odpowiednich normach.

Należy zwrócić uwagę na dokładność i staranność wykonywania obliczeń, a przede wszystkim na ich zgodność z **aktualnymi normami**.

Normy do projektowania konstrukcji są często aktualizowane, w związku z tym należy sprawdzać ich aktualność na bieżąco.

Ważnym problemem jest bardzo duża liczba wprowadzanych oznaczeń wielkości (symboli) wykorzystywanych w obliczeniach. Ich szczegółowy opis jest zawarty we wstępie każdej normy i należy, przed przystąpieniem do obliczeń, **bezwzględnie zapoznać się** z nimi.

Obliczenia konstrukcyjne można wykonywać w sposób tradycyjny, jak też dzięki użyciu specjalistycznych programów komputerowych do projektowania konstrukcyjnego. Jest wiele takich programów na rynku, przeznaczonych dla profesjonalistów-projektantów konstrukcji, które pozwalają wykonać pełne obliczenia danej konstrukcji: obliczenia statyczne, wymiarowanie, dobór przekrojów, zestawienie elementów oraz rysunki konstrukcyjne.

W poradniku zamieszczono podstawowe wiadomości związane z projektowaniem elementów konstrukcyjnych. Z uwagi na bardzo duży stopień skomplikowania zasad obliczeń, należy je wykonywać przy pomocy nauczyciela oraz w oparciu o odpowiednie normy, w których znajdują się wzory, tablice, wykresy, nomogramy oraz rysunki pomocnicze.

Tab. 1. Zestaw obowiązujących norm do projektowania konstrukcyjnego

PN-90/B-03000	Projekty budowlane. Obliczenia statyczne
PN-82/B-02000	Obciążenia budowli. Zasady ustalania wartości
PN-82/B-02003	Obciążenia budowli. Obciążenia zmienne technologiczne. Podstawowe obciążenia technologiczne i montażowe
PN-80/B-02010	Obciążenia budowli. Obciążenia w obliczeniach statycznych. Obciążenie śniegiem
PN-80/B-02011	Obciążenia budowli. Obciążenia w obliczeniach statycznych. Obciążenie wiatrem
PN-B-03264:2002	Konstrukcje betonowe, żelbetowe i sprężone. Obliczenia i projektowanie
PN-81/B-03020	Grunty budowlane. Posadowienia bezpośrednie budowli. Obliczenia statyczne i projektowanie
PN-90/B-03200	Konstrukcje stalowe. Obliczenia statyczne i projektowanie
PN-81/B-03150:2000	Konstrukcje drewniane. Obliczenia statyczne i projektowanie
PN-B-03002:1999	Konstrukcje murowe niezbrojone. Projektowanie i obliczanie.

4.1.2. Pytania sprawdzające

Odpowiadając na pytania, sprawdzisz, czy jesteś przygotowany do wykonania ćwiczeń.

1. Jakie rozróżnia się etapy wykonywania projektu konstrukcyjnego?
2. Jaka jest wymagana dokładność obliczeń?
3. Jaką metodą wymiaruje się konstrukcje budowlane?
4. W jaki sposób można scharakteryzować stany graniczne?

4.1.3. Ćwiczenia

Ćwiczenie 1

Sprawdź aktualność wymienionych w tabeli 1 norm do projektowania konstrukcyjnego. Skorzystaj z informacji umieszczonych na stronie Polskiego Komitetu Normalizacyjnego.

Sposób wykonania ćwiczenia

Aby wykonać ćwiczenie powinieneś:

- 1) odszukać w Internecie stronę Polskiego Komitetu Normalizacyjnego,
- 2) przeanalizować zasady wyszukiwania aktualnych norm,

- 3) sprawdzić aktualność wymienionych w tabeli norm z uwzględnieniem ich kolejnych aktualizacji,
- 4) sporządzić notatkę.

Wyposażenie stanowiska pracy:

- wykaz norm,
- komputer z dostępem do Internetu.

Ćwiczenie 2

Na podstawie podręcznika scharakteryzuj metody wymiarowania konstrukcji:

- naprężeń liniowych (NL),
- odkształceń plastycznych (OP),
- stanów granicznych (SG).

Dokonaj porównania tych metod.

Sposób wykonania ćwiczenia

Aby wykonać ćwiczenie powinieneś:

- 1) odszukać w podręczniku potrzebne informacje,
- 2) sporządzić notatkę na temat każdej z wymienionych metod wymiarowania,
- 3) dokonać porównania.

Wyposażenie stanowiska pracy:

- podręcznik.

4.1.4. Sprawdzian postępów

Czy potrafisz:

- 1) rozróżnić etapy wykonywania projektu konstrukcyjnego?
- 2) określić jaka jest wymagana dokładność obliczeń?
- 3) wskazać metodę wymiarowania konstrukcji budowlanych?
- 4) scharakteryzować stany graniczne?
- 5) sprawdzić aktualność norm do obliczeń konstrukcyjnych?

Tak **Nie**

<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

4.2. Nośność muru ściskanego

4.2.1. Materiał nauczania

Konstrukcje murowe buduje się z kamieni naturalnych lub sztucznych, tj. wyrobów ceramicznych lub betonowych, łącząc je na zaprawie cementowej lub cementowo-wapiennej.

Zaprawa układana w spoinach pomiędzy poszczególnymi elementami łączy je ze sobą oraz przejmuje obciążenia, dzięki czemu konstrukcja murowa pracuje jako całość.

Konstrukcje murowe cechuje stosunkowo duża wytrzymałość na ściskanie i znacznie mniejsza na rozciąganie oraz ścinanie.

Podział elementów murowych:

- ze względu na rodzaj materiału: ceramiczne, silikatowe (wapienno-piaskowe), betonowe, z autoklawizowanego betonu komórkowego, z kamienia naturalnego,

- z uwagi na wymagania związane z tolerancją wymiarów: elementy murowe do murowania na spoiny zwykłe (grubości 8÷15 mm) i na spoiny cienkie (grubości 1÷3 mm),
 - ze względu na zawartość otworów rozróżnia się grupy 1, 2 i 3 elementów murowych,
 - w zależności od wymagań kontroli produkcji elementy murowe zalicza się do kategorii I i II.
- Zasady przyporządkowania elementów murowych odpowiednim grupom oraz kategoriom podano w normie.

Wytrzymałość muru zależy od wytrzymałości materiału elementów ściennych oraz zaprawy użytej do murowania. W zależności od wytrzymałości użytej zaprawy, z tego samego materiału można uzyskać mury o różnej nośności.

Rozróżnia się;

- konstrukcje murowe wykonane z drobnowymiarowych elementów łączonych zaprawą,
- konstrukcje murowe zbrojone stalą,
- konstrukcje zespolone (połączenie konstrukcji murowych i żelbetowych).

Konstrukcje murowe projektuje się stosując następujące normy:

- PN-B-03002:1999 – Konstrukcje murowe niezbrojne. Projektowanie i obliczanie ze zmianami Ap1:2001, Az1:2001 i Az2:2002.
- PN-B-03340:1999 – Konstrukcje murowe zbrojone. Projektowanie i obliczanie.

Charakterystyki wytrzymałościowe murów

Podstawową cechą wytrzymałościową materiałów używanych do konstrukcji murowych jest ich **średnia wytrzymałość na ściskanie f_m** . Zależy ona od wytrzymałości średniej (klasy) elementów murowych oraz klasy zaprawy, czyli średniej wytrzymałości zaprawy na ściskanie (podanej w MPa – megapaskalach).

Przy projektowaniu murów należy przyjmować zaprawy cementowe i cementowo-wapienne marek: klasy M1, M2, M5, M10 i M20. Marki zapraw zalecane do stosowania w podstawowych rodzajach konstrukcji murowych podano w normie.

Tab. 2. Wartości wytrzymałości charakterystycznych muru z cegieł ceramicznych pełnych (elementy murowe grupy 1) na ściskanie f_k [MPa] [s. 74]

f_m \ f_b	1	2	5	10	20
5	1.4	1.7	2.1	--	--
10	2.2	2.7	3.3	4.0	--
15	2.9	3.5	4.4	5.2	6.2
20	3.5	4.2	5.2	6.2	7.4
25	4.1	4.8	6.1	7.2	8.6
30	4.6	5.4	6.8	8.1	9.7
40	5.5	6.5	8.2	9.8	11.6

Charakterystyczne wytrzymałości muru przyjmuje się na podstawie normy w zależności od użytych elementów (cegła ceramiczna pełna, cegła wapienno-piaskowa, cegła dziurawka, cegła kratówka, pustaki ceramiczne, bloczki z autoklawizowanego betonu komórkowego, pustaki betonowe, bloki drażnione wapienno-piaskowe).

W normie podano także wytrzymałość charakterystyczna muru na ścinanie i rozciąganie.

Częściowe współczynniki bezpieczeństwa murów

Elementy konstrukcji murowych wymiaruje się metodą stanów granicznych. W obliczeniach uwzględnia się częściowe współczynniki bezpieczeństwa:

- γ_f – dotyczący obciążeń,
- γ_m – dotyczący muru,
- γ_s – dotyczący stali.

Wartości częściowych współczynników bezpieczeństwa γ_m muru ustala się w zależności od kategorii kontroli produkcji elementów murowych oraz od kategorii wykonania robót na budowie.

Dla prostych sytuacji obliczeniowych można przyjąć $\gamma_m = 1.3$, a $\gamma_s = 1.0$.

Wymiarowanie konstrukcji murowych

Sprawdzenie **stanów granicznych nośności** polega na wyznaczeniu miarodajnych przekrojów konstrukcji i wykazaniu, że występujące w nich siły wewnętrzne spowodowane działaniem obciążeń o wartości obliczeniowej nie są większe niż ich nośność określona z uwzględnieniem wytrzymałości obliczeniowych muru.

Stanem granicznym użytkowania konstrukcji murowych jest stan graniczny pojawienia się rys. Sprawdza się go w przypadku elementów zginanych i ściskanych, jeśli wymagana jest szczelność ich warstwy wykończeniowej.

Konstrukcje murowe oblicza się według stanu granicznego nośności oraz ewentualnie sprawdza się możliwość pojawienia się rys.

W miejscach przyłożenia obciążenia skupionego (np. oparcie dźwigara, słupa) należy także sprawdzić nośność muru na docisk miejscowy. Zaleca się wykonanie poduszki betonowej lub żelbetowej bezpośrednio pod obciążeniem skupionym.

Wytrzymałości obliczeniowe muru

Wytrzymałość obliczeniową muru **na ściskanie** f_d potrzebną do sprawdzenia stanu granicznego nośności oblicza się ze wzoru:

Na ściskanie

$$f_d = \frac{f_k}{\gamma_m}$$

gdzie:

f_k – wytrzymałość charakterystyczna muru na ściskanie.

γ_m – współczynniki dotyczący właściwości muru.

W przypadku, gdy pole przekroju elementu konstrukcji murowej jest mniejsze niż 0.30 m^2 , to wytrzymałość obliczeniową należy podzielić przez współczynnik η_A podany w normie, który wynosi: 2.0, 1.43, 1.25 lub 1.0 w zależności od pola przekroju muru w m^2 . Dla pola powierzchni muru $\geq 0.30 \text{ m}^2$, współczynnik η_A wynosi 1.0.

Wymagania konstrukcyjne dotyczące murów i ścian

Wymagania dotyczące murów – elementy murowe powinny być dobrane odpowiednio do rodzaju muru, wiązane w kolejnych warstwach zgodnie z zasadami wiązania (tak, aby ściana zachowywała się jako jeden element konstrukcyjny), z prawidłową grubością i wypełnieniem spoin.

Wymagania ze względu na trwałość konstrukcji – konstrukcje murowe projektuje się **uwzględniając pięć klas warunków środowiskowych**:

- klasa 1 – środowisko suche wewnątrz budynków mieszkalnych i biurowych,
- klasa 2 – środowisko wilgotne wewnątrz pomieszczeń lub środowisko zewnętrzne,
- klasa 3 – środowisko wilgotne z występującym mrozem,
- klasa 4 – środowisko wody morskiej,

- klasa 5 – środowisko agresywne chemicznie.

Szczegółowe zasady klasyfikacji poszczególnych elementów murowych oraz dobór zapraw podaje norma.

Wymagania dotyczące ścian:

- minimalna grubość ścian konstrukcyjnych (nośnych) z muru o wytrzymałości charakterystycznej $f_k \geq 5$ MPa wynosi 100 mm, natomiast o $f_k < 5$ MPa – 150 mm,
- wymiary bruzd i wnęk w ścianach, które mogą być pominięte w obliczeniach podano w normie,
- ściany wzajemnie prostopadłe lub ukośne należy łączyć w sposób zapewniający przekazanie z jednej ściany na drugą obciążeń pionowych i poziomych, co uzyskuje się przez wznoszenie tych ścian jednocześnie. Na wszystkich ścianach należy wykonać wieńce żelbetowe, obiegające w poziomie stropu wszystkie ściany konstrukcyjne w budynku,
- budynek ze ścianami murowanymi należy dzielić na mniejsze segmenty stosując **przerwy dylatacyjne**, przechodzące przez całą konstrukcję od wierzchu fundamentów do dachu. Największe dopuszczalne odległości między przerwami dylatacyjnymi murów ścian zewnętrznych wynoszą: dla murów z elementów ceramicznych: 50 m (mur na zaprawie cementowej) i 60 m (mur na zaprawie cementowo-wapiennej),
- nieocieploną konstrukcję dachu należy oddzielić od ścian konstrukcyjnych budynku w sposób umożliwiający odkształcenia termiczne tej konstrukcji (w przeciwnym przypadku ruchy termiczne konstrukcji dachu spowodują zarysowania ściany),
- przerwy dylatacyjne powinny mieć szerokość co najmniej 20 mm i być wypełnione kitem trwale plastycznym.

Obliczanie nośności muru niezbrojonego

Stan graniczny nośności (nośność) muru niezbrojonego ściskanego o przekroju prostokątnym sprawdza się wg wzoru:

$$N_{sd} \geq N_{Rd},$$

gdzie:

N_{sd} – wartość obliczeniowa pionowego obciążenia ściany,

N_{Rd} – nośność obliczeniowa ściany.

Nośność obliczeniowa ściany

$$N_{Rd} = \phi \cdot A \cdot f_d,$$

gdzie:

f_d – wytrzymałość obliczeniowa muru,

A – pole przekroju poprzecznego muru (w obliczeniach nośności ścian przyjmuje się pasmo muru o szerokości 1 m),

ϕ – współczynnik redukcyjny (wyboczeniowy) zależny mimośrod początkowego $e_o = e_m$, współczynnika smukłości ściany h_{eff}/t oraz czasu trwania obciążenia.

Wartości współczynnika ϕ przyjmuje się z tabeli lub oblicza na podstawie normy. Wartości współczynnika ϕ podano w tablicach w zależności od: smukłości muru h_{eff}/t (gdzie: h_{eff} – wysokość obliczeniowa muru, t – grubość ściany lub jej warstwy) oraz od e_m (mimośród początkowy przyłożenia obciążeń).

Wysokość efektywna (obliczeniowa) ściany:

$$h_{eff} = \rho_h \cdot \rho_n \cdot h,$$

w którym:

ρ_h – współczynnik zależny od przestrzennego usztywnienia budynku,

ρ_n – współczynnik zależny od usztywnienia ściany wzdłuż dwóch, trzech lub czterech krawędzi,

h – wysokość kondygnacji w świetle, czyli odległość między punktami podparcia muru.

Wartość współczynników ϕ , ρ_h , ρ_n podano w normie.

Ścianę (mur) można uważać za usztywnioną poprzecznie wzdłuż krawędzi pionowych, jeżeli jest ona połączona z prostopadłą do niej ścianą:

- z cegły lub pustaków o grubości nie mniejszej niż 120 mm i szerokości nie mniejszej niż $\frac{1}{4}$ wysokości ściany; jeżeli w ścianie usztywniającej występuje otwór okienny lub drzwiowy, wymagane te należy odnosić do szerokości i wysokości filarka,
- z bloczków z betonu komórkowego grubości co najmniej 240 mm (pozostałe warunki jak wyżej),
- żelbetową grubości co najmniej 70 mm i szerokości nie mniejszej niż $\frac{1}{4}$ wysokości ściany,
- zaprojektowaną tak, że krawędź pionowa rozpatrywanej ściany nie może ulegać przemieszczeniom w kierunku poziomym, co można uzyskać za pomocą prawidłowego wiązania muru lub zbrojenia poziomego.

Tab. 3. Największe zalecane smukłości murów nośnych l_0/h

Rodzaj muru	Klasa zaprawy		
	M1 i M2	M4	$\geq M7$
Z cegieł ceramicznych pełnych, cegieł wapienno-piaskowych i pustaków betonowych	18	20	22
Z bloczków z autoklawizowanego betonu komórkowego	14	16	18
Mur zbrojony poprzecznie	11	13	15

Mury zbrojone i zespolone

Nośność konstrukcji murowych niezbrojonych można zwiększyć przez zastosowanie poprzecznego lub podłużnego zbrojenia stalowego.

Mur zbrojony – mur, w którym pręty lub siatka, zwykle stalowe, są umieszczone w zaprawie lub w betonie w taki sposób, że wszystkie materiały składowe wspólnie przenoszą siły wewnętrzne.

Zbrojenie poprzeczne – układane w poziomych spoinach muru stosuje się, aby zwiększyć nośność muru na ściskanie.

Jako zbrojenie poprzeczne stosuje się:

- siatki wiązane lub zgrzewane o oczkach 30 do 100 mm, układane w spoinach w odległości nie większej niż 400 mm,
- pręty wygięty w kształcie wężyka, układane w spoinach w odległości nie większej niż 160 mm.

Mury zbrojone poprzecznie oblicza się zgodnie z normą PN-B/03340:1999. Konstrukcje murowe zbrojone. Projektowanie i obliczanie.

Zbrojenie podłużne konstrukcji murowych jest stosowane w celu zwiększenia wytrzymałości muru na ściskanie, rozciąganie i ścinanie. Umieszcza się je wewnątrz muru w spoinach pionowych (zbrojenie wewnętrzne) lub warstwach przypowierzchniowych (zbrojenie zewnętrzne). Pręty zbrojenia podłużnego należy powiązać ze sobą i z murem strzemionami.

Ściany działowe grubości ćwierć cegły układanej na rąb, o wysokości ponad 2.5 m i rozpiętości pomiędzy ścianami konstrukcyjnymi większej niż 5 m, należy zbroić prętami $\Phi 6$ lub bednarką 1.5 x 25 mm, które powinny być umieszczone nie rzadziej niż w co czwartej spoinie.

Konstrukcje murowe zespolone – stosuje się, gdy wzmocnienie muru zbrojeniem jest niewystarczające, a także w celu zwiększenia izolacyjności termicznej elementów żelbetowych. Cechą konstrukcji jest trwałe zespolenie materiałów – w celu łącznego przenoszenia obciążeń.

4.2.2. Pytania sprawdzające

Odpowiadając na pytania, sprawdzisz, czy jesteś przygotowany do wykonania ćwiczeń.

1. W jaki sposób dzieli się konstrukcje murowe?
2. Od czego zależy wytrzymałość muru?
3. Jakie rozróżnia się rodzaje konstrukcji murowych?
4. W jaki sposób oblicza się wytrzymałość obliczeniową muru?
5. Jakie są wymagania dotyczące ścian?
6. W jaki sposób oblicza się nośność muru niezbrojonego?

4.2.3. Ćwiczenia

Ćwiczenie 1

Oblicz wytrzymałość obliczeniową muru na ściskanie wykonanego z cegły pełnej ceramicznej o wytrzymałości średniej 10 MPa, na zaprawie plastycznej marki M4.

Sposób wykonania ćwiczenia

Aby wykonać ćwiczenie powinieneś:

- 1) odszukać w normie oraz podręczniku potrzebne informacje,
- 2) wypisać potrzebne wzory,
- 3) odszukać potrzebne wielkości w tabelach,
- 4) dokonać obliczeń.

Wyposażenie stanowiska pracy:

- norma do obliczeń konstrukcji murowych,
- podręcznik,
- kalkulator.

Ćwiczenie 2

Oblicz nośność słupa z cegły pełnej ceramicznej o wytrzymałości średniej 10 MPa, na zaprawie marki M4.

Dane:

- przekrój słupa 25 cm x 38 cm,
- wysokości w świetle stropów $l = 280$ cm,
- działająca siła podłużna o wartości obliczeniowej $P = 100$ kN, mimośród siły $e_s = 0$,
- wytrzymałość charakterystyczna na ściskanie muru z cegły pełnej na zaprawie cementowej marki M4 obliczona w ćwiczeniu 1,
- ciężar objętościowy muru wynosi 18.0 kN/m³, a współczynnik obciążenia $\gamma_f = 1.1$.

Wykonując obliczenia korzystaj: z pomocy nauczyciela, z przykładów zamieszczonych w podręczniku oraz z normy.

Sposób wykonania ćwiczenia

Aby wykonać ćwiczenie powinieneś:

- 1) odszukać w normie oraz podręczniku potrzebne informacje,
- 2) wypisać potrzebne wzory,
- 3) odszukać potrzebne wielkości w tabelach,
- 4) wykonać działania:
 - obliczyć wartość obciążenia w połowie wysokości słupa z uwzględnieniem ciężaru słupa,
 - obliczyć wysokość obliczeniową słupa,
 - obliczyć mimośród początkowy obciążenia,
 - sprawdzić stan graniczny nośności.

Wyposażenie stanowiska pracy:

- norma do obliczeń konstrukcji murowych,
- podręcznik,
- kalkulator.

4.2.4. Sprawdzian postępów

Czy potrafisz:

	Tak	Nie
1) określić, w jaki sposób dzieli się konstrukcje murowe?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2) wskazać, od czego zależy wytrzymałość muru?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3) rozróżnić rodzaje konstrukcji murowych?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4) określić wytrzymałość obliczeniową muru?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5) określić wymagania dotyczące ścian?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
6) obliczyć nośność muru niezbrojonego?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

4.3. Wymiarowanie elementów konstrukcji drewnianych

4.3.1. Materiał nauczania

Drewno jest dobrym, lekkim i trwałym materiałem stosowanym w konstrukcjach budowlanych drewnianych. Drewno cechuje się dość dużą wytrzymałością na ściskanie i rozciąganie, przy stosunkowo małym ciężarze elementów konstrukcyjnych – co stanowi szczególnie korzystną jego właściwość.

Drewno jako materiał konstrukcyjny ma bardzo szerokie zastosowanie.

Zalety drewna i konstrukcji drewnianych:

- lekkość,
- odporność na działania korozyjne wielu związków chemicznych,
- dobra izolacyjność cieplna,
- łatwość obróbki i łączenia elementów,
- możliwość przemysłowej produkcji prostego montażu w dowolnej porze roku,
- łatwość wzmacniania i przebudowy,
- małe prawdopodobieństwo uszkodzeń w czasie transportu i montażu,
- możliwość rozebrania konstrukcji i odzyskania materiału.

Wady drewna i konstrukcji drewnianych:

- niejednorodność i anizotropowość materiału (różne właściwości wytrzymałościowe drewna wzdłuż i w poprzek włókien),
- łatwopalność,
- korozja biologiczna, czyli podatność na niszczące działanie wilgoci i szkodników biologicznych: owadów, grzybów, pleśni.

Znaczną część wad drewna można wyeliminować w konstrukcji dzięki dbałości o dobrą jakość wykonania, zastosowania odpowiedniej jakości drewna i połączeń, stosowaniu odpowiednich środków ochrony drewna, starannej konserwacji oraz prawidłowym warunkom użytkowania.

Trwałość konstrukcji

W celu zapewnienia właściwej trwałości konstrukcji należy uwzględnić następujące czynniki:

- warunki użytkowania konstrukcji w trakcie wymaganego okresu przydatności użytkowej,
- kryteria wymaganego zachowania się konstrukcji,
- oczekiwane warunki środowiskowe,
- budowa, właściwości i zachowanie się materiałów,
- kształt elementów i ich szczegóły konstrukcyjne,
- jakość wykonania i poziom kontroli,
- środki ochrony.

Materiały

Drewno lite

W konstrukcjach drewnianych należy stosować drewno iglaste sklasyfikowane wytrzymałościowo.

Rozróżnia się następujące **klasy drewna konstrukcyjnego**: C24, C30, C35, C40. Liczba przy literze C – oznacza wytrzymałość charakterystyczną drewna na zginanie w N/mm^2 (MPa).

Wilgotność drewna stosowanego na elementy konstrukcyjne nie powinna przekraczać:

- 18% – w konstrukcjach chronionych przed zawilgoceniem,
- 23% – w konstrukcjach pracujących na otwartym powietrzu.

Drewno klejone warstwowo

Klasy drewna klejonego: GL24, GL30, GL35, GL40.

Wilgotność drewna stosowanego na elementy klejone warstwowo nie powinna przekraczać 15%.

Właściwości wytrzymałościowe drewna

Cechy wytrzymałościowe drewna zależą od jego gatunku, budowy, wad, wilgotności i temperatury. Ponieważ jest to materiał niejednorodny – anizotropowy, jego właściwości mechaniczne i fizyczne są różne w zależności od rozpatrywanego miejsca i kierunku.

Rozróżnia się **wytrzymałość wzdłuż i w poprzek włókien**.

Drewno ma dużą **wytrzymałość na rozciąganie** wzdłuż włókien ($f_{t,0,k}$). Na wytrzymałość tę niekorzystnie wpływają sęki i ukośny przebieg włókien drewna. **Wytrzymałość na rozciąganie w poprzek włókien** ($f_{t,90,k}$) jest bardzo mała i wynosi zaledwie 2÷2.5% wytrzymałości na rozciąganie wzdłuż włókien.

Wytrzymałość na ściskanie wzdłuż włókien jest to najbardziej stała cecha, mało zależna od wad drewna. ($f_{c,0,k}$); wytrzymałość na ściskanie w poprzek włókien – $f_{c,90,k}$.

Wytrzymałość na zginanie ($f_{m,k}$) – zależy od liczby sęków i ich rozmieszczenia, układu włókien w strefie rozciąganej i kształtu przekroju poprzecznego belki. Belka z dużymi sękami

rozmieszczonymi na rozciąganej krawędzi ma wytrzymałość na zginanie zmniejszoną nawet o 50% w stosunku do belki bez wad.

Wytrzymałość na ścinanie – zależy przede wszystkim od kierunku działania sił ($f_{v,k}$). Drewno jest materiałem o dużej odkształcalności, której miarą jest **współczynnik sprężystości** ($E_{0,mean}$ i $E_{90,mean}$), zależny od kierunku włókien.

Wartości charakterystyczne wytrzymałości drewna podane są w normie. Poniżej podano przykładowe wytrzymałości charakterystyczne dla drewna klasy C30.

Tab. 4. Wytrzymałości charakterystyczne dla drewna konstrukcyjnego klasy C30 o wilgotności 12%

Rodzaje właściwości	Oznaczenia	Klasa drewna C30
Wytrzymałość [MPa]		
Zginanie	$f_{m,k}$	30
Rozciąganie wzdłuż włókien	$f_{t,0,k}$	18
Rozciąganie w poprzek włókien	$f_{t,90,k}$	0.4
Ściskanie wzdłuż włókien	$f_{c,0,k}$	23
Ściskanie w poprzek włókien	$f_{c,90,k}$	5.7
Ścinanie	$f_{v,k}$	3.0
Średni moduł sprężystości wzdłuż włókien	$E_{0,mean}$	12

Wartości obliczeniowe wytrzymałości drewna określa się według wzoru:

$$fd = \frac{k_{mod} \cdot f_k}{\gamma_M},$$

gdzie:

γ_M – częściowy współczynnik bezpieczeństwa dla właściwości drewna i materiałów drewnopochodnych (tabela 3.2.2 – norma),

k_{mod} – częściowy współczynnik modyfikacyjny, uwzględniający wpływ na właściwości wytrzymałościowe czasu trwania obciążenia i zawartości wilgoci w konstrukcji, zależny od klasy użytkowania konstrukcji i od klasy trwania obciążenia (w normie tabela 3.2.5).

Klasy użytkowania konstrukcji

Klasa użytkowania 1 charakteryzuje się zawartością wilgoci w materiale odpowiadającą temperaturze 20°C i wilgotnością względną otaczającego powietrza przekraczającą 65% tylko przez kilka tygodni w roku (przeciętna zawartość wilgoci w drewnie iglastym nie przekracza 12%).

Klasa użytkowania 2 charakteryzuje się zawartością wilgoci w materiale odpowiadającą temperaturze 20°C i wilgotnością względną otaczającego powietrza przekraczającą 85% tylko przez kilka tygodni w roku (przeciętna zawartość wilgoci w drewnie iglastym nie przekracza 20%).

Klasa użytkowania 3 odpowiada warunkom powodującym wilgotność drewna wyższą niż odpowiadającą klasie użytkowania 2.

System klas użytkowania ma na celu określenie wartości wytrzymałościowych i obliczenie przemieszczeń w zadanych warunkach wilgotnościowych.

Klasy trwania obciążenia – określone są w normie (tabela 3.2.4) dla różnego rodzaju obciążeń z uwzględnieniem trwania obciążenia w czasie.

Współczynniki modyfikacyjne k_{mod} – określone są dla klas użytkowania konstrukcji i klas trwania obciążenia.

Wymiarowanie elementów konstrukcji drewnianych

Elementy konstrukcji drewnianych wymiaruje się metodą stanów granicznych, sprawdzając stan **graniczny nośności** i stan graniczny **użytkowania (użytkowności)**.

Do **stanów granicznych nośności konstrukcji drewnianych** należą:

- wyczerpanie nośności miarodajnych przekrojów lub fragmentów konstrukcji,
- utrata stateczności ściskanych elementów konstrukcji nośnej lub elementów usztywniających konstrukcję,
- utrata nośności połączeń elementów konstrukcji.

Sprawdzenie stanów granicznych użytkowności polega na sprawdzeniu, czy przemieszczenia konstrukcji nie ograniczają możliwości jej użytkowania.

Elementy rozciągane osiowo (rozciąganie równoległe do włókien)

Drewniane elementy rozciągane osiowo występują najczęściej jako pręty dźwigarów i stężeń kratowych.

Przy rozciąganiu równoległym do włókien należy spełnić następujący warunek:

$$\sigma_{t,0,d} = \frac{N}{A_n} \leq f_{t,0,d},$$

w którym:

A_n – powierzchnia przekroju rozciąganego netto, w mm^2 ,

$f_{t,0,d}$ – obliczeniowa wytrzymałość na rozciąganie, w MPa,

N – osiowa siła rozciągająca, w N.

Przykład:

Sprawdzić naprężenia w rozciągającym pręcie kratownicy, w którym występuje siła rozciągająca:

Dane:

- przekrój pręta kwadratowy 12 cm x 12 cm,
- drewno klasy C30,
- siła rozciągająca $N = 100 \text{ kN}$

Kolejność wykonania działań:

1. Obliczyć wytrzymałość obliczeniową drewna na rozciąganie wzdłuż włókien:

- odczytać wartość wytrzymałości charakterystycznej $f_{t,0,k} = 18 \text{ MPa}$,
- odczytać z normy współczynnik modyfikacyjny $k_{\text{mod}} = 0.60$ (klasa użytkowania 1, drewno lite, klasa trwania obciążenia: stałe),
- odczytać z normy częściowy współczynnik bezpieczeństwa dla materiału $\gamma_M = 1.3$ (stany graniczne nośności, kombinacje podstawowe, drewno i materiały drewnopochodne),
- obliczyć wytrzymałość obliczeniową.

$$f_{t,0,d} = \frac{k_{\text{mod}} \cdot f_k}{\gamma_M} = \frac{0.60 \cdot 18}{1.3} = 8.31 \text{ MPa}$$

2. Obliczyć pole powierzchni przekroju [mm^2]

$$A_n = 120 \cdot 120 = 14400 \text{ mm}^2$$

3. Sprawdzić naprężenia:

$$\sigma_{t,0,d} = \frac{N}{A_n} = \frac{10000}{14400} = 6.94 \text{ MPa} \leq f_{t,0,d} = 8.31 \text{ MPa}$$

Wniosek: pręt jest prawidłowo zaprojektowany; naprężenia nie przekraczają wytrzymałości drewna C30 na rozciąganie.

Elementy rozciągane osiowo wykonuje się z przekrojów dowolnych: kwadratowych, prostokątnych, okrągłych oraz złożonych.

Elementy ściskane osiowo (ściskanie równoległe do włókien)

Drewniane elementy ściskane występują jako części złożonego ustroju konstrukcyjnego (pręty ściskane kratownic) lub jako wyodrębnione elementy nośne, tj. słupy. Elementy ściskane mogą być pojedyncze lub złożone.

Wymiarowanie prętów pojedynczych ściskanych osiowo polega na sprawdzeniu naprężeń występujących w przyjętym przekroju poprzecznym pręta. Naprężenie oblicza się z uwzględnieniem wpływu wybočenja.

Przy ściskaniu równoległym do włókien należy spełnić następujący warunek

$$\sigma_{c,0,d} = \frac{N}{k_c \cdot A_d} \leq f_{c,0,d},$$

w którym:

A_d – powierzchnia obliczeniowa przekroju, w mm^2 , $A_d = A_n$ – jeśli przekrój nie jest osłabiony wycięciami ani otworami,

$f_{c,0,d}$ – obliczeniowa wytrzymałość na ściskanie, w MPa,

N – osiowa siła ściskająca, w N,

k_c – współczynnik wyboczeńiowy.

Współczynnik wyboczeńiowy k_c przyjmuje wartości < 1 , a oblicza się go uwzględniając klasę drewna oraz smukłość pręta, korzystając z wzorów zamieszczonych w normie (4.2.1).

Smukłość pręta λ zależy od przekroju poprzecznego (promienia bezwładności) oraz długości wyboczeńiowej (zależnej od sposobu podparcia pręta i jego długości).

Nośność elementu ściskanego

$$N_d = f_{c,0,d} \cdot A_d \cdot k_c$$

Przekroje drewnianych elementów ściskanych

– pojedyncze (jednolite) – przekrój kwadratowy, okrągły i inne,

– złożone – składają się z kilku współpracujących ze sobą elementów składowych połączonych łącznikami mechanicznymi lub klejem.

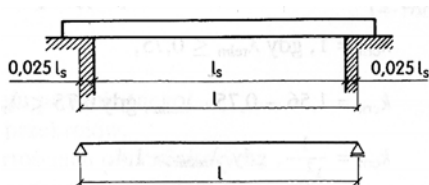
Współpracę elementów składowych prętów złożonych zapewnia się stosując odpowiednio wiele łączników. W razie stosowania złączy klejonych pręty złożone można obliczać jak jednolite.

Elementy zginane

Drewniane elementy zginane występują w wielu rodzajach konstrukcji budowlanych. Zalicza się do nich: belki i podciągry stropowe, rygle ram i ścian, łąty, krokwie i płatwie dachowe, belki policzkowe i spocznikowe schodów. Elementy zginane mogą być wykonane jako jednolite pełnościennie, złożone oraz kratowe.

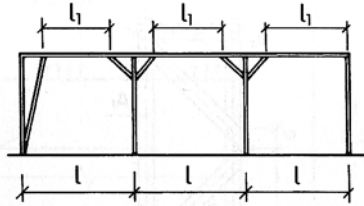
Schemat statyczny – belka wolno podparta, wspornikowa lub wieloprzęsłowa (ciągła).

Rozpiętość teoretyczną (obliczeniową) belki wolno podpartej:



Rys. 1. Rozpiętość obliczeniowa belki swobodnie podpartej [5, s. 143]

Punkty podparcia belek ciągłych przyjmuje się w osi podpór pośrednich. Jeśli belki (np. płatwie) są podparte mieczami, to punkty podparcia można przyjąć na przecięciu osi belki i miecza, a belkę można obliczać jako swobodnie podparta o rozpiętości l_1 .



Rys. 2. Belki i płatwie podparte mieczami [5, s. 144]

Stan graniczny nośności zginanych jednolitych belek pełnościennych oblicza się w następujący sposób:

Naprężenia normalne (w płaszczyźnie pionowej)

$$\sigma_{m,d} = \frac{M_x}{W_x} \leq k_{crit} \cdot f_{m,d}$$

gdzie:

$f_{m,d}$ – wytrzymałość obliczeniowa drewna na zginanie [MPa],

M_x – moment zginający i siła poprzeczna obliczone z uwzględnieniem obliczeniowych wartości obciążeń,

W_x – wskaźnik wytrzymałości przekroju względem osi poziomej x ,

k_{crit} – współczynnik stateczności giętej (zwichrzenia).

Dla belek, które w strefie ściskanej przekroju są zabezpieczone na całej swojej długości przed przemieszczeniami bocznymi, a na podporach – przed skręcaniem, można obliczać bez uwzględniania zwichrzenia, przyjmując $k_{crit} = 1$.

Naprężenia styczne w przekroju prostokątnym

$$\tau_d = \frac{1.5 \cdot V}{b \cdot h} \leq f_{vd}$$

gdzie:

V – siła poprzeczna o wartości obliczeniowej,

b, h – szerokość i wysokość przekroju belki,

f_{vd} – wytrzymałość obliczeniowa drewna na ścinanie.

Naprężenia styczne od ścinania sprawdza się w miejscach występowania dużych sił poprzecznych (przy podporach, pod siłami skupionymi) lub w miejscach zmiany przekroju belki (np. podcięcie).

Stan graniczny użyteczności – obliczenie belek według stanu granicznego użyteczności polega na wykazaniu, że obliczone ugięcie (przesunięcie) wywołane działaniem obciążeń o wartości charakterystycznej nie ogranicza możliwości użytkowania konstrukcji, tj. nie jest większe od wartości granicznej (dopuszczalnej)

Ugięcie belki wolno podpartej od obciążeń równomiernie rozłożonych oblicza się według wzoru.

Dla belek o stosunku $l/h > 20$:

$$u_{ins} = u_M = \frac{5 \cdot q \cdot l^4}{384 \cdot E \cdot I}$$

u_{ins} – przesunięcie, ugięcie,

u_M – ugięcie belki swobodnie podpartej wywołane działaniem momentu zginającego,

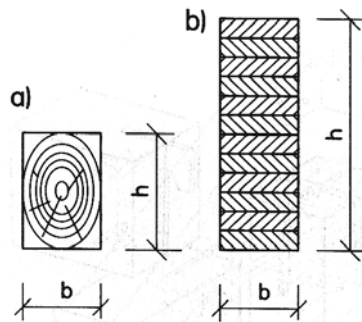
q – wartość charakterystyczna obciążenia,
 E_{man} – średni moduł sprężystości drewna,
 I – moment bezwładności przekroju poprzecznego belki.

Wartości ugięć granicznych zależne są od rodzaju elementów i rodzaju obciążenia. I tak np. dla elementów stropów tynkowanych, przy obciążeniu stałym i zmiennym $u_{\text{fin}} = l/300$.

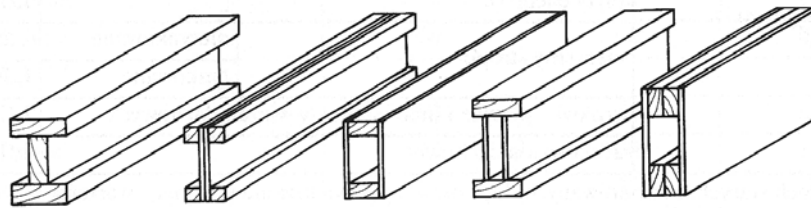
Przekroje belek zginanych:

- jednolite: przekrój prostokątny, rzadko kwadratowy,
- złożone: dwuteowniki, przekroje skrzynkowe, belki kratowe.

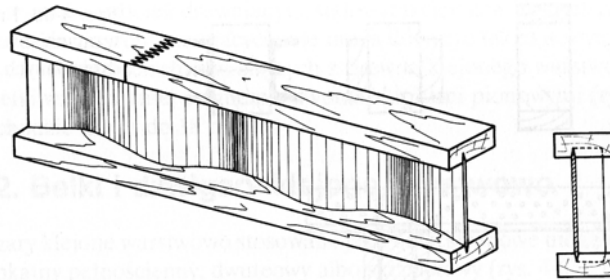
Przykłady różnych przekrojów belek



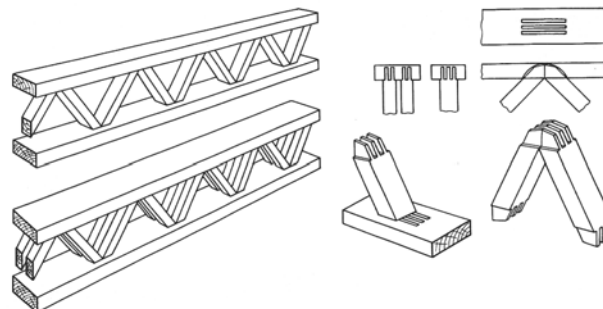
Rys. 3. Przekroje belek prostokątnych: a) jednolitej, b) klejonej warstwowo [5, s. 168]



Rys. 4. Belki o przekrojach złożonych [5, s. 148]



Rys. 5. Belka dwuteowa z falistym środkiem ze sklejkki [5, s. 169]



Rys. 6. Dźwigary kratowe o pasach równoległych [5, s. 168]

4.3.2. Pytania sprawdzające

Odpowiadając na pytania, sprawdzisz, czy jesteś przygotowany do wykonania ćwiczeń.

1. Jakie są zalety i wady drewna?
2. Jak różni się klasy drewna konstrukcyjnego?
3. Jakie są właściwości wytrzymałościowe drewna?
4. W jaki sposób oblicza się wartość obliczeniową wytrzymałości drewna?
5. W jaki sposób określa się klasę użytkowania konstrukcji?
6. Jakie są zasady obliczania nośności prętów rozciąganych osiowo, ściskanych osiowo i zginanych?
7. W jaki sposób oblicza się ugięcie belki zginanej?
8. Jakie przekroje stosuje się na elementy rozciągane, ściskane oraz zginane?

4.3.3. Ćwiczenia

Ćwiczenie 1

Oblicz wytrzymałość obliczeniową drewna C30 na rozciąganie wzdłuż włókien, przy uwzględnieniu 2 klasy użytkowania konstrukcji.

Sposób wykonania ćwiczenia

Aby wykonać ćwiczenie powinieneś:

- 1) odszukać w normie oraz podręczniku potrzebne informacje,
- 2) wypisać potrzebne wzory,
- 3) odszukać potrzebne wielkości w tabelach,
- 4) dokonać obliczeń.

Wyposażenie stanowiska pracy:

- norma do obliczeń konstrukcji drewnianych,
- podręcznik,
- kalkulator.

Ćwiczenie 2

Oblicz nośność ściskanego osiowo słupa podpierającego konstrukcję dachu.

Dane:

- przekrój okrągły o średnicy $D = 14 \text{ cm}$,
- długość pręta $l = 3.0 \text{ m}$,
- sposób podparcia – obustronnie przegubowo,
- współczynnik wyboczeniowy $k_c = 0.435$,
- drewno klasy C30, wytrzymałość charakterystyczna na ściskanie wzdłuż włókien $f_{c,0,k} = 14.15 \text{ MPa}$,

Wykonując obliczenia powinieneś korzystać: z pomocy nauczyciela, z przykładów zamieszczonych w podręczniku oraz z normy.

Sposób wykonania ćwiczenia

Aby wykonać ćwiczenie powinieneś:

- 1) odszukać w normie oraz podręczniku potrzebne informacje,
- 2) wypisać potrzebne wzory,

- 3) odszukać potrzebne wielkości w tabelach,
- 4) wykonać obliczenia.

Wyposażenie stanowiska pracy:

- norma do obliczeń konstrukcji drewnianych,
- podręcznik,
- kalkulator.

Ćwiczenie 3

Sprawdź naprężenia i ugięcia belki stropu zwykłego ze ślepym pałapem.

Dane:

- belka wolno podparta,
- obciążenie ciągłe równomiernie rozłożone: wartość charakterystyczna $q_k = 3.0 \text{ kN/m}$, wartość obliczeniowa $q = 3.6 \text{ kN/m}$,
- rozpiętość obliczeniowa $l = 4.0 \text{ m}$,
- przekrój belki $16 \text{ cm} \times 20 \text{ cm}$,
- strop otynkowany,
- drewno klasy C30.

Wykonując obliczenia powinieneś korzystać: z pomocy nauczyciela, z przykładów zamieszczonych w podręczniku oraz z normy.

Sposób wykonania ćwiczenia

Aby wykonać ćwiczenie powinieneś:

- 1) wykonać szkic przekroju stropu,
- 2) odszukać w normie oraz podręczniku potrzebne informacje,
- 3) wypisać potrzebne wzory,
- 4) odszukać potrzebne wielkości w tabelach,
- 5) wykonać obliczenia.

Wyposażenie stanowiska pracy:

- norma do obliczeń konstrukcji drewnianych,
- podręcznik,
- kalkulator.

4.3.4. Sprawdzian postępów

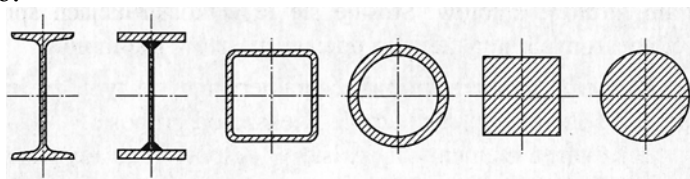
Czy potrafisz:

	Tak	Nie
1) wskazać zalety i wady drewna jako materiału konstrukcyjnego?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2) rozróżnić klasy drewna konstrukcyjnego?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3) określić właściwości wytrzymałościowe drewna?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4) określić zasady obliczania wytrzymałości obliczeniowej drewna?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5) określić klasę użytkowania konstrukcji?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
6) obliczyć nośność drewnianych prętów rozciąganych osiowo, ściskanych osiowo i zginanych?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
7) obliczyć ugięcie belki?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
8) wskazać, jakie przekroje stosuje się do wykonania elementów rozciąganych, ściskanych i zginanych?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

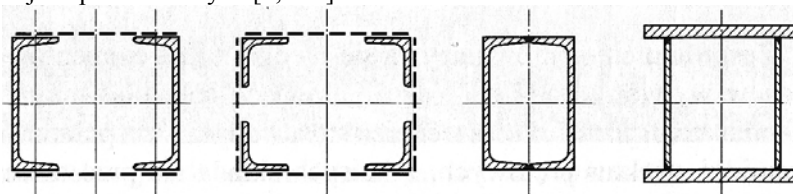
4.4. Wymiarowanie elementów konstrukcji stalowych

4.4.1. Materiał nauczania

Konstrukcje stalowe są to połączone ze sobą płaskie lub przestrzenne elementy nośne (konstrukcyjne), wykonane ze stali. W konstrukcjach stalowych występują przede wszystkim elementy prętowe (pręty), ale także elementy powierzchniowe (płyty, tarcze, powłoki) oraz ciągną. Elementy prętowe są to: belki, słupy, elementy kratownic i ram, tężniki, płatwie i ściągi. Rozróżnia się pręty o przekrojach jednolitych pełnościennych i złożonych. Najczęściej stosowane są kształtowniki walcowane na gorąco oraz elementy z blach łączone za pomocą spawania. W lekkich konstrukcjach stalowych stosuje się również pręty cienkościennie profilowane na zimno.



Rys. 7. Pręty o przekrojach pełnościennych [7, s. 5]



Rys. 8. Pręty o przekrojach złożonych [7, s. 5]

Materiały i wyroby

Stal jest to obrabialny plastycznie stop żelaza z węglem (którego zawiera mniej niż 2%) i innymi pierwiastkami.

Podział stali:

- ze względu na skład chemiczny: stale niestopowe i stale stopowe,
- ze względu na przeznaczenie: stal konstrukcyjna, narzędziowa, i stal o specjalnych właściwościach fizycznych.

Do budowlanych konstrukcji stalowych stosuje się stal:

- niestopową konstrukcyjną zwykłej jakości (gatunki: St0S, St3SX, St3SY, St4VX, St4VY, St4V, St4W)
- niestopową o szczególnym przeznaczeniu (gatunki: R, R35, 12X),
- niskostopową o podwyższonej wytrzymałości (gatunki: 18G2, 18G2A, 18G2AV),
- trudno rdzewiejącą (stal niskostopowa o podwyższonej odporności na korozję atmosferyczną, gatunki: 10H, 10HA, 10HNAP, 12HIJA, 12PJA, 12HNNbA).

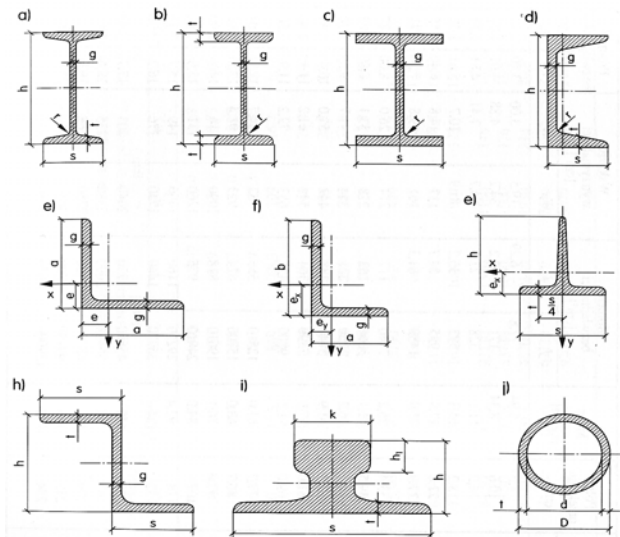
Wyroby hutnicze stosowane w konstrukcjach stalowych

Wyroby walcowane: blachy, kształtowniki, pręty, taśmy, rury.

Kształtowniki walcowane na gorąco: dwuteowniki, ceowniki, kątowniki, teowniki, zetowniki, szyny, rury, kształtowniki okienne.

Rozróżnia się dwuteowniki: normalne (oznaczenie np. I 200), równoległocienne (np. I PE 200), oraz szerokostopowe (np. I HEB 200 lub I HEA 200).

Charakterystyki przekroju poprzecznego kształtowników stalowych podano w tabelach profili walcowanych.



Rys. 9. Kształtowniki stalowe walcowane na gorąco: a) dwuteownik zwykły, b) dwuteownik równoległościenny, c) dwuteownik szerokostopowy, d) ceownik, e) kątownik równoramienny, f) kątownik nierównoramienny, g) teownik, h) zetownik, i) szyna, j) rura [7, s. 27]

Blachy grube (od 5 mm) i **cienne** (do 4.75 mm), **taśmy**, **blachy uniwersalne**, **pręty płaskie (płaskowniki)** – stosowane są przede wszystkim do wytwarzania różnych elementów konstrukcyjnych.

Inne materiały i wyroby: śruby, podkładki, nakrętki, nity, kołki wstrzeliwane, np. Hilti, elektrody.

Wymiarowanie konstrukcji stalowych

Konstrukcje stalowe wymiaruje się metodą stanów granicznych na podstawie normy PN-90/B-03200. Konstrukcje stalowe. Obliczenia statyczne i projektowanie.

Stany graniczne nośności obejmują przede wszystkim zniszczenie najbardziej wyężonych przekrojów lub części konstrukcji oraz utratę stateczności części lub całości konstrukcji.

Sprawdzenie polega na porównaniu naprężeń obliczeniowych (σ , τ) z odpowiednią wytrzymałością obliczeniową stali (f_d , f_{dv}).

$$\sigma \leq f_d \quad \tau \leq f_{dv}$$

Podczas wymiarowania konstrukcji stalowych należy uwzględnić możliwość utraty stateczności elementów konstrukcji, a nawet całych konstrukcji.

Rozróżnia się:

- utratę stateczności ogólnej prętów ściskanych (zwaną wyboczeniem), które polega na wygięciu pręta w płaszczyźnie odpowiadającej najmniejszej sztywności przekroju,
- utratę stateczności ogólnej, zwaną zwichrzeniem, polegającą na równoczesnym wygięciu belki w płaszczyźnie poziomej i skręceniu,
- utratę stateczności miejscowej ścianek przekroju elementów ściskanych lub zginanych, w strefie naprężeń ściskających lub ścinających, polegającą na lokalnym wybrzuszeniu, pofalowaniu lub zwichrowaniu.

Stany graniczne użytkowania obejmują nadmierne ugięcie lub drgania konstrukcji.

$$a \leq a_{gr}$$

Graniczne ugięcia elementów konstrukcji stalowych podano w tabeli 4 w normie.

Klasyfikacja przekrojów elementów konstrukcyjnych

Wprowadzono 4 klasy przekrojów poprzecznych elementów konstrukcyjnych, które wyrażają stopień odporności elementu na miejscową utratę stateczności jego ścianek (wyboczenie miejscowe). Ścianki elementów konstrukcyjnych o przekrojach klasy 1, 2 i 3 nie tracą stateczności miejscowej.

Przekroje klasy 4 są wrażliwe na miejscową utratę stateczności i ścianki takich prętów mogą ulec wyboczeniu miejscowemu (wybrzuszeniu, zwichrowaniu).

Klasę przekroju ustala się w zależności od warunków podparcia, rozkładu naprężeń normalnych i smukłości ścianek (b/t). Dla przekrojów dwuteowych i ceowych należy oddzielnie rozpatrzeć smukłości środnika i pasów (stoppek).

Warunki klasyfikacji przekrojów elementów konstrukcji stalowych podano w tabeli w normie.

Przykład:

Sprawdzić klasę przekroju słupa ściskanego osiowo, wykonanego z dwuteownika równoległościennego I PE 300 ze stali St3S. Z tabeli odczytano niezbędne cechy geometryczne przekroju: $h = 300$ mm, $s = 150$ mm, $g = 7.1$ mm, $t = 10.7$ mm, $r = 15$ mm.

$f_d = 215$ MPa, więc $\varepsilon = 1$. Przy ściskaniu osiowym występuje równomierny rozkład naprężeń w całym przekroju (w stopkach i w środniku).

Warunek geometryczny ścianki środnika

$$\frac{b}{t} = \frac{h - 2(t + r)}{g} = \frac{300 - 2(10.7 + 15.0)}{7.1} = 35.01 < 39\varepsilon$$

Warunek geometryczny stopki

$$\frac{b}{t} = \frac{0.5(s - g - 2r)}{t} = \frac{0.5(150 - 7.1 - 2 \cdot 15)}{10.7} = 5.28 < 10\varepsilon$$

Przekrój sprawdzanego dwuteownika spełnia warunki dotyczące przekrojów klasy 2.

Elementy rozciągane osiowo

Elementy konstrukcji stalowych rozciągane osiowo występują głównie jako pręty kratownic. Smukłość prętów rozciąganych $\lambda = l/i$ (gdzie: l – długość pręta, i – najmniejszy promień bezwładności przekroju poprzecznego) nie jest ograniczona. Ograniczenia smukłości dotyczą tylko prętów obciążonych dynamicznie.

Tab. 5. Obliczanie elementów rozciąganych osiowo [8, s. 12]

Wzory	Objaśnienia
<p>Nośność obliczeniowa przekroju</p> $N_{Rt} = A \cdot f_d \text{ lub } N_{Rt} = A_{\psi} \cdot f_d \quad (\text{N31}) (\text{N32})$	<p>N — siła podłużna rozciągająca o wartości obliczeniowej</p> <p>N_{Rt} — nośność obliczeniowa przekroju elementu rozciąganego</p>
<p>Sprawdzenie nośności elementów</p> $N \leq N_{Rt} \text{ lub } \frac{N}{N_{Rt}} \leq 1 \quad (\text{N31})$	<p>A — pole przekroju (brutto) elementu</p> <p>A_{ψ} — sprowadzone pole przekroju</p> <p>f_d — wytrzymałość obliczeniowa stali (wg tab. 2-1*)</p>
<p>Sprowadzone pole przekroju pojedynczego elementu (ścianki, blachy) osłabione otworami na łączniki</p> $A_{\psi} = A_n \frac{0,8 R_m}{R_e} \leq A \quad (\text{N5})$	<p>A_n — pole najmniejszego płaskiego lub łamanego przekroju netto osłabionego otworami</p> <p>R_e, R_m — właściwości wytrzymałościowe stali (wg tab. 2-1*)</p>
<p>Sprowadzone pole przekroju kształownika osłabionego otworami</p> $A_{\psi} = \sum A_{i\psi} \quad (\text{N6})$	<p>$A_{i\psi}$ — sprowadzone pole przekroju każdej i-tej ścianki kształownika</p> <p>$A_{1\psi}$ — sprowadzone pole przekroju części przylgowej kształownika</p>
<p>Sprowadzone pole przekroju kształownika osłabionego otworem tylko na 1 łącznik</p> $A_{\psi} = A_{1\psi} \quad (\text{N30})$	<p>A_1 — pole przekroju części przylgowej kształownika (brutto — w obliczeniach połączeń spawanych, netto — w obliczeniach połączeń śrubowych)</p>
<p>Sprowadzone pole przekroju mimośrodowo zamocowanych pojedynczych kątowników, ceowników, teowników itp.</p> $A_{\psi} = A_1 + \frac{3A_1 \cdot A_2}{3A_1 + A_2} \quad (\text{N29})$	<p>A_2 — pole przekroju części odstającej kształownika</p>

Przykład:

Zaprojektować pręt stalowego dźwigara kratowego z 2 kątowników równoramiennych, ze stali St3SX, rozciągany siłą $N = 170 \text{ kN}$.

Wytrzymałość obliczeniowa stali $f_d = 215 \text{ MPa}$.

Nośność obliczeniowa przekroju

$$N \leq f_d \cdot A,$$

zatem potrzebne pole przekroju poprzecznego

$$A \geq \frac{N}{f_d} = \frac{170}{215} = 7.91 \text{ cm}^2$$

Przyjęto 2 kątowniki $45 \times 45 \times 5$, $A = 2 \times 4.30 = 8.60 \text{ cm}^2 > 7.90 \text{ cm}^2$.

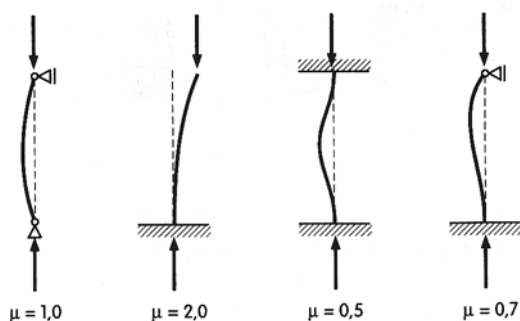
Elementy ściskane osiowo

Elementy ściskane osiowo występują głównie jako pręty kratownic, stężeń lub słupy.

Obliczanie stalowych prętów ściskanych należy poprzedzić ustaleniem klasy przekroju poprzecznego pręta, określeniem długości wyboczeniowej l_w oraz smukłości pręta λ .

Długość wyboczeniowa prętów ściskanych zależy od sposobu i podatności podparcia lub zamocowania końców pręta oraz od długości pręta mierzonej w osiach podpór lub między teoretycznymi węzłami konstrukcji.

Na rysunku poniżej przedstawiono wartości współczynników długości wyboczeniowej μ prętów o stałym przekroju i najprostszymi schematami podparcia końców pręta.



Rys. 10. Współczynniki długości wyboczeniowej [7, s. 60]

Do sprawdzenia nośności pręta ściskanego konieczne jest wyznaczenie wartości współczynnika wyboczeniowego φ , którą odczytuje się z tablicy 11 w normie.

Tab. 6. Obliczanie elementów pojedynczych ściskanych osiowo [8, s. 18]

Wzory	Objaśnienia
<p>Nośność obliczeniowa przekroju</p> $N_{Rc} = \psi \cdot A \cdot f_d \quad (N33)$ <p>gdzie: $\psi = 1$ — jeśli przekrój jest klasy 1.+3. $\psi = \varphi_p$ — jeśli przekrój jest klasy 4.</p>	<p>A — pole przekroju poprzecznego elementu</p> <p>f_d — wytrzymałość obliczeniowa stali — wg tab. 2-1*</p> <p>ψ — współczynnik redukcyjny</p> <p>φ_p — współczynnik niestateczności miejscowej — wg p. 4.2.2.1 z PN-90/B-03200</p>
<p>Smukłość wyboczenia giętnego:</p> $\lambda = \frac{l_e}{i} = \frac{\mu \cdot l_o}{i} \quad (N37)$ $\lambda_x = \frac{\mu_x \cdot l_o}{i_x}, \quad \lambda_y = \frac{\mu_y \cdot l_o}{i_y}$	<p>μ — współczynnik długości wyboczeniowej pręta (wg rys. 3-11*)</p> <p>l_e — długość wyboczeniowa (oznaczana też jako l_w)</p>
<p>Smukłość porównawcza</p> $\lambda_p = 84 \sqrt{\frac{215}{f_d}} \quad (N38)$	<p>l_o — długość obliczeniowa (teoretyczna — oznaczana też jako l_i) elementu ściskanego</p> <p>i — promień bezwładności przekroju elementu</p>
<p>Smukłość względna elementu (w ujęciu ogólnym)</p> $\bar{\lambda} = 1,15 \sqrt{\frac{N_{Rc}}{N_{cr}}} \quad (N34)$ <p>Smukłość względna elementu o stałym przekroju i stałej sile na długości elementu: — przekroje klasy 1. + 3.</p> $\bar{\lambda} = \frac{\lambda}{\lambda_p} \quad (N35)$ <p>— przekroje klasy 4.</p> $\bar{\lambda}_\psi = \bar{\lambda} \sqrt{\psi} = \frac{\lambda}{\lambda_p} \sqrt{\psi}$	<p>λ_p — smukłość porównawcza</p> <p>N_{Rc} — nośność obliczeniowa przekroju przy ściskaniu</p> <p>N_{cr} — siła krytyczna przy wyboczeniu giętym, giętno-skrętnym lub skrętnym — wg załącznika 1 do PN-90/B-03200</p> <p>φ — współczynnik wyboczeniowy wg tab. 3-6* w zależności od $\bar{\lambda}$ i odpowiedniej krzywej: krzywa a — jeśli $n = 2,0$ krzywa b — jeśli $n = 1,6$ krzywa c — jeśli $n = 1,2$</p>
<p>Współczynnik wyboczeniowy</p> $\varphi = (1 + \bar{\lambda}^{2n})^{-1} \quad (N39)$ <p>(wartości obliczone wg powyższego wzoru zestawiono w tab. 3-6*)</p>	<p>n — parametr imperfekcji</p> <p>N — wartość obliczeniowa siły ściskającej</p>
<p>Sprawdzenie nośności elementu</p> $\frac{N}{\varphi \cdot N_{Rc}} \leq 1 \text{ lub } N \leq \varphi \cdot N_{Rc} \quad (N39)$	

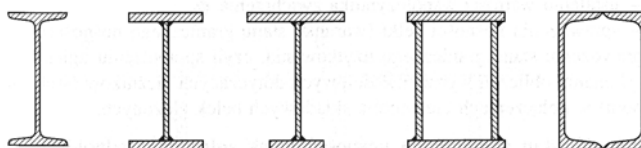
Przekroje prętów ściskanych osiowo powinny mieć możliwie jednakową sztywność w płaszczyznach osi x i y, przy czym materiał powinien być rozmieszczony jak najdalej od środka ciężkości przekroju.

Elementy zginane

Stalowe elementy zginane występują w wielu rodzajach konstrukcji budowlanych. Zalicza się do nich: belki stropowe, rygle ram, rygle ścian, belki podsuwnicowe, krokwie i płatwie dachowe, belki policzkowe i spocznikowe schodów.

Elementy zginane mogą być pełnościenne, ażurowe lub kratowe.

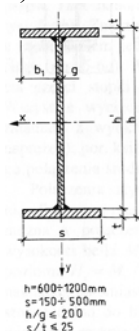
Belki pełnościenne – wykonuje się je z kształtowników walcowanych na gorąco (belki pojedyncze – dwuteowniki, belki złożone: skrzynkowe) lub złożone z blach jako tzw. blachownice.



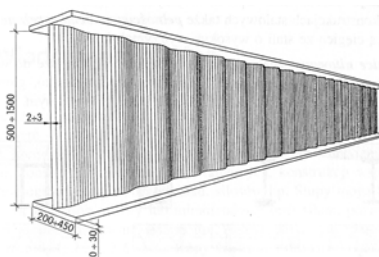
Rys. 11. Przekroje najczęściej stosowanych belek zginanych [7, s. 69]

Blachownice – są to dwuteowniki spawane z blach. Dla usztywnienia środka blachownicy stosuje się zebra poprzeczne, a czasem falisty środek z blachy, który zapewnia stateczność miejscową i zmniejsza ciężar belki w stosunku do rozwiązań tradycyjnych.

a)

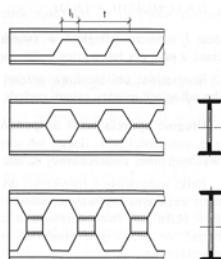


b)



Rys. 12. Blachownice: a) przekrój poprzeczny blachownicy spawanej, b) blachownica z falistym środkiem [7, s. 144 i 147]

Belki ażurowe – są to dźwigary o podwyższonym środku mającym otwory, które zmniejszają ciężar belki i umożliwiają np. przeprowadzenie przewodów instalacyjnych wewnątrz stropu. Belki ażurowe wykonuje się z dwuteowników walcowanych przez rozcięcie ich środków wzdłuż linii łamanej, zestawienie rozciętych części i zespawanie. Podwyższenie przekroju belki, bez dodania materiału, powoduje znaczne zwiększenie nośności i sztywności belki ażurowej w stosunku do kształtownika, z którego ją wykonano. Dodatkowo zwiększenie wysokości belki można uzyskać za pomocą wstawek z blach prostokątnych umieszczonych w osi belki.



Rys. 13. Belki ażurowe [7, s. 131]

Poniżej podano wzory do wymiarowania belek pełnościennych, w których występuje zginanie proste (zginanie w jednej płaszczyźnie),

Wymiarowanie stalowych belek zginanych polega na:

- sprawdzeniu stanu granicznego nośności belki z uwzględnieniem wystąpienia zwłoczenia oraz tylko w przypadku belek o przekroju klasy 4 – miejscowej utraty stateczności,
- sprawdzeniu stanu granicznego użytkowania, czyli sprawdzenie ugięć belki (warunek sztywności).

Tab. 7. Obliczanie elementów zginanych [8, s. 42]

Wzory	Objaśnienia
<p>Nośność obliczeniowa przekroju przy zginaniu jednokierunkowym:</p> <p>– w odniesieniu do przekroju klasy 1. i 2.</p> $M_R = \alpha_p \cdot W \cdot f_d$ <p>– w odniesieniu do przekroju klasy 3.</p> $M_R = W \cdot f_d$ <p>– w odniesieniu do przekroju klasy 4.</p> $M_R = \psi \cdot W_c \cdot f_d$ <p>lecz gdy $W_c > W_t = W_{\min}$, wówczas</p> $M_R \leq W_t \cdot f_d [1 + \psi(\alpha_p - 1)]$	<p>M_R – nośność obliczeniowa przekroju przy zginaniu jednokierunkowym</p> <p>W – wskaźnik wytrzymałości przekroju belki</p> <p>W_c – wskaźnik wytrzymałości przekroju belki odniesiony do krawędzi ściskanej</p> <p>W_t – wskaźnik jw. odniesiony do krawędzi rozciąganej</p> <p>f_d – wytrzymałość obliczeniowa stali</p>

Obliczanie **ugięć belki** należy wykonywać według wzorów podanych wcześniej oraz w literaturze.

4.4.2. Pytania sprawdzające

Odpowiadając na pytania, sprawdzisz, czy jesteś przygotowany do wykonania ćwiczeń.

1. Jakie są zalety i wady konstrukcji stalowych?
2. Jakie różnią się gatunki stali i wyroby?
3. Jakie są właściwości wytrzymałościowe stali?
4. W jaki sposób ustala się klasę przekroju?
5. Jakie są zasady obliczania nośności prętów rozciąganych, ściskanych i zginanych?
6. W jaki sposób oblicza się ugięcie belki zginanej?
7. Jakie przekroje stosuje się do wykonania elementów rozciąganych, ściskanych oraz zginanych?

4.4.3. Ćwiczenia

Ćwiczenie 1

Sprawdź nośność rozciąganego osiowo pręta kratownicy wykonanego z dwuteownika przekroju I PE 200, ze stali St3SX.

Sposób wykonania ćwiczenia

Aby wykonać ćwiczenie powinieneś:

- 1) odszukać w normie, tablicach profili oraz podręczniku potrzebne informacje,
- 2) wypisać potrzebne wzory,
- 3) odszukać potrzebne wielkości w tabelach,
- 4) dokonać obliczeń.

Wyposażenie stanowiska pracy:

- norma do obliczeń konstrukcji stalowych,
- tablice profili walcowanych,
- podręcznik,
- kalkulator.

Ćwiczenie 2

Zaprojektuj belkę stalową stropu w budynku przemysłowym.

Dane:

- belka wolno podparta o rozpiętości efektywnej 4.0 m,
- obciążenie obliczeniowe równomiernie rozłożone $q = 15.0$ kN/m, wartość charakterystyczna obciążenia $q_k = 12.5$ kN/m,
- stal St3SX,
- belka jest usztywniona poprzecznie stropem żelbetowym, $\varphi_L = 1.0$.

Wykonując obliczenia powinieneś korzystać: z pomocy nauczyciela, z przykładów zamieszczonych w podręczniku oraz z normy.

Sposób wykonania ćwiczenia

Aby wykonać ćwiczenie powinieneś:

- 1) odszukać w normie, tablicach profili oraz podręczniku potrzebne informacje,
- 2) wypisać potrzebne wzory,
- 3) odszukać potrzebne wielkości w tabelach,
- 4) wykonać działania:
 - obliczyć maksymalne wartości momentu zginającego i siły poprzecznej,
 - obliczyć potrzebny wskaźnik wytrzymałości przekroju,
 - dobrać odpowiedni przekrój belki,
 - obliczyć ugięcie belki i porównać z wartością graniczną.

Wyposażenie stanowiska pracy:

- norma do obliczeń konstrukcji stalowych,
- tablice profili walcowanych,
- podręcznik,
- kalkulator.

4.4.4. Sprawdzian postępów

Czy potrafisz:	Tak	Nie
1) wskazać zalety i wady stali jako materiału konstrukcyjnego?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2) rozróżnić gatunki stali i wyroby ze stali?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3) określić właściwości wytrzymałościowe stali konstrukcyjnej?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4) określić klasę przekroju stalowego?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5) obliczyć nośność stalowych prętów rozciąganych osiowo, ściskanych osiowo i zginanych?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
6) obliczyć ugięcie belki?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
7) wskazać, jakie przekroje stosuje się do wykonania elementów rozciąganych, ściskanych i zginanych?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

4.5. Połączenia elementów konstrukcji stalowych i drewnianych

4.5.1. Materiał nauczania

Połączenia elementów konstrukcji drewnianych

W konstrukcjach z drewna i materiałów drewnopochodnych stosuje się wiele różnych łączników i połączeń, za których pomocą scala się drobne części w większe elementy konstrukcyjne, a te z kolei w jeden układ nośny. Elementy łącznikowe stosowane w konstrukcjach drewnianych nazywa się **łącznikami**.

Rozróżnia się łączniki:

- punktowe typu sworzniowego (gwoździe, śruby, sworznie, wkręty, klamry, zszywki),
- mechaniczne, tj. wkładki wpuszczane i wciskane (pierścienie, płytki koleczaste i inne),
- nakładkowe i siodłowe różnych typów.

W tradycyjnych konstrukcjach z drewna (konstrukcjach ciesielskich) dominują **połączenia**, tj. zespolenia elementów za pomocą wrębów i wcięć, których siły są przenoszone bezpośrednio przez docisk z jednego elementu na drugi. Dodatkowo stosuje się w nich łączniki drewniane (kołki i wkładki) oraz metalowe (klamry, sworznie, gwoździe i śruby).

Złącze – zespolenie elementów drewnianych za pomocą łączników mechanicznych lub kleju.

Połączenia ciesielskie – należą do najstarszych sposobów zespolenia (połączenia) konstrukcji drewnianych. Mimo ich stosunkowo małej nośności i dość dużej pracochłonności (wymagają dokładnej obróbki ciesielskiej) są nadal stosowane w niektórych konstrukcjach wykonywanych sposobem tradycyjnym.

Rozróżnia się połączenia ciesielskie: na czopy i gniazda, na nakładki, na klamry ciesielskie, na wręby.

Złącza na łączniki punktowe

Łączniki punktowe typu sworzniowego – są to: gwoździe, śruby i wkręty do drewna, a także rzadziej stosowane sworznie i zszywki. Pracują one na zginanie i ścinanie, przeciwdziałając przemieszczaniu się łączonych elementów, a także na docisk (na powierzchni przylegania łącznika punktowego do drewna).

Łączniki punktowe dobiera się w zależności od działających w złączu sił, grubości łączonych elementów i umieszcza w elemencie w układzie prostokątnym lub przestawionym (mijankowym).

Złącza na wkładki

Wkładki wpuszczane – pierścienie metalowe lub klocki drewniane (obecnie prawie nie stosowane).

Wkładki wciskane – to pierścienie zębate, płytki kolczaste i gwoździowe (często stosowane). Przenoszą siły w złączach przez docisk.

Pierścienie zębate – jedno- i dwustronne są wciskane w łączone elementy drewniane najczęściej za pomocą pras hydraulicznych. Łączone elementy dodatkowo skręca się śrubami umieszczonymi w osi każdego pierścienia.

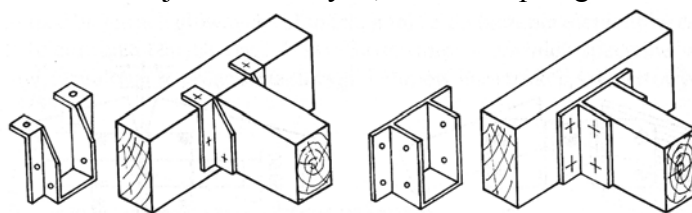
Płytki kolczaste lub gwoździowe jedno- lub dwustronne stosuje się głównie w przemysłowej produkcji kratowych dźwigarów drewnianych, a także w węzłach ściennych konstrukcji szkieletowych.

Złącza klejone – konstrukcje klejone są trwalsze i oszczędniejsze od konstrukcji z łącznikami mechanicznymi, mogą być wykonywane z drewna gorszych gatunków i o mniejszych przekrojach. Złącza klejone stosowane są do scalania poszczególnych desek w elementach i dźwigarach pełnościennych klejonych warstwowo oraz do łączenia prętów dźwigarów kratowych, skrzynkowych i innych.

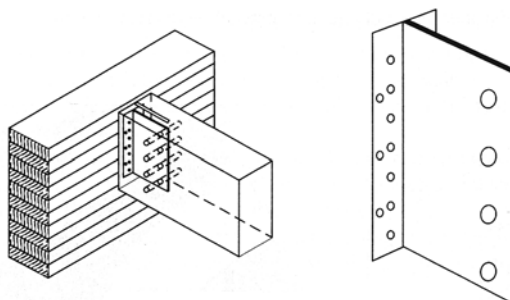
Złącza z profilowanymi elementami metalowymi – są to proste i szybkie sposoby łączenia elementów, zwłaszcza klejonych warstwowo.

Rozróżnia się złącza typu **nakładkowego** lub **siodłowego**, w których stosuje się różne elementy gięte, wytłaczane lub (rzadziej) spawane z cienkich blach stalowych lub aluminiowych, mocowane do drewna gwoździami, wkrętami lub śrubami. W złączach tych stosowane są nowoczesne rodzaje gwoździ spiralnych lub kotwiących o dużej nośności na wyciąganie.

Złącza tego typu nie wymagają żadnego przygotowania elementów drewnianych w miejscach połączenia. Stosuje się je w węzłach podporowych belek (rygli), krokwi dachowych, elementów konstrukcji szkieletowych, a także w przegubach ram i łuków.

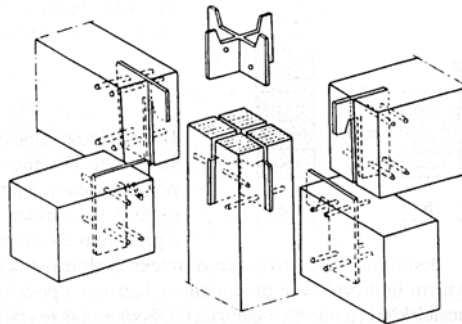


Rys. 14. Złącza siodłowe belek drewnianych jednolitych [3, s. 165]



Rys. 15. Złącza z wkładką metalową wpuszczaną w belkę [3, s. 165]

Złącza siodłowych i nakładkowych używa się głównie do oparcia belek stropowych na dźwigarach głównych i słupach, a także do łączenia elementów rusztów, rygli ściennych i innych. Stosowane są również specjalne wkładki i uchwyty stalowe w połączeniach rygli i słupów konstrukcji szkieletowych.

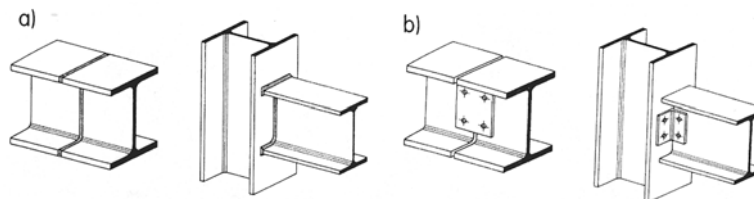


Rys. 16. Uchwyty hakowe wpuszczane do łączenia belek i słupów konstrukcji szkieletowych [3, s. 167]

Połączenia konstrukcji stalowych

W połączeniach elementów konstrukcji stalowych stosuje się połączenia spawane, śrubowe (zwykle, doczołowe i cienne), rzadziej nitowe oraz zgrzewane.

W zależności od miejsca wykonania i przeznaczenia rozróżnia się połączenia warsztatowe (głównie spawane) i połączenia montażowe (przede wszystkim śrubowe) wykonywane na budowie.

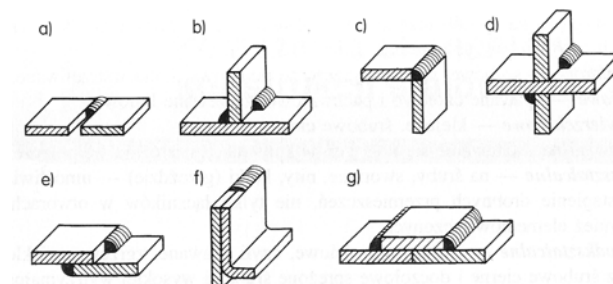


Rys. 17. Podstawowe rodzaje połączeń: a) spawane, b) śrubowe [7, s. 8]

Połączenia spawane

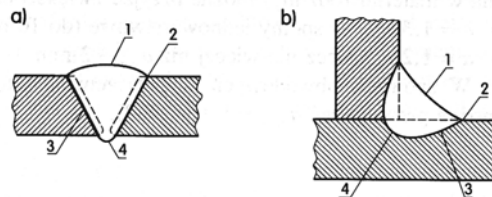
Spawanie jest podstawowym sposobem stałego łączenia elementów stalowych, stosowanym powszechnie. Podczas spawania krawędzie łączonych elementów ulegają miejscowemu stopieniu pod wpływem doprowadzanego ciepła. Roztopiony metal krawędzi łączy się i stygnąc tworzy jednolitą spoinę. Do jej wykonania potrzebny jest dodatkowy metal, zwany spoiwem, którym jest topiąca się podczas spawania elektroda lub specjalny drut o składzie chemicznym podobnym do składu materiałów łączonych.

W wyniku połączenia elementów powstają **złącza spawane**, których rodzaje, w zależności od kształtu i ustawienia łączonych elementów, przedstawiono na rysunku.



Rys. 18. Rodzaje złączy spawanych: a) doczołowe, b) teowe, c) narożne, d) krzyżowe, e) zakładkowe, f) grzbietowe (przyłgowe), g) nakładkowe [7, s. 90]

Ze względu na kształt przekroju poprzecznego, właściwości konstrukcyjne, charakter pracy i sposób obliczania rozróżnia się spoiny **czołowe** i **pachwinowe**. Rzadziej stosuje się spoiny: grzbietowe, otworowe i punktowe.

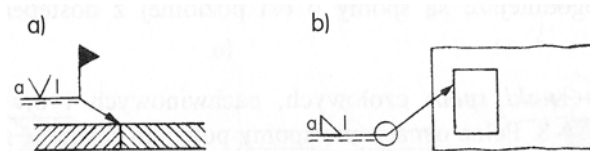


Rys. 19. Budowa spoiny: a) czołowej, b) pachwinowej, 1 – lico spoiny, 2 – brzeg lica spoiny, 3 – linia wtopienia, 4 – grań spoiny [8, s. 83]

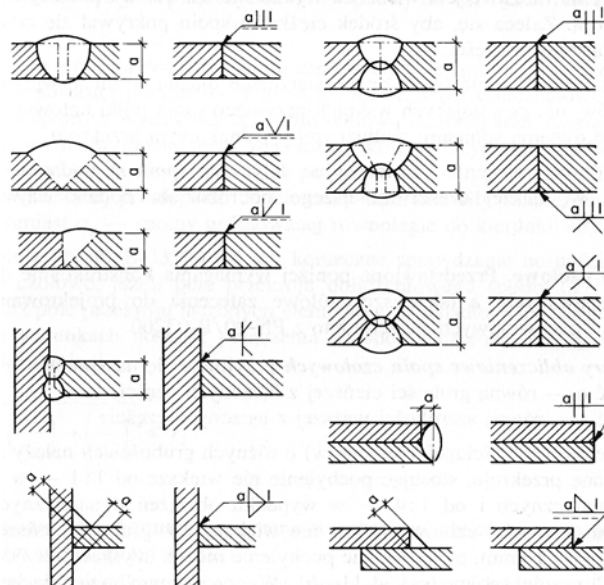
Oznaczenia spoin

Pełne oznaczenie spoiny powinno zawierać znak spoiny oraz podstawowe wymiary: grubość a oraz długość l oznaczenia spoiny umieszcza się na odpowiedniej linii odniesienia ze strzałką wskazującą miejsce spoiny

Spoiny wykonywane czasie montażu oraz spoiny ciągłe mają dodatkowe znaki.



Rys. 20. Oznaczenie spoin: a) montażowej, b) ciągłej na całym obwodzie zamkniętym [7, s. 96]



Rys. 21. Podstawowe oznaczenia spoin [7, s. 95]

Spoiny czołowe – stosuje się do łączenia elementów o krawędziach ułożonych w jednej płaszczyźnie (złącza doczołowe).

Wymiary obliczeniowe spoin czołowych przyjmuje się następująco:

- grubość a – równa grubości cieńszej z łączonych części,
- długość l – równa szerokości węższej z łączonych części.

Połączenia blach (ścianek elementów) o różnych grubościach należy zapewnić ciągłą zmianę przekroju, stosując pochylenie nie większe od 1:1 (w przypadku obciążeń statycznych) i od 1:4 (w przypadku obciążeń dynamicznych).

Spoiny pachwinowe

Wymiary obliczeniowe spoin pachwinowych – to grubość a i długość l .

Grubość spoiny pachwinowej powinna wynikać z obliczeń i spełniać następujące warunki:

- $a \geq 0.2 t_2$, lecz $10 \text{ mm} \geq a \geq 2.5 \text{ mm}$,
- $a \leq 0.7 t_1$ oraz $a \leq 16 \text{ mm}$,

gdzie: t_1 – grubość cieńszego z łączonych elementów, a t_2 – grubszego elementu.

Ustalone wartości „ a ” zaokrągla się w górę do pełnych milimetrów (wyjątkowo można stosować $a = 2.5$ i 3.5 mm).

Długość obliczeniową spoin pachwinowych przyjmuje się na podstawie obliczeń.

Obliczenia wytrzymałościowe spoin – polegają na sprawdzeniu stanu granicznego połączenia.

Porównuje się wartości obliczeniowe naprężeń w przekroju spoiny z wytrzymałością obliczeniową łączonej stali f_d .

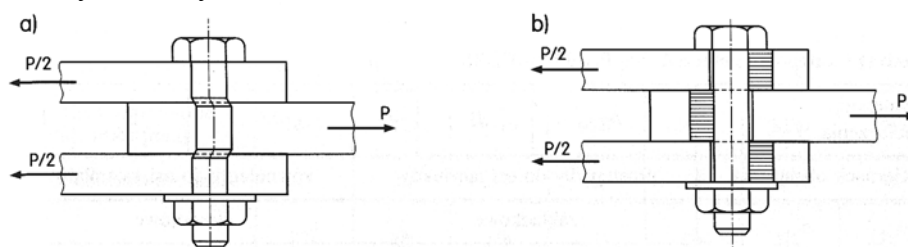
Obliczenia wytrzymałościowe spoin wykonuje się według normy.

Połączenia śrubowe

Połączenia śrubowe stosuje się powszechnie we wszystkich współczesnych konstrukcjach stalowych. Połączenia śrubowe są rozbieralne, proste i łatwe do wykonania na budowie w każdych warunkach atmosferycznych, także na dużych wysokościach. Charakteryzują się one małą pracochłonnością i umożliwiają szybki montaż konstrukcji.

Rozróżnia się połączenia: zwykłe, pasowane i cierne.

Połączenia zwykłe – siła rozciągająca w zakładkowym (nakładkowym) połączeniu zwykłym jest przenoszona z jednej blachy na drugą przez trzpień śruby, który pracuje na ścinanie w płaszczyznach styku blach oraz na docisk do ścianek otworu.



Rys. 22. Połączenie śrubowe: a) ścinanie (dwie płaszczyzny ścinania), b) docisk [7, s. 109]

Tab. 8. Oznaczenia rysunkowe śrub zwykłych [7, s. 111]

Średnica trzpienia śruby [mm]	M10	M12	M16	M20	M24	M30	M36
Średnica otworu [mm]	11	13	17	21	25	31	37
Oznaczenia śrub na rysunkach							
	<p>Uwaga: Śruby zakładane na budowie oznacza się dodatkowo – jak spoiny i nity – znakiem Γ, np. </p> <p>Oznaczenie śruby w przekroju (wg PN-81/N-01613) </p>						

Projektowanie połączeń śrubowych zwykłych polega na ustaleniu wymiarów, liczby i rozmieszczenia śrub w złączu, na określeniu nośności obliczeniowych śrub w połączeniu oraz sprawdzeniu warunku nośności połączenia według normy (wzory do obliczeń połączeń śrubowych podano w rozdziale 6 normy).

4.5.2. Pytania sprawdzające

Odpowiadając na pytania, sprawdzisz, czy jesteś przygotowany do wykonania ćwiczeń.

1. Jak wykonuje się połączenia i złącza elementów konstrukcji drewnianych?
2. Jak rozróżnia się połączenia konstrukcji stalowych?
3. Jakie łączniki stosuje się w konstrukcjach drewnianych?
4. Jakie łączniki stosuje się w konstrukcjach stalowych?
5. W jaki sposób oznacza się na rysunkach spoiny i śruby?
6. Jakie naprężenia występują w połączeniach na śruby?

4.5.3. Ćwiczenia

Ćwiczenie 1

Narysuj przykładowe połączenia konstrukcji drewnianych i stalowych. Wskaż przykładowe budowle inżynierskie, w których zastosowano takie połączenia.

Sposób wykonania ćwiczenia

Aby wykonać ćwiczenie powinieneś:

- 1) przeanalizować zasady wykonywania połączeń konstrukcji drewnianych i stalowych,
- 2) wybrać przykładowe połączenia i wykonać rysunki,
- 3) odszukać w Internecie przykłady budowli inżynierskich,
- 4) opisać rodzaje połączeń w wybranych budowlach inżynierskich.

Wyposażenie stanowiska pracy:

- literatura,
- komputer z dostępem do Internetu,
- przybory rysunkowe.

Ćwiczenie 2

Odczytaj rodzaje spoin oznaczone na rysunku konstrukcji stalowej otrzymanym od nauczyciela. Opisz zasady stosowania spoin oraz ustalania ich wymiarów.

Sposób wykonania ćwiczenia

Aby wykonać ćwiczenie powinieneś:

- 1) przeanalizować otrzymany od nauczyciela rysunek konstrukcji stalowej,
- 2) odszukać i nazwać spoiny,
- 3) opisać rodzaje spoin oraz zasady ustalania ich wymiarów.

Wyposażenie stanowiska pracy:

- literatura,
- rysunki konstrukcji stalowej.

4.5.4. Sprawdzian postępów

Czy potrafisz:

	Tak	Nie
1) określić, jakie wykonuje się połączenia i złącza elementów konstrukcji drewnianych?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2) rozróżnić połączenia konstrukcji stalowych?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3) określić, jakie łączniki stosuje się w konstrukcjach drewnianych?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4) określić, jakie łączniki stosuje się w konstrukcjach stalowych?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5) rozpoznać na rysunkach oznaczenia spoin i śrub?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
6) określić, jakie naprężenia występują w połączeniach na śruby?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
7) rozpoznać poznane rodzaje połączeń w istniejących obiektach budowlanych?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

4.6. Zasady wymiarowania i konstruowania elementów konstrukcji żelbetowych

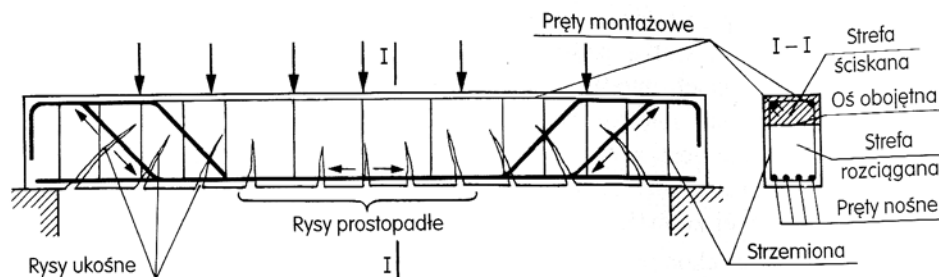
4.6.1. Materiał nauczania

Projektowanie konstrukcji żelbetowych wykonuje się według normy: PN-B-03264:2002. Konstrukcje betonowe, żelbetowe i sprężone. Obliczenia statyczne i projektowanie.

Badania elementów żelbetowych wykazały, że przy powolnym zwiększaniu obciążenia można stwierdzić występowanie w ich przekrojach trzech charakterystycznych rozkładów naprężeń – faz naprężeniowo-odkształceniowych:

- fazy I – do pojawienia się rys w betonie strefy rozciąganej przekroju, kiedy naprężenia w niej są mniejsze od wytrzymałości betonu na rozciąganie, przy czym naprężenia te przejmuje zarówno beton, jak i zbrojenie (w tej fazie przekroje są niezarysowane),
- fazy II – po pojawieniu się rys w betonie strefy rozciąganej, kiedy siły rozciągające w miejscach rys przejmuje zbrojenie i częściowo beton nad rysą, a na odcinkach między rysami – wspólnie zbrojenie i beton (faza II obejmuje przekroje zarysowane),
- fazy III – poprzedzającej bezpośrednio zniszczenie, kiedy naprężenia w zbrojeniu w strefie rozciąganej osiągają wartość równą granicy plastyczności stali, a naprężenia w betonie strefy ściskanej – wartość równą wytrzymałości betonu na ściskanie.

Opisane fazy naprężeniowe dotyczą przekrojów prostopadłych (normalnych) do osi podłużnej elementu. W przekrojach tych powstają **rysy prostopadłe** do tej osi. W przypadkach porowych strefach belek, gdzie występują jednocześnie momenty zginające i siły poprzeczne, mogą w przekrojach ukośnych (nachylonych pod kątem do osi belki) pojawić się **rysy ukośne**. Również wyczerpanie nośności tych przekrojów może być przyczyną zniszczenia elementów żelbetowych.



Rys. 23. Schemat zarysowań i układu zbrojenia belki żelbetowej swobodnie podpartej [6, s. 52]

Metoda wymiarowania

Konstrukcje żelbetowe projektuje się metodą stanów granicznych.

Sprawdzenie stanu granicznego nośności polega na wykazaniu, że w każdym przekroju (elemencie) konstrukcji jest spełniony warunek:

$$S_d \leq R_d$$

w którym S_d oznacza siłę wewnętrzną wywołaną kombinacje oddziaływań obliczeniowych, a R_d – odpowiednią nośność obliczoną przy założeniu, że wytrzymałość materiałów i granicę plastyczności osiągają wartości obliczeniowe.

Do **stanów granicznych użyteczności** zalicza się:

- nadmierne odkształcenia (np. ugięcia) utrudniające normalne użytkowanie konstrukcji,
- nadmierne zarysowania konstrukcji,
- nadmierne drgania.

Sprawdzenie stanu granicznego użyteczności polega na wykazaniu, że jest spełniony warunek:

$$E_d \leq C_d$$

w którym:

E_d – efekt oddziaływań (np. szerokość rys, ugięcie),

C_d – graniczna wartość szerokości rys lub ugięcia.

Sprawdzenie **stanu granicznego zarysowania** polega na wykazaniu, że występujące w konstrukcji siły przekrojowe nie powodują rozwarcia rys prostopadłych do osi elementu i rys ukośnych większych od szerokości uznanych za graniczne. Graniczne szerokości rys w_{lim} podano w tablicy 7 w normie.

Sprawdzenie **stanu granicznego ugięć** polega na wykazaniu, że występujące w konstrukcji siły przekrojowe, nie powodują ugięć uznanych za graniczne, ze względu na przeznaczenie budowli, możliwość uszkodzenia elementów przylegających do konstrukcji, estetykę oraz poczucie zagrożenia bezpieczeństwa użytkowników. Graniczne wartości ugięć a_{lim} w konstrukcjach żelbetowych podano w tablicy 8 w normie.

W **projektowaniu elementów konstrukcji żelbetowych metodą SG** przeważnie najpierw wymiaruje się ich przekroje ze względu na stan graniczny nośności, a następnie sprawdza się te elementy ze względu na stany graniczne użyteczności. W obliczeniach niektórych elementów, przy spełnieniu warunków normowych można uniknąć sprawdzania stanów granicznych użyteczności.

Beton i stal w konstrukcjach żelbetowych

Beton

Do wykonywania konstrukcji należy stosować beton następujących klas: B15; B20; B25; B30; B37; B45, B50, B55 i B60.

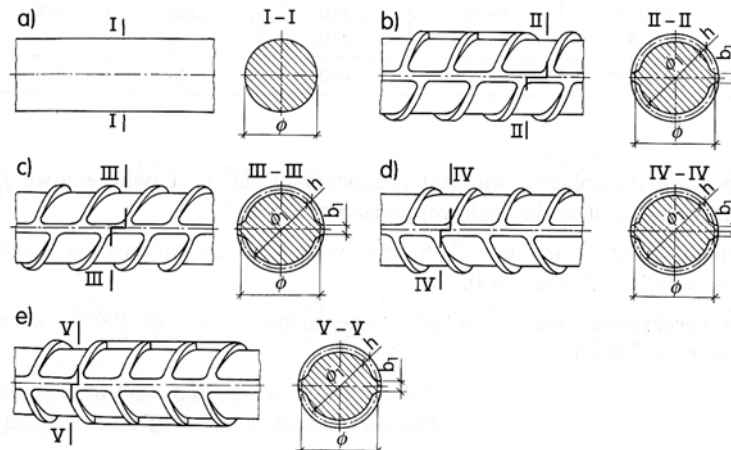
Wytrzymałość charakterystyczna betonu na ściskanie f_{ck} i na rozciąganie f_{ctk} , **wytrzymałości obliczeniowe f_{cd} na ściskanie i na rozciąganie f_{ctd} , a także moduły sprężystości** przyporządkowane poszczególnym klasom betonu podano w tablicy 2 w normie PN-B-03264:2002.

W normie PN-EN 206-1 wprowadzono klasy wytrzymałościowe na ściskanie dla betonów zwykłych, np. C20/25. Po symbolu C (lub LC) pierwsza liczba oznacza minimalną wytrzymałość charakterystyczną oznaczoną na próbkach walcowych, druga liczba – na próbkach sześciennych.

Stal w konstrukcjach żelbetowych

Do zbrojenia konstrukcji żelbetowych należy stosować pręty ze stali A-0, A-I, A-II, A-III, A-IIIN o właściwościach mechanicznych określonych w tabelicy 3 w normie.

Pręty zbrojenia dostarcza się na budowę w kręgach lub w postaci prętów prostych o długości 10÷12 m. Pręty ze stali A-0 i A-I są okrągłe, gładkie, a ze stali wyższych klas – okrągłe żebrowane.



Rys. 24. Pręty zbrojenia ze stali klasy: a) A-0 i A-I, b) A-II gatunku St50B, c) A-II gatunku 18G2-b, d) A-III gatunku 34GS, e) A-IIIN [6, s. 48]

Zbrojenie konstrukcji żelbetowych

Zbrojenie nośne – zbrojenie, którego niezbędną ilość (pole przekroju stali) ustala się na podstawie obliczeń konstrukcji.

Zbrojenie uzupełniające – stosuje się ze względów technologicznych i konstrukcyjnych. Jego zadaniem jest umożliwienie powiązania poszczególnych prętów zbrojenia nośnego i utworzenie wraz z nimi sztywnych siatek lub szkieletów (**zbrojenie montażowe, strzemiona** w belkach), zapewnienia równomiernego rozłożenia obciążeń na pręty zbrojenia nośnego (**zbrojenie rozdzielcze** w płytach), przejęcie nie uwzględnionych w obliczeniach sił od skurczu betonu, działania temperatury (**zbrojenie przeciwskurczowe**).

Współpraca betonu i stali w elemencie żelbetowym zależy od uzyskania dobrej przyczepności pomiędzy prętami zbrojenia a betonem. Przyczepność zależy od wielu czynników:

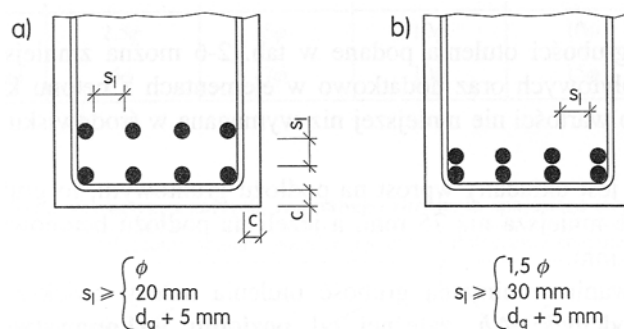
- od klasy, wieku betonu, zagęszczenia mieszanki betonowej,
- stanu powierzchni zbrojenia, rodzaju stali, kształtu prętów i właściwego ułożenia w elemencie.

Zasady rozmieszczania prętów zbrojenia w elementach żelbetowych są określone w normie i należy je bezwzględnie stosować.

W normie podano:

- rozmieszczenie prętów zbrojenia w przekroju: odległości poziome i pionowe pomiędzy prętami (rozmieszczenie w sposób umożliwiający należyte ułożenie i zagęszczenie mieszanki betonowej, bez segregacji jej składników),
- otulenie prętów zbrojenia (zależy od rodzaju elementu, średnicy pręta oraz klasy ekspozycji w zależności od warunków środowiska),
- zasady kształtowania prętów (zagięcia),
- zasady kotwienia prętów (wymagana długość zakotwienia).

Szczegółowe zasady rozmieszczania prętów zbrojenia podano w normie.



Rys. 25. Rozmieszczenie prętów zbrojenia w przekroju elementu: a) zbrojenie oddzielnymi prętami, b) zbrojenie parami prętów. s_1 – odległości poziome i pionowe mierzone w świetle między prętami, ϕ – średnica pręta, d_g – największy wymiar kruszywa [6, s. 55]

Zasady konstruowania elementów konstrukcji

Płyty – elementy, których grubość jest znacznie mniejsza od długości i szerokości.

Ze względów statycznych płyty dzieli się na pracujące i co za tym idzie zbrojone – jednokierunkowo lub dwukierunkowo.

1. Stosunek wysokości użytecznej przekroju do rozpiętości teoretycznej (efektywnej) l_{eff} powinien wynosić (w zależności od schematu statycznego płyty) $d/l_{eff} \geq 0.020 \div 0.025$.
 - 0.025 – dla płyt swobodnie podpartych i jednokierunkowo zbrojonych,
 - 0.020 – dla płyt utwierdzonych i ciągłych jednokierunkowo zbrojonych oraz krzyżowo zbrojonych.

2. Grubość płyt – zależy od rozpiętości, obciążenia i przeznaczenia.

Minimalna grubość płyt betonowanych na miejscu budowy wynosi:

- w przypadku płyt stropowych – 60 mm,
- w przypadku płyt pod przejazdami – 120 mm.

Minimalna grubość dla płyt prefabrykowanych może wynosić 10 mm.

3. Zbrojenie płyt na zginanie:

- średnica prętów $\phi \geq 4.5$ mm,
- płyty w obliczeniach traktuje się jak pasmo o szerokości 1 m, dlatego wymagane zbrojenie oblicza się jako przypadające na szerokość tego pasma, tj. na 1 m. Przekrój zbrojenia określa się podając średnicę pręta i ich rozstaw, np. $\phi 10$ co 12 cm. W płycie można także stosować pręty dwóch średnic na przemian, np. $\phi 8/10$ co 15 cm.

W podręcznikach znajdują się tabele pomocnicze, które podają pole przekroju zbrojenia podłużnego w zależności od średnicy i osiowego rozstawu prętów.

- stopień zbrojenia podłużnego powinien wynosić 0.7 ÷ 1.2% (zbrojenie stałą gładką) i 0.5 ÷ 0.9% (zbrojenie stałą żebrowaną). Oblicza się go: $\rho_i = \frac{A_s}{b \cdot d} \cdot 100\%$ (A_s – przekrój zbrojenia,

b – szerokość przekroju, d – wysokość użyteczna przekroju),

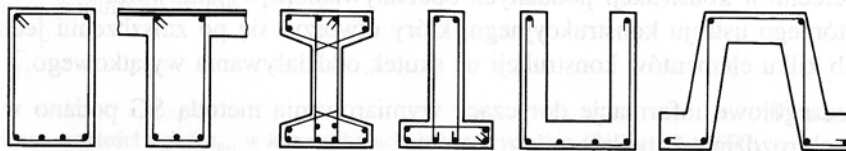
- rozstaw osiowy prętów nośnych powinien spełniać warunki: $s \leq 120$ mm (jeżeli grubość płyty $h \leq 100$ mm) i $s \leq 1,2 h$ oraz $s \leq 250$ mm (jeżeli $h \geq 100$ mm),
- nie mniej niż 1/3 prętów nośnych i co najmniej 3 pręty/1m należy doprowadzić bez odgięć do podpory,
- pręty rozdzielcze powinny mieć rozstaw nie większy niż 300 mm.

Zbrojenie płyt dwukierunkowo zbrojonych:

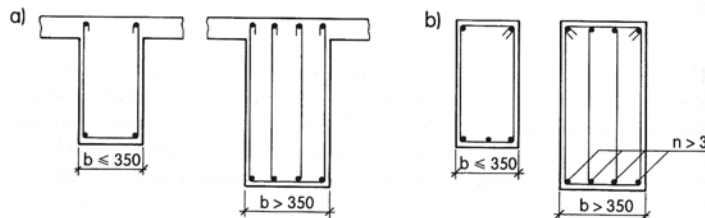
- największy rozstaw prętów nie powinien przekraczać 250 mm,
- zbrojenie nośne w kierunku krótszym należy układać niżej,
- w narożach płyt swobodnie podpartych należy umieszczać dwukierunkowe zbrojenie górne oraz dodatkowo ukośne zbrojenie dolne.

Belki – elementy, w których stosunek wysokości h do rozpiętości efektywnej l_{eff} jest nie większy niż 0.25.

1. Przekrój belek – najczęściej prostokątny, czasem teowy lub dwuteowy (belki prefabrykowane).
2. Wymiary belek (zaleca się przyjmować):
 - szerokość – 150, 180, 200, 250 mm i dalej co 50 mm,
 - wysokość – 250, 300 mm i dalej co 50 mm do 800 mm, powyżej 800 mm co 100 mm,
 - z uwagi na niedopuszczenie do nadmiernych ugięć przyjmuje się, że stosunek wysokości h do rozpiętości efektywnej powinien wynosić od 1/20 do 1/8 (w zależności od rodzaju belki).
3. Zbrojenie belek:
 - pręty nośne proste i odgięte, strzemiona, pręty montażowe i przeciwskurczowe),
 - średnica nośnych prętów podłużnych nie powinna być mniejsza niż 8 mm (pręty rozciągane) i 12 mm (pręty ściskane),
 - średnica prętów montażowych 8÷12 mm,
 - średnica strzemion 6÷8 mm w rozstawie ustalonym na podstawie obliczeń oraz spełniającym warunki normowe. Strzemiona mogą być otwarte lub zamknięte, dwu- lub czteroramienne.
 - stopień zbrojenia belek powinien wynosić 0.8÷1.6% (stal gładka) i 0.6÷1.2 (stal żebrzana).



Rys. 26. Przykłady poprzecznych przekrojów belek żelbetowych [6, s. 80]



Rys. 27. Strzemiona: a) otwarte, b) zamknięte [6, s. 98]

Układy płytowo-żebrowe – stosuje się najczęściej jako stropy w budynkach przemysłowych i magazynowych. Składają się z płyt, żeber i podciągów.

Układy płytowo-żebrowe konstruuje się indywidualnie w zależności od wymiarów przekrycia.

Rozstawy żeber (rozpiętości przeseł płyty) przyjmuje się w granicach: 1.50÷3.0 m, rozpiętości żeber 5.0÷7.0 m, a rozpiętości podciągów 5.0÷8.0 m

Słupy – wykonuje się jako prefabrykowane lub betonowane na miejscu budowy.

Przekrój poprzeczny: kwadratowy, prostokątny, okrągły lub wielokątny.

Zbrojenie:

- liczba prętów zbrojenia pionowego wynika z obliczeń, minimalna ich liczba: każdym narożniku przekroju słupa musi znajdować się jeden pręt, w przekroju okrągłym min. 6 prętów,
- średnica prętów zbrojenia podłużnego 12 ÷ 40 mm,
- średnica strzemion nie mniejsza niż 0.2 średnicy zbrojenia głównego i nie mniejsza niż 4.5 mm,

- rozstaw strzemion podano w normie: nie większy niż 15ϕ lub 10ϕ zbrojenia podłużnego w zależności od stopnia zbrojenia przekroju i nie większa niż najmniejszy wymiar przekroju poprzecznego oraz jednocześnie nie większa niż 400 mm. Stosuje się strzemiona pojedyncze i podwójne w zależności od wymiarów boków słupa.

4.6.2. Pytania sprawdzające

Odpowiadając na pytania, sprawdzisz, czy jesteś przygotowany do wykonania ćwiczeń.

1. Jakie są zasady pracy żelbetu?
2. Jakie różnią się stany graniczne użytkowania w konstrukcjach żelbetowych?
3. Jakie w konstrukcjach żelbetowych stosuje się klasy betonu i gatunki stali?
4. Jakie są zasady konstruowania i zbrojenia płyt, belek i słupów?

4.6.3. Ćwiczenia

Ćwiczenie 1

Narysuj przykładowe zbrojenie płyty stropowej częściowo zamocowanej o grubości 140 mm. Opisz rodzaje prętów zbrojenia, ich przykładowe średnice oraz zalecane rozstawy. Rysunek wykonaj przy użyciu dostępnego w szkole programu komputerowego.

Sposób wykonania ćwiczenia

Aby wykonać ćwiczenie powinieneś:

- 1) przeanalizować zasady zbrojenia płyt żelbetowych,
- 2) wykonać rysunek i sporządzić opis.

Wyposażenie stanowiska pracy:

- literatura,
- komputer z oprogramowaniem umożliwiającym sporządzanie rysunków.

Ćwiczenie 2

Narysuj przykładowe zbrojenie belki żelbetowej trójprzęsłowej o przekroju: $b = 250$ mm, $h = 350$ mm. Opisz rodzaje prętów zbrojenia, ich przykładowe średnice oraz wymagane rozstawy. Rysunek wykonaj przy użyciu dostępnego w szkole programu komputerowego.

Sposób wykonania ćwiczenia

Aby wykonać ćwiczenie powinieneś:

- 1) przeanalizować zasady zbrojenia belek żelbetowych,
- 2) wykonać rysunek i sporządzić opis.

Wyposażenie stanowiska pracy:

- literatura,
- komputer z oprogramowaniem umożliwiającym sporządzanie rysunków.

4.6.4. Sprawdzenie postępów

Czy potrafisz:

	Tak	Nie
1) scharakteryzować zasady pracy żelbetu?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2) wskazać stany graniczne użytkowania w konstrukcjach żelbetowych?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3) określić zasady stosowania betonu i stali w konstrukcjach żelbetowych?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4) określić zasady konstruowania i zbrojenia płyt, belek i słupów?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5) określić zasady zbrojenia belek i płyt?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

4.7. Projektowanie elementów żelbetowych

4.7.1. Materiał nauczania

Wymiarowanie elementów żelbetowych polega na:

- wykonaniu obliczeń statycznych: ustalenie schematu statycznego, zestawienie obciążeń, obliczenie sił przekrojowych (momentów zginających i sił poprzecznych),
- sprawdzeniu stanów granicznych nośności i użytkowania.

Zasady wykonywania obliczeń statycznych omówiono w poradniku do jednostki modułowej „Obliczanie obciążeń konstrukcji budowlanych”.

Sprawdzenie stanów granicznych nośności i użytkowania

Nośność na zginanie przekroju prostokątnego pojedynczo zbrojonego

Wymiarowanie (obliczenie zbrojenia) przekroju

Kolejność działania:

1. Ustalić rozpiętość efektywną l_{eff} i schemat statyczny belki.
2. Zestawić obciążenia dla belki.
3. Obliczyć największe wartości momentu zginającego i siły poprzecznej (M_{sd} , V_{sd}).
4. Przyjąć wymiary elementu: ($b \times h$ – dla belki, $h \times 1.0 \text{ m}$ dla płyty).
5. Obliczyć wysokość użyteczną belki: $d = h - c - 0.5 \phi$ (h – wysokość belki, c – otulenie zbrojenia, ϕ – średnica pręta).
6. Przyjąć klasy betonu i stali i ustalić na podstawie normy wytrzymałości obliczeniowe: wytrzymałość obliczeniową na ściskanie (f_{cd}) i rozciąganie (f_{ctd}) betonu, wytrzymałość obliczeniową stali f_{yd} .
7. Obliczyć:
8. współczynnik

$$\mu_{sc} = \frac{M_{sd}}{b \cdot d^2 \cdot f_{cd}}$$

z tabeli w podręczniku dla obliczonego μ odczytać współczynnik ξ , a następnie pole przekroju zbrojenia:

$$A_{s1} = \frac{M_{sd}}{\xi \cdot d \cdot f_{yd}}$$

9. Dobrać średnicę i rozstaw lub liczbę prętów zbrojenia o przekroju większym lub równym obliczonemu A_{s1} : (przykładowy zapis: Przyjęto zbrojenie 5 ϕ 16 o $A_{s1} = 10.05 \text{ cm}^2$).
10. Sprawdzić stopień zbrojenia przekroju ρ_1 i porównać z minimalnym stopniem zbrojenia podanym w normie.

Nośność na ścinanie

W przekrojach w pobliżu podpór elementów siły poprzeczne mają na ogół znaczne wartości oraz momenty zginające. Występujące w tych przekrojach naprężenia główne rozciągające muszą być przeniesione przez **strzemiona** lub **strzemiona i pręty odgięte**.

Sposób obliczenia elementu ze względu na ścinanie podano w podręcznikach i w normie.

Stany graniczne użytkowości

Sprawdzenie stanów granicznych szerokości rys prostopadłych, szerokości rys ukośnych oraz ugięć należy wykonywać zgodnie z normą. Istnieją sytuacje, kiedy przy spełnieniu przez element określonych warunków normowych nie jest konieczne wykonywanie obliczeń.

4.7.2. Pytania sprawdzające

Odpowiadając na pytania, sprawdzisz, czy jesteś przygotowany do wykonania ćwiczeń.

1. Jaki jest tok postępowania przy obliczaniu zbrojenia elementu żelbetowego o przekroju prostokątnym?
2. Gdzie można znaleźć tabele pomocnicze do ustalania współczynników oraz doboru zbrojenia?

4.7.3. Ćwiczenia

Ćwiczenie 1

Oblicz niezbędne zbrojenie monolitycznej belki o przekroju prostokątnym.

Dane:

- obliczeniowy moment zginający $M_{sd} = 75 \text{ kNm}$,
- przekrój belki: $b = 200 \text{ mm}$, $h = 400 \text{ mm}$,
- beton B20, stal A-III,
- klasa ekspozycji XC1.

Wykonując obliczenia powinieneś korzystać: z pomocy nauczyciela, z przykładów zamieszczonych w podręczniku oraz z normy.

Sposób wykonania ćwiczenia

Aby wykonać ćwiczenie powinieneś:

- 1) odszukać w normie oraz podręczniku potrzebne informacje,
- 2) wypisać potrzebne wzory,
- 3) odszukać potrzebne wielkości w tabelach,
- 4) wykonać obliczenia.

Wyposażenie stanowiska pracy:

- norma do obliczeń konstrukcji żelbetowych,
- tablice przekrojów stali zbrojeniowej,
- podręcznik,
- kalkulator.

Ćwiczenie 2

Oblicz niezbędne zbrojenie monolitycznej płyty stropowej.

Dane:

- obliczeniowy moment zginający $M_{sd} = 25 \text{ kNm}$,
- grubość płyty $h = 140 \text{ mm}$,
- beton B20, stal A-III,
- klasa ekspozycji XC1.

Wykonując obliczenia powinieneś korzystać: z pomocy nauczyciela, z przykładów zamieszczonych w podręczniku oraz z normy.

Sposób wykonania ćwiczenia

Aby wykonać ćwiczenie powinieneś:

- 1) odszukać w normie oraz podręczniku potrzebne informacje,
- 2) wypisać potrzebne wzory,
- 3) odszukać potrzebne wielkości w tabelach,
- 4) wykonać obliczenia:

Wyposażenie stanowiska pracy:

- norma do obliczeń konstrukcji żelbetowych,
- tablice przekrojów stali zbrojeniowej.
- podręcznik,
- kalkulator.

4.7.4. Sprawdzian postępów

Czy potrafisz:

- | | Tak | Nie |
|--|--------------------------|--------------------------|
| 1) obliczyć zbrojenie elementu żelbetowego o przekroju prostokątnym | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 2) wykorzystać tabele pomocnicze do ustalania współczynników oraz doboru zbrojenia | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |

4.8. Istota i zastosowanie konstrukcji sprężonych w budownictwie

4.8.1. Materiał nauczania

Jako konstrukcje z betonu sprężonego określa się konstrukcje z betonu, w których w wyniku celowego wprowadzenia trwałych sił sprężających spowodowano wystąpienie **stanu naprężenia przeciwnego do powstającego od działania obciążeń**.

Sprężenie umożliwia wyeliminowanie naprężeń rozciągających w betonie i dzięki temu chroni go przed wystąpieniem zarysowań.

Elementy konstrukcyjne spręża się różnego rodzaju **ciągami** ze stali o wysokiej wytrzymałości. Ciągna te naciąga się odpowiednią **siłą sprężającą**.

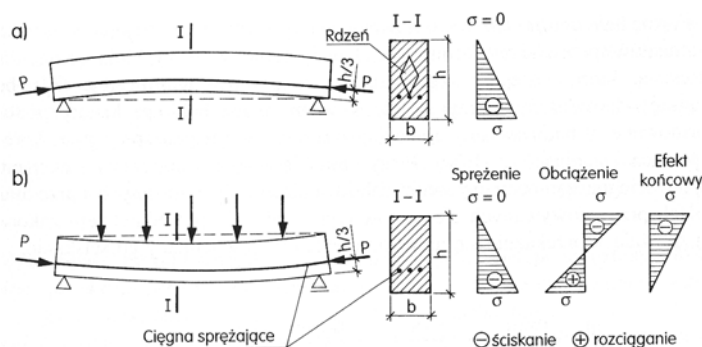
Zasada pracy elementów z betonu sprężonego

Rozpatrywaną belkę, przed jej obciążeniem zewnętrznym spręża się siłą $P = 0.5 \cdot h \cdot \sigma$ przyłożoną w $1/3$ wysokości belki. Siła ta spowoduje w przekrojach belki wystąpienie naprężeń normalnych ściskających o wykresie trójkątnym.

Następnie belkę można poddać działaniu obciążenia zewnętrznego, które w przekroju o największym momencie zginającym spowoduje wystąpienie naprężeń normalnych o wartości σ i wykresie liniowym – w górnej strefie przekroju ściskających, a w strefie dolnej rozciągających. Naprężenia te zsumują się z naprężeniami od sprężenia siłą P .

W wyniku otrzymuje się w całym przekroju naprężenia ściskające o wykresie w kształcie trójkąta.

Z wykresu tego widać, że dzięki sprężeniu wyeliminowano naprężenia rozciągające w przekrojach belki, co jednocześnie chroni ją przed zarysowaniem.



Rys. 28. Belka swobodnie podparta i wykresy naprężeń normalnych: a) sprężenie siłą P , b) sprężenie siłą P i obciążenie siłami zewnętrznymi [6, s. 11]

W zależności od sposobu przekazywania siły sprężającej z ciągn na beton rozróżnia się dwa rodzaje konstrukcji z betonu sprężonego: strunobeton i kablobeton.

Elementy strunobetonowe – sposób wykonania:

- ciągnia sprężające napina się i kotwi za pomocą uchwytów w blokach oporowych,
- formę elementu, przez którą przebiegają ciągnia, wypełnia się mieszanką betonową i mieszankę tę zagęszcza się za pomocą wibrowania,
- po stwardnieniu mieszanki i osiągnięciu przez beton odpowiedniej wytrzymałości zwalnia się naciąg – napięte i połączone dzięki przyczepności (zespoleń) z betonem ciągnia dążą do skrócenia się i ściskają element, czyli **sprężają go**.

Elementy strunobetonowe są wykonywane wyłącznie jako prefabrykowane.

Elementy kablobetonowe – sposób wykonania

Po ułożeniu zbrojenia zwykłego i elementów (przewodów) formujących kanały kablowe – formę wypełnia się mieszanką betonową, którą następnie zagęszcza się za pomocą wibrowania.

Gdy beton osiągnie odpowiednią wytrzymałość, przez kablowe kanały podłużne uformowane w betonowym elemencie przeciąga się ciągnia sprężające, kotwi je w prasach i napina za pomocą pras opartych o czoła elementu. Napięte ciągnia zamocowuje się w zakotwieniach zabetonowanych uprzednio na czołach elementu. Za pośrednictwem zakotwień siła sprężająca przekazuje się na beton elementu, powodując jego ściskanie.

Konstrukcje kablobetonowe wykonuje się jako prefabrykowane lub monolityczne.

Właściwości betonu sprężonego:

- beton w całym przekroju pracuje na ściskanie, a więc w pełni może być wykorzystana jego wytrzymałość na ściskanie,

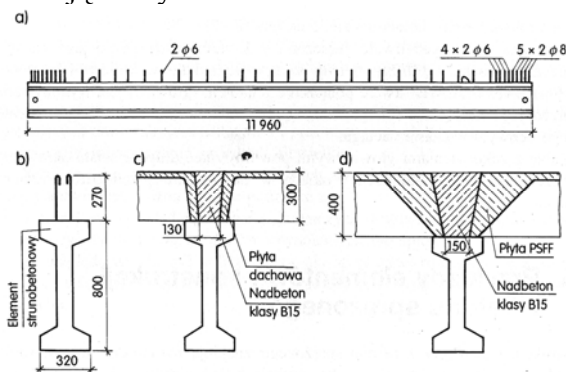
- sprężenie powoduje nie tylko wystąpienie naprężeń przeciwnych do naprężeń od obciążeń, lecz także przeciwnych odkształceń (ugięć), a więc sprężenie wpływa na zmniejszenie ugięć elementu, co jest dodatkową zaletą konstrukcji z betonu sprężonego. Dzięki temu elementy tych konstrukcji mogą mieć duże rozpiętości,
- elementy z betonu sprężonego są smuklejsze, a więc mają mniejsze wymiary przekroju poprzecznego niż odpowiednie elementy żelbetowe, a więc są również lżejsze,
- do sprężania stosuje się stal o wysokiej wytrzymałości,
- konstrukcje sprężone charakteryzują się dużą pracochłonnością wykonania,
- do sprężania konieczne jest stosowanie specjalnych, skomplikowanych urządzeń.

Zastosowanie

Konstrukcje z betonu sprężonego znalazły zastosowanie we wszystkich rodzajach budownictwa, zwłaszcza jednak w budownictwie przemysłowym i inżynierskim.

Najczęściej stosowane są:

- elementy z betonu sprężonego: dźwigary i płyty dachowe, płyty stropowe, belki podsuwnicowe, słupy elektroenergetyczne, podkłady kolejowe,
- konstrukcje z betonu sprężonego: mosty, zbiorniki, wieże telewizyjne, obudowy bezpieczeństwa reaktorów jądrowych i inne.



Rys. 29. Przykładowy dźwigar strunobetonowy SB-I-80/12: a) widok z boku, b) przekrój poprzeczny przed ułożeniem płyt dachowych, c) przekrój poprzeczny po ułożeniu płyt dachowych o rozpiętości 6.0 m, d) przekrój poprzeczny po ułożeniu płyt dachowych o rozpiętości 12 m [6, s. 268]

4.8.2. Pytania sprawdzające

Odpowiadając na pytania, sprawdzisz, czy jesteś przygotowany do wykonania ćwiczeń.

1. Jakie są zasady pracy konstrukcji sprężonych?
2. Jakie są różnice między struno- a kablobetonem?
3. Jakie jest zastosowanie konstrukcji sprężonych?

4.8.3. Ćwiczenia

Ćwiczenie 1

Opisz zasady wykonywania elementów struno- i kablobetonowych. Na podstawie literatury naszkicuj przykładowe elementy.

Sposób wykonania ćwiczenia

Aby wykonać ćwiczenie powinieneś:

- 1) odszukać w literaturze potrzebne informacje,

- 2) przeanalizować katalogi elementów struno- i kablobetonowych,
- 3) wykonać opis i szkice elementów.

Wyposażenie stanowiska pracy:

- literatura,
- katalogi elementów,
- przybory rysunkowe.

Ćwiczenie 2

Odszukaj w literaturze oraz innych źródłach przykłady wykonanych konstrukcji sprężonych. Wykonaj krótkie opracowanie na temat zastosowania konstrukcji sprężonych w budownictwie, które powinno zawierać opis, szkice i zdjęcia obiektów.

Sposób wykonania ćwiczenia

Aby wykonać ćwiczenie powinieneś:

- 1) odszukać w różnych źródłach obiekty budowlane wykonane jako konstrukcje sprężone,
- 2) sporządzić opis,
- 3) wykonać rysunki,
- 4) wydrukować z Internetu fotografie wybranych obiektów,
- 5) sporządzić opracowanie.

Wyposażenie stanowiska pracy:

- literatura,
- czasopisma specjalistyczne,
- katalogi elementów i obiektów,
- komputer z dostępem do Internetu.

4.8.4. Sprawdzian postępów

Czy potrafisz:

- 1) wyjaśnić zasady pracy konstrukcji sprężonych?
- 2) wskazać różnice między struno- i kablobetonem?
- 3) wskazać zastosowanie konstrukcji sprężonych?

Tak	Nie
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

4.9. Zasady sporządzania rysunków konstrukcyjnych

4.9.1. Materiał nauczania

Rysunki techniczne są częścią dokumentacji projektowej, na podstawie której można wykonać elementy konstrukcyjne, połączyć je w zespoły i układy oraz zmontować w całość konstrukcji obiektu budowlanego.

Rysunki konstrukcyjne wykonuje się według ogólnych zasad sporządzania rysunków budowlanych. Szczegółowe zasady sporządzania rysunków technicznych zawarto w pakiecie edukacyjnym do jednostki modułowej „Posługiwanie się dokumentacją techniczną”.

Rysunki techniczne należy wykonywać zgodnie z normami, których aktualność trzeba na bieżąco sprawdzać.

Zasady wykonywania rysunków konstrukcyjno-budowlanych są zawarte w normie PN-B-01040:1994. Rysunek konstrukcyjny budowlany. Zasady ogólne.

Konstrukcje, jej elementy i szczegóły należy przedstawiać zgodnie z zasadami rzutowania prostokątnego. Elementy symetryczne zaleca się przedstawiać za pomocą rzutu połówkowego (do płaszczyzny symetrii), podając wymiar całkowity i ewentualny schemat całego elementu, a elementy długie, za pomocą rzutu przerywanego podając wymiar całkowity.

Rodzaje rysunków konstrukcyjnych

Projekt konstrukcyjny dostarczony wykonawcy powinien zawierać rysunki wszystkich elementów tworzących ustrój nośny obiektu budowlanego.

W zależności od przeznaczenia rozróżnia się następujące rodzaje rysunków:

- rysunki schematyczne,
- rysunki zestawieniowe,
- rysunki robocze.

Rysunki konstrukcyjne powinny być wykonywane w formatach zasadniczych A0÷A4.

Na **rysunkach schematycznych** – przedstawia się układ konstrukcyjny obiektu budowlanego, jego podstawowe wymiary.

Na **rysunkach zestawieniowych** (montażowych) – ukazuje się rozmieszczenie elementów konstrukcji oraz szczegóły połączeń.

Rysunki zestawieniowe powinny zawierać następujące dane:

- siatkę projektową,
- oznaczenia elementów konstrukcyjnych,
- nawiązanie elementów do siatki projektowej,
- charakterystyczne poziomy (rzędne) elementów konstrukcyjnych,
- powołania na rysunki szczegółów.
- elementy konstrukcji powinny być pokazane na rzutach, przekrojach lub widokach.

Rysunki zestawieniowe elementów skomplikowanych konstrukcji przestrzennych powinny być wykonane w różnych płaszczyznach rzutowania.

Zaleca się stosowanie następujących podziałek:

- 1:50, 1:100, 1:200 – rysunki zestawieniowe i schematyczne,
- 1:10, 1:20, 1:50 – rysunki kształtu elementów i zbrojenia (konstrukcje żelbetowe),
- 1:1, 1:2, 1:5, 1:10 – rysunki szczegółów.

Dopuszcza się stosowanie różnych podziałek na jednym arkuszu (np. rzut elementu w skali 1:50, przekroje w skali 1:10 lub 1:20). Podziałki te należy podać w opisie rysunku.

Rysunki konstrukcji drewnianych

Rysunki konstrukcji drewnianych wykonuje się zgodnie z normą PN-88/B-01042. Rysunek konstrukcyjny budowlany. Konstrukcje drewniane.

Na **rysunkach schematycznych** konstrukcji lub zespołów konstrukcji drewnianych należy przedstawiać tylko podstawowe elementy, bez łączników w złączach oraz podawać główne wymiary.

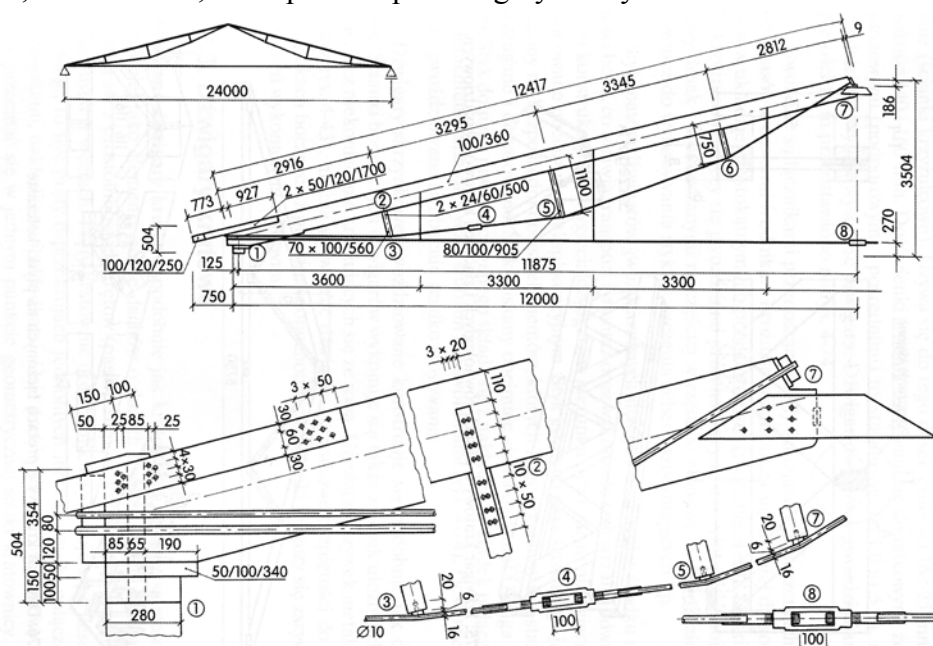
Na **rysunkach zestawieniowych** należy pokazać całość projektu konstrukcji drewnianych, np. więźbę dachową, ściany szkieletowe, belkowania stropów oraz przedstawić ich wzajemne usytuowanie w płaszczyznach poziomych i pionowych, z podaniem najważniejszych wymiarów.

Na **rysunkach montażowych** należy ponadto przedstawić połączenia, sposób montażu oraz kolejność robót montażowych.

Na rysunkach roboczych powinny się pokazać wszystkie konstrukcje drewniane, zespoły konstrukcyjne, ich części (elementy), charakterystyczne fragmenty konstrukcji oraz złącza (wraz z łącznikami). Uzupełnieniem rysunków roboczych są wykazy materiałów (wraz z łącznikami).

Rysunki robocze powinny zawierać:

- wszystkie potrzebne rzuty, przekroje i widoki,
- dokładne wymiary konstrukcji, zespołów konstrukcyjnych, ich rozpiętości oraz rozstawy ich złączy,
- szczegóły złączy elementów każdej odrębnej konstrukcji lub każdego odrębnego zespołu konstrukcyjnego,
- klasy drewna i innych materiałów, warunki dotyczące technologii wykonania, montażu, transportu, składowania, zabezpieczeń przeciwgrzybiczych.



Rys. 30. Przykładowy rysunek. Dźwigar kratowy drewniano-stalowy [5, s. 190]

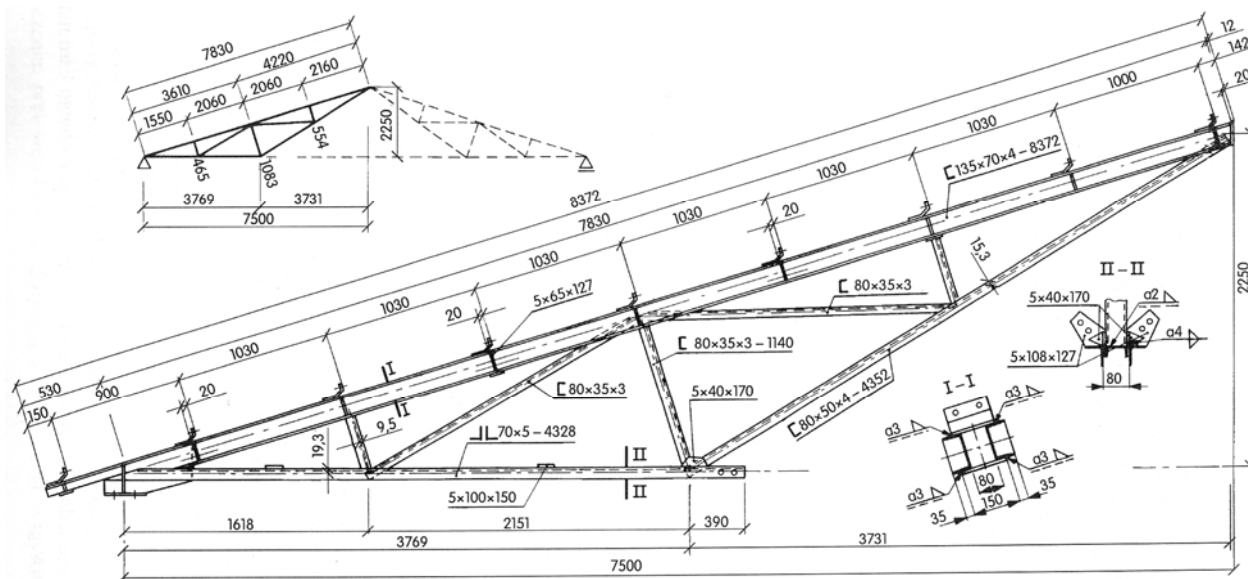
Tab. 9. Zestawienie drewna na konstrukcję dachu

Element	Przekrój		Długość rzutu [m]	Długość 1 sztuki [m]	Ilość [szt.]	Objętość 1 szt. [m ³]	Objętość [m ³]
	Symbol	b [cm]					
Ogółem m ³							

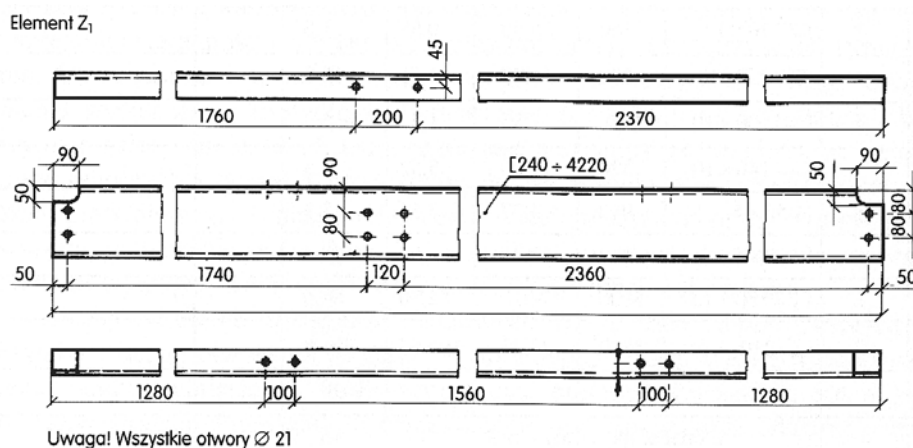
Rysunki konstrukcji stalowych

Wykonuje się zgodnie normami PN-ISO 5261:1994 (uzupełnionej arkuszem krajowym AK) – zasady sporządzania rysunków roboczych elementów i szczegółów konstrukcji metalowych oraz PN-ISO 2553:1997 – umowne przedstawianie na rysunkach technicznych połączeń spawanych, zgrzewanych i lutowanych.

Wyróżnia się rysunki: schematyczne, robocze, zestawieniowe (złożeniowe) i montażowe.



Rys. 31. Konstrukcja dźwigara kratowego [7, s. 183]



Rys. 32. Przykład rysunku roboczego zawierającego tylko jedną pozycję [7, s. 221]

Rysunki konstrukcji stalowych wykonuje się obecnie technika komputerową, wykorzystując systemy graficzne CAD z nakładkami do projektowania konstrukcji stalowych i tworzenia wykazów stali.

Tab. 10. Przykładowy wykaz stali profilowej [7, s. 222]

Jedn. projekt		Wykaz stali nr 3 B-X-1681				Nr proj. B-X-1681		Strona 25		
BRP							Arkusz 23		
Zamawiający: Z.L.O						Poz. od 346 do 365				
Element: SŁUP S7						Dnia				
Miejsce budowy: BUD. Nr 33						Wykonał				
						Sprawdził				
Poz.	Liczba [szt.]	Przedmiot	Długość [mm]	Masa jedn. [kg/m]	Masa 1 szt. [kg]	Masa całkow. [kg]	Material	Uwagi		
		SŁUP S7 szt. 3								
346	2	L 90×60×8	3700	8,96	33,15	66,3	St3S			
347	4	L 90×60×8	1320	8,96	11,83	47,3				
348	2	C 240	2010	33,20	66,73	133,5				
349	2	L 80×8	740	9,66	7,15	14,3				
350	14	L 50×5	740	3,77	2,79	39,1				
351	2	C 260	1380	37,90	52,30	104,6				
352	2	φ 350×20	450	54,95	24,72	49,4				
353	8	φ 145×10	220	11,40	2,51	20,1				
354	4	φ 90×8	110	5,65	0,62	2,5				
355	4	φ 155×10	240	12,17	2,92	11,7				
356	2	φ 200×12	700	18,84	13,19	26,4				
357	2	φ 100×10	770	7,85	6,04	12,1				
358	2	φ 70×10	160	5,50	0,88	1,8				
359	4	φ 250×8	300	15,70	4,71	18,8				
360	4	φ 100×10	200	7,85	1,57	6,3				
361	1	φ 140×10	320	11,00	3,52	3,5				
362	8	L 50×5	940	3,77	3,54	28,3				
363	8	L 50×5	940	3,77	3,54	28,3				
364	2	φ 180×10	3000	14,10	42,30	84,6				
365	2	C 240	5890	33,20	195,55	391,0				
						1090				
		Dodatek na spoiny 1,5%					16			
						1106	×3=	3318 kg		

Rysunki konstrukcji żelbetowych

Rysunki konstrukcji żelbetowych wykonuje się zgodnie z normą: PN-88/B-01041:

Rysunki robocze

Do rysunków roboczych zalicza się:

- rysunki kształtu,
- rysunki zbrojenia konstrukcji,
- rysunki szczegółów (detali).

Na **rysunkach kształtu** podaje się:

- kształt i wymiary konstrukcji lub jej części (w rzutach lub widokach oraz na niezbędnych przekrojach),

- klasę betonu, a w razie potrzeby także szczególne właściwości betonu i jego składu oraz wytrzymałość betonu odpowiednio do danego stanu realizacji,
- informacje dotyczące wykończenia powierzchni,
- usytuowanie dylatacji i przerw roboczych (w konstrukcjach monolitycznych),
- masę montażową,
- uwarunkowania transportu, montażu i składowania,
- szczegóły połączeń (w konstrukcjach prefabrykowanych).

Na **rysunkach zbrojenia** należy w sposób jednoznaczny określić kształt i wymiary prętów, ich rozmieszczenie, liczbę, średnicę oraz gatunek (znak) stali, z której są wykonane pręty.

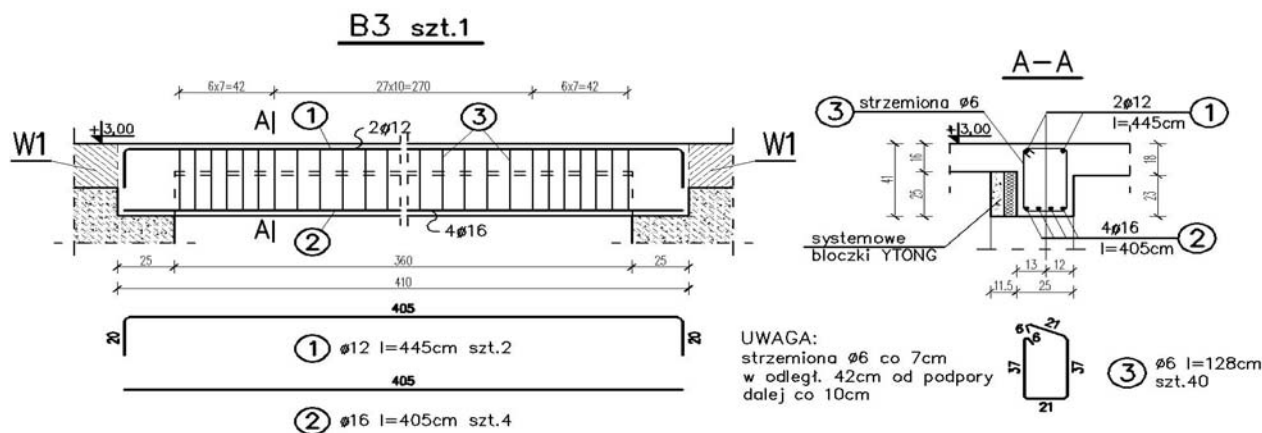
Zbrojenie o nieskomplikowanym kształcie można pokazywać tylko na rysunkach kształtu konstrukcji, a zbrojenie o złożonym kształcie należy przedstawiać na oddzielnym rysunku zbrojenia.

Graficzne symbole zbrojenia zwykłego podane są w normach: PN-B/-01041 i PN-ISO 3766:1994.

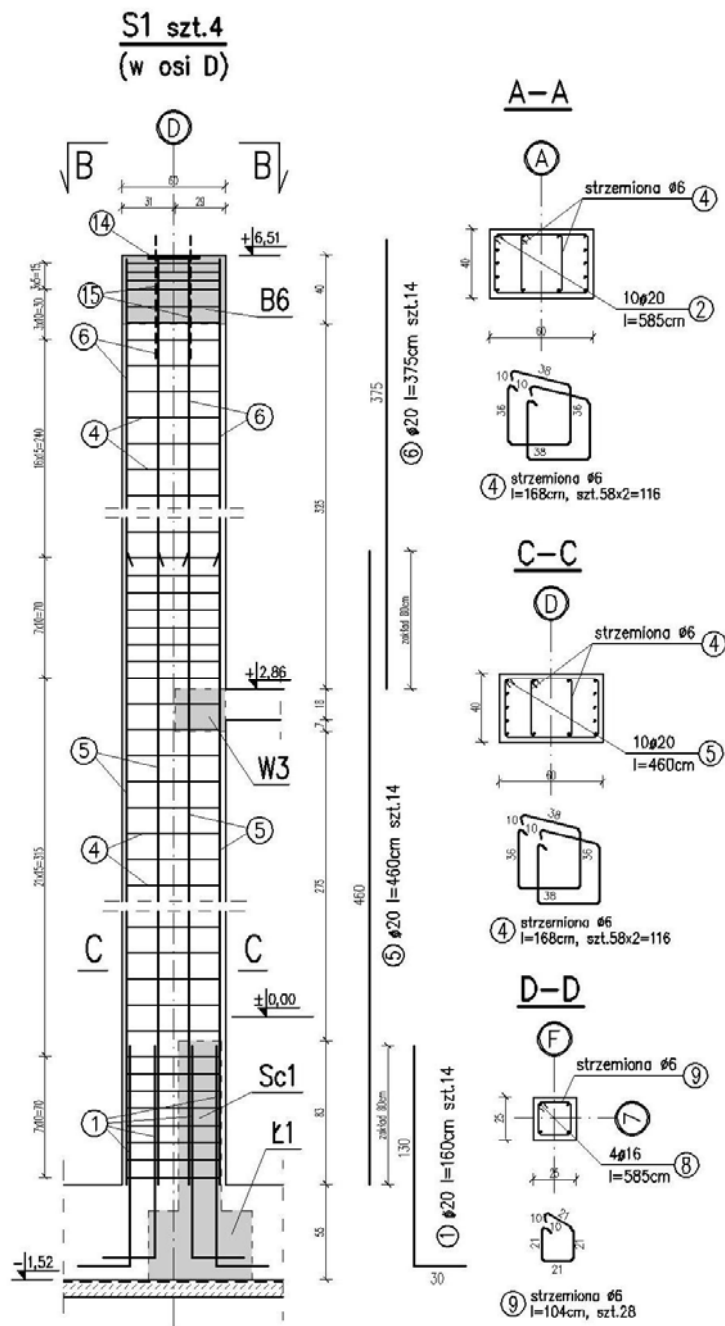
Pręty zbrojenia rysuje się tak jakby były one widoczne w elemencie przezroczystym. Pręty o jednakowych lub podobnych średnicach rysuje się linią pojedynczą jednakowej grubości.

Najlepiej jest przedstawiać poszczególne pręty poniżej rzutu lub przekroju, równoległe do odpowiednich prętów na rysunku elementu.

Pręty zbrojenia należy odpowiednio zwymiarować i opisać. W opisie podaje się średnicę pręta, długość odcinków pomiędzy załamaniami oraz długość całkowitą oraz liczbę prętów w elemencie. Każdy pręt powinien być oznaczony numerem porządkowym (na każdym rysunku numerację zaczyna się od numeru pierwszego)



Rys. 33. Przykładowy rysunek zbrojenia belki żelbetowej [opracowanie własne]



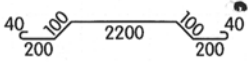

Rys. 34. Przykładowy rysunek słupa żelbetowego [opracowanie własne]

Rysunki szczegółów – wykonuje się wtedy, gdy nie było możliwości podania niezbędnych informacji na innych rysunkach. Najczęściej wykonuje się szczegółowe rysunki złączy elementów.

Wykaz materiałów i wyrobów – obejmują wykazy zbrojenia (prętów), a przypadku konstrukcji prefabrykowanych – wykaz prefabrykatów wraz z jednostkowym ciężarem każdego z nich.

Rysunki konstrukcji żelbetowych wykonuje się obecnie techniką komputerową, wykorzystując systemy graficzne CAD z nakładkami do projektowania konstrukcji żelbetowych i tworzenia wykazów stali.

Tab. 11. Przykładowy wykaz stali zbrojeniowej z podaniem rysunków prętów [6, s. 294]

Nr pręta	Kształt pręta	Średnica pręta mm	Długość pręta m	Liczba prętów w 1 elemencie	Długość ogólna	
					D-1	St0S
					φ4,5 mm m	φ6 mm m
1		6	2,88	5		14
2		4,5	2,10	12	26	
Długość ogólna wg średnic				m	26	14
Masa 1 m pręta				kg	0,125	0,222
Masa prętów wg średnic				kg	3,25	3,11
Masa całkowita				kg	7	

4.9.2. Pytania sprawdzające

Odpowiadając na pytania, sprawdzisz, czy jesteś przygotowany do wykonania ćwiczeń.

1. Jakie są zasady sporządzania rysunków konstrukcyjnych?
2. W jaki sposób wykonuje się rysunki konstrukcji żelbetowych?
3. W jaki sposób wykonuje się rysunki konstrukcji stalowych?
4. W jaki sposób wykonuje się rysunki konstrukcji drewnianych?
5. W jaki sposób sporządza się wykazy materiałów?

4.9.3. Ćwiczenia

Ćwiczenie 1

Wykonaj rysunek konstrukcyjny belki żelbetowej obliczonej w ćwiczeniu 1 (w rozdziale 4.7).

Sposób wykonania ćwiczenia

Aby wykonać ćwiczenie powinieneś:

- 1) odszukać w normach i literaturze informacje na temat wykonywania rysunków konstrukcji żelbetowych,
- 2) wykonać rysunek ołówkiem z uwzględnieniem odpowiednich grubości linii, zasad wymiarowania i opisywania rysunków.

Wyposażenie stanowiska pracy:

- normy do wykonywania rysunków technicznych,
- przykładowe rysunki konstrukcyjne,
- podręcznik,
- przybory rysunkowe.

Ćwiczenie 2

Wykonaj zestawienie stali profilowej dla elementu konstrukcji stalowej przedstawionego na rysunku otrzymanym od nauczyciela.

Sposób wykonania ćwiczenia

Aby wykonać ćwiczenie powinieneś:

- 1) odszukać w normach i literaturze informacje na temat zasad wykonywania wykazów stali profilowej konstrukcji stalowych,
- 2) wykonać zestawienie stali.

Wyposażenie stanowiska pracy:

- normy do wykonywania rysunków technicznych,
- przykładowe rysunki konstrukcyjne,
- podręcznik,
- katalog profili walcowanych,
- przybory rysunkowe,
- kalkulator.

4.9.4. Sprawdzian postępów

Czy potrafisz:

- 1) wykonać rysunki konstrukcji żelbetowych?
- 2) wykonać rysunki konstrukcji stalowych?
- 3) wykonać rysunki konstrukcji drewnianych?
- 4) sporządzić wykazy materiałów?

Tak	Nie
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

5. SPRAWDZIAN OSIĄGNIĘĆ

INSTRUKCJA DLA UCZNIĄ

1. Przeczytaj uważnie instrukcję.
 2. Podpisz imieniem i nazwiskiem kartę odpowiedzi.
 3. Zapoznaj się z zestawem zadań testowych.
 4. Test zawiera 15 pytań. Do każdego pytania dołączone są 4 możliwości odpowiedzi, tylko jedna jest prawidłowa.
 5. Udzielaj odpowiedzi na załączonej karcie odpowiedzi stawiając w odpowiedniej rubryce znak X. W przypadku pomyłki należy błędną odpowiedź zaznaczyć kółkiem, a następnie ponownie zakreślić odpowiedź prawidłową.
 6. Pracuj samodzielnie, bo tylko wtedy będziesz miał satysfakcję z wykonanego zadania.
 7. Kiedy udzielenie odpowiedzi będzie Ci sprawiało trudność, wtedy odłóż jego rozwiązanie na później i wróć do niego, gdy zostanie Ci wolny czas.
 8. Na rozwiązanie testu masz 40 minut.
- Powodzenia!

Materiały dla ucznia:

- instrukcja,
- zestaw zadań testowych,
- karta odpowiedzi.

Zestaw zadań testowych

Wybierz poprawną odpowiedź, zaznaczając odpowiednią literę.

1. Jaką metodą projektuje się konstrukcje budowlane:
 - a) stanów granicznych,
 - b) naprężeń liniowych,
 - c) odkształceń plastycznych,
 - d) naprężeń dopuszczalnych.
2. Konstrukcje murowe cechuje duża wytrzymałość na:
 - a) zginanie,
 - b) ścinanie,
 - c) ściskanie,
 - d) rozciąganie.
3. Nośność muru niezbrojonego **nie zależy** od:
 - a) smukłości ściany,
 - b) wiązania elementów,
 - c) przekroju poprzecznego,
 - d) wytrzymałości obliczeniowej muru.
4. Zaletą konstrukcji drewnianych jest:
 - a) anizotropowość,
 - b) duża wytrzymałość na ściskanie,
 - c) odporność na korozję biologiczną,
 - d) duża wytrzymałość na rozciąganie.

5. Jaką literą oznacza się klasy drewna konstrukcyjnego:
- D,
 - C,
 - B,
 - A.
6. Elementy drewniane pracujące w pomieszczeniach suchych zalicza się do klasy użytkowania:
- 1,
 - 2,
 - 3,
 - 4.
7. Zastosowanie belki ażurowej zapewnia uzyskanie:
- łatwości montażu,
 - łatwości transportu,
 - większej estetyki wnętrza,
 - większej sztywności i nośności przekroju.
8. Do stanów granicznych użytkowania konstrukcji stalowych zalicza się:
- nadmierne ugięcie elementu,
 - zarysowanie elementu,
 - wyboczenie elementu,
 - zniszczenie elementu.
9. Grubość płyt żelbetowych **nie zależy** od:
- obciążenia,
 - rozpiętości,
 - przeznaczenia,
 - rodzaju zbrojenia.
10. Jaki rodzaj prętów zbrojenia **nie występuje** w belce:
- strzemiona,
 - rozdzielcze,
 - montażowe,
 - nośne proste.
11. Konstrukcje sprężone zbroi się:
- ciągami,
 - prętami prostymi,
 - siatkami z prętów,
 - szkieletami z prętów.
12. W połączeniach konstrukcji stalowych śruby pracują na:
- docisk i ścinanie,
 - ścinanie i zginanie,
 - rozciąganie i docisk,
 - zginanie i rozciąganie.

13. Największy rozstaw prętów zbrojenia nośnego w płycie o grubości 10 cm wynosi:

- a) 12cm,
- b) 13 cm,
- c) 14 cm,
- d) 25 cm.

14. Jaki jest najbardziej korzystny przekrój dla elementu ściskanego osiowo:

- a) teowy,
- b) dwuteowy,
- c) prostokątny,
- d) kwadratowy.

15. Oznaczenie na rysunku spoiny montażowej to:

- a) kółko,
- b) trójkąt,
- c) prostokąt,
- d) chorągiewka.

KARTA ODPOWIEDZI

Imię i nazwisko.....

Projektowanie konstrukcyjne

Zakreśl poprawną odpowiedź

Nr zadania	<i>Odpowiedź</i>				Punkty
1	a	b	c	d	
2	a	b	c	d	
3	a	b	c	d	
4	a	b	c	d	
5	a	b	c	d	
6	a	b	c	d	
7	a	b	c	d	
8	a	b	c	d	
9	a	b	c	d	
10	a	b	c	d	
11	a	b	c	d	
12	a	b	c	d	
13	a	b	c	d	
14	a	b	c	d	
15	a	b	c	d	
Razem:					

6. LITERATURA

1. Iwanczewska A.: Konstrukcje budowlane 1. Statyka budowli. WSiP, Warszawa 2000
2. Iwanczewska A.: Konstrukcje budowlane 2. Wytrzymałość materiałów. WSiP, Warszawa 2000
3. Nożyński W.: Przykłady obliczeń konstrukcji budowlanych z drewna. WSiP, Warszawa 1994
4. Praca zbiorowa. Nowy poradnik majstra budowlanego. Arkady, Warszawa 2002
5. Pyrak S., Włodarczyk W.: Konstrukcje budowlane 3. Posadowienie budowli, konstrukcje murowe i drewniane. WSiP, Warszawa 2000
6. Pyrak S.: Konstrukcje budowlane 5. Konstrukcje z betonu. WSiP, Warszawa 2001
7. Włodarczyk W.: Konstrukcje budowlane 4. Konstrukcje stalowe. WSiP, Warszawa 2000
8. Włodarczyk W.: Konstrukcje budowlane, cz. 4. Przykłady obliczeń elementów i połączeń konstrukcji stalowych. WSiP, Warszawa 2000
9. Wojciechowski L.: Rysunek budowlany. WSiP, Warszawa 2003

Normy:

- | | |
|-----------------------|--|
| 1. PN-90/B-03000 | Projekty budowlane. Obliczenia statyczne |
| 2. PN-82/B-02000 | Obciążenia budowli. Zasady ustalania wartości |
| 3. PN-82/B-02003 | Obciążenia budowli. Obciążenia zmienne technologiczne.
Podstawowe obciążenia technologiczne i montażowe |
| 4. PN-80/B-02010 | Obciążenia budowli. Obciążenia w obliczeniach statycznych.
Obciążenie śniegiem |
| 5. PN-80/B-02011 | Obciążenia budowli. Obciążenia w obliczeniach statycznych.
Obciążenie wiatrem |
| 6. PN-B-03264:2002 | Konstrukcje betonowe, żelbetowe i sprężone.
Obliczenia i projektowanie |
| 7. PN-81/B-03020 | Grunty budowlane. Posadowienia bezpośrednie budowli.
Obliczenia statyczne i projektowanie |
| 8. PN-90/B-03200 | Konstrukcje stalowe. Obliczenia statyczne i projektowanie |
| 9. PN-81/B-03150:2000 | Konstrukcje drewniane. Obliczenia statyczne i projektowanie |
| 10. PN-B-03002:1999 | Konstrukcje murowe niezbrojone. Projektowanie i obliczanie |
| 11. PN-B-03340:1999 | Konstrukcje murowe zbrojne. Projektowanie i obliczanie |