

Plan rozwoju: Koordynacja projektowania konstrukcyjnego i architektonicznego budynków wielokondygnacyjnych z ramami stalowymi

Podano podstawowe informacje przy podejmowaniu efektywnych decyzji na etapie projektowania koncepcji konstrukcji nośnej budynku wielokondygnacyjnego.

Spis treści

1. Siatki słupów konstrukcji	2
2. Wpływ wysokości budynku	3
3. Koordynacja pozioma	4
4. Koordynacja pionowa: Wysokość kondygnacji	6
5. Koordynacja pionowa: Część konstrukcyjna	6
6. Koordynacja pionowa: Część instalacyjna	6
7. Rozwiązania konstrukcyjne w poziomie	7
8. Zakres rozpiętości systemów konstrukcyjnych	11
9. Korzyści stosowania dużych rozpiętości konstrukcji	11
10. Przybliżone ilości stali	12

1. Siatki słupów konstrukcji

Siatka konstrukcji definiuje rozstaw słupów w kierunkach ortogonalnych. Na rozstaw ten mają wpływ:

- Siatka projektowa (normalnie oparta na wielokrotności 300 mm, typowo 1,2 albo 1,5 m).
- Rozstaw słupów wzdłuż elewacji, zależny od rozwiązania materiałowego i konstrukcji elewacji.
- Użycie wewnętrznych rozstawów (np. dla biur lub otwartych przestrzeni).
- Wymagania dotyczące utrzymania budynku (z trzonu budynku).

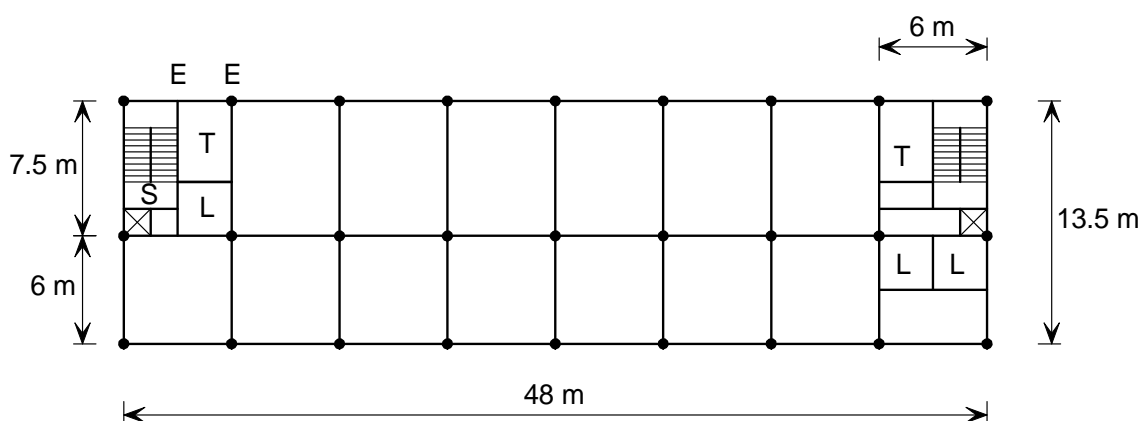
Wzdłuż linii elewacji rozstaw słupów jest zależny od potrzeb podparcia materiału okładzinowego ścian zewnętrznych (np. dla ścian murowanych rozstaw słupów wynosi maksymalnie 6 m). To wpływa na rozstaw słupów wewnętrznych jeżeli dodatkowe słupy nie są stosowane wzdłuż linii elewacji.

Rozpiętość belek w kierunku szerokości budynku jest dostosowana do jednego z następujących rozmieszczeń siatki słupów:

- Pojedyncza wewnętrzna linia słupów, umieszczona wzdłuż linii centralnego korytarza.
- Para linii słupów po obu stronach korytarza.

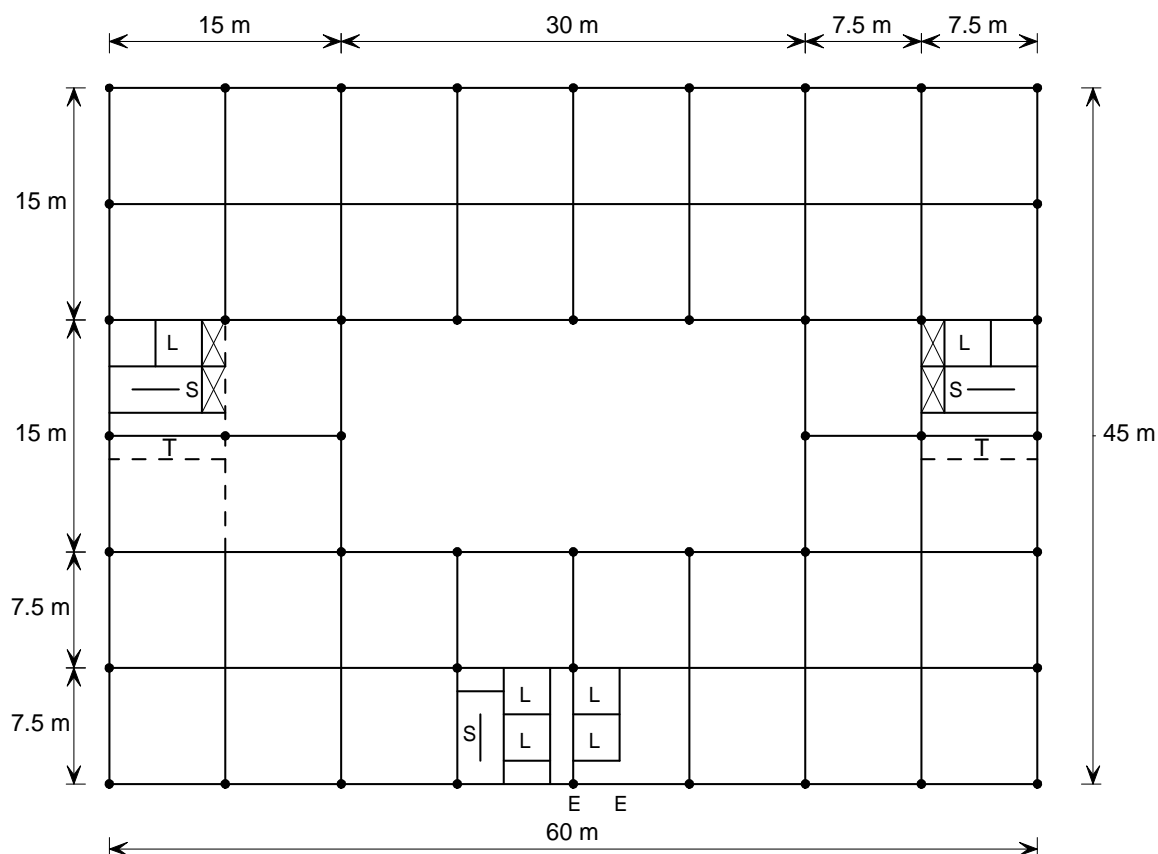
Dla budynków biurowych z wentylacją naturalną jest stosowana typowa szerokość od 12 do 16 m, która może być osiągnięta przez dwie rozpiętości od 6 do 8 m. Przy wyborze szerokości płyty podłogi istotną rolę odgrywa też oświetlenie naturalne. Siatka słupów wzdłuż linii centralnego korytarza jest pokazana na Rys. 1.1. Alternatywnie, w celu znacznego poprawienia elastyczności układu można stosowane duże rozpiętości.

Dla klimatyzowanych budynków biurowych, często jest stosowana rozpiętość w świetle od 15 do 18 m, chociaż dla biur bez światła dziennego może być też przyjęta siatka podłogi 9×9 m. Przykład siatki słupów dla dużej rozpiętości w budynku z wielkim atrium jest pokazany na Rys. 1.2.



Oznaczenia: L – windy; S – schody; T - toalety

Rys. 1.1 Rozstaw słupów w budynku biurowym z wentylacją naturalną



Oznaczenia: L – windy; S – schody; T - toalety

Rys. 1.2 Rozstaw słupów w prestiżowym klimatyzowanym budynku biurowym

2. Wpływ wysokości budynku

Wysokość budynku ma duży wpływ na:

- Przyjęcie systemu konstrukcyjnego.
- Rodzaj posadowienia budynku.
- Wymagania ognioodporności i środki ewakuacji.
- Dostęp (przy pomocy wind) i rozmieszczenie powierzchni komunikacyjnych.
- System obudowy.
- Szybkość i wydajność budowy.

System konstrukcji zależy głównie od sposobu stężenia budynku. Dla budynków o wysokości do 8 kondygnacji, preferowane są stężenia pionowe. Dla wyższych budynków, strategicznie położonych przyjmuje się zwykle trzony betonowe albo stężone trzony stalowe. Dla bardzo wysokich budynków, stosuje się wiele typów zewnętrznych systemów stężających, które nie są objęte zakresem tej informacji.

Rozmieszczenie wind i ich szybkość ruchu też stają się ważne dla wysokich budynków. Zależnie od regulacji bezpieczeństwa pożarowego w danym kraju, zastosowanie tryskaczy może być wymagane w budynkach które mają więcej niż 8 kondygnacji.

3. Koordynacja pozioma

Pozioma koordynacja jest zdominowana przez potrzebę określenia stref dostępu do komunikacji pionowej, bezpiecznej ewakuacji i pionowych instalacji budynku. Wynikające trzony są stosowane do by stężenia budynku i przeniesienia obciążeń poziomych na fundamenty, co jest praktycznym rozwiązaniem. Na rozmieszczenie trzonów ma wpływ:

- Poziome układy rozdzielcze dla instalacji mechanicznych.
- Ocena wymagań ogniowych, które mogą prowadzić do skrócenia dróg ewakuacyjnych i zmniejszenia rozmiaru stref pożarowych.
- Potrzeba by systemy stężące były na rzucie budynku rozmieszczone bardziej lub mniej symetrycznie.

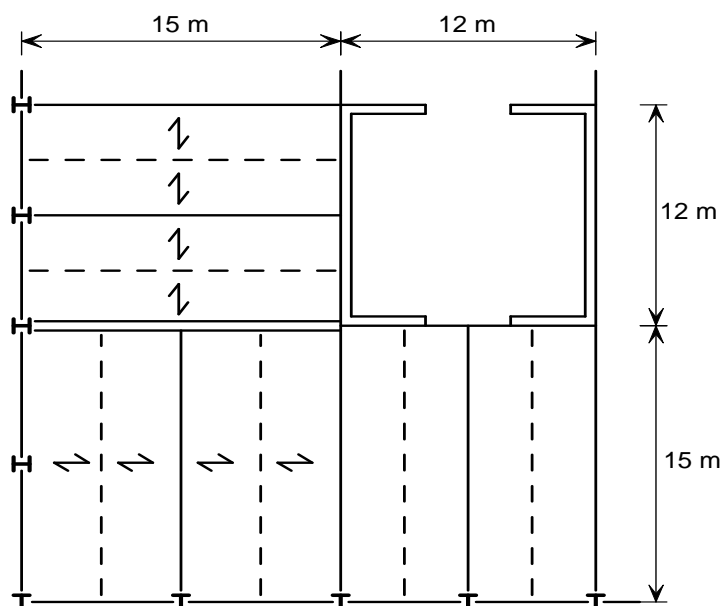
Na Rys. 1.1 i Rys. 1.2 pokazano typowe układy z trzonami, które spełniają te kryteria.

Ogólnie stateczność wyższych budynków może być zapewniona przez *stężenia pionowe*, albo przez trzon betonowy albo stężony trzon stalowy.

W budynkach z trzonem betonowym belki często są rozpięte pomiędzy słupami na obwodzie budynku i trzonem betonowym. Specjalne projektowanie konstrukcji uwzględnia wymagania dla:

- Połączeń belek z trzonem betonowym.
- Projektowanie cięższych belek głównych w narożniku trzonu.
- Bezpieczeństwo pożarowe i odporność na błędy konstrukcji o dużych rozpiętości.

Typowy układ belek wokół betonowego trzonu jest pokazany na Rys. 3.1, pokazując użycie cięższych belek na rogu w narożniku trzonu. Podwójna belka może być wymagana by zmniejszyć szerokość oparcia na rogach.



Rys. 3.1 Rozmieszczenie belek wokół betonowego trzonu

Atrium może być wykorzystane do doświetlenia do wewnętrznej przestrzeni i do zapewnienia wysokiej wartości cyrkulacji powietrza w obszarze między parterem i piętrami pośrednimi. Wymagania projektowe dla atrium są następujące:

- Podpory dachu atrium o dużej rozpiętości.
- Drogi dostępu dla ogólnej cyrkulacji.
- Bezpieczeństwo pożarowe mierzone przez wydobycie dymu i bezpieczne drogi ewakuacyjne.
- Jasne piętra i łatwa obsługa biur wewnętrznych.

Przykład konstrukcji podparcia atrium z giętych rur stalowych jest pokazany na Rys. 3.2.



Rys. 3.2 Konstrukcja z rur podpierająca dach atrium

4. Koordynacja pionowa: Wysokość kondygnacji

Zamierzona wysokość kondygnacji brutto (od podłogi do podłogi) jest oparta na wysokości od podłogi do sufitu wynoszącej od 2,5 do 2,7 m dla typowych biur, lub 3,0 m dla bardziej prestiżowych zastosowań plus grubość stropu razem z instalacjami. W stadium projektu koncepcyjnego powinno się brać pod uwagę następujące wysokości brutto:

Biura prestiżowe 3,8 – 4,2 m

Biura typowe 3,5 – 4,0 m

Projekty renowacji 3,5 – 3,9 m

Te wysokości pozwalają na zakres rozwiązań konstrukcyjnych. Jeżeli z planowanych powodów całkowita wysokość budynku ma być ograniczona, to można to osiągnąć przez zastosowanie cieńszych stropów, albo zintegrowanych systemów belkowych. Cieńsze konstrukcje stropów są często stosowane a w projektach renowacji, gdzie wysokość kondygnacji jest ograniczona przez zgodność z istniejącym budynkiem albo elewacją.

5. Koordynacja pionowa: Część konstrukcyjna

W projektowaniu koncepcyjnym, w celu określenia wysokości konstrukcyjnej (belki stalowe) mogą być używane następujące współczynniki rozpiętości do wysokości.

Belki zespolone	Współczynnik rozpiętość/wysokość ≤ 25
Belki ażurowe	Współczynnik rozpiętość/wysokość ≤ 25
Spawane belki główne	Współczynnik rozpiętość/wysokość ≤ 20
Slim floor* lub belki zintegrowane	Współczynnik rozpiętość/wysokość ≤ 25

* Slim floor – rodzaj stropu o konstrukcji zespolonej opracowanego przez firmę CORUS

Aby obliczyć całkowitą grubość stropu należy dodać grubość płyty (z wyjątkiem konstrukcji stropu Slim floor, gdzie płyta i belka zajmują tę samą grubość). Tak więc dla belki zespolonej o rozpiętości 12 m, wysokość konstrukcyjna wynosi 480 mm plus grubość płyty 120 do 150 mm, dając w przybliżeniu 600 mm. Należy również dodać grubość zabezpieczenia przeciwpożarowego i dodatek na ugięcia (nominalnie 30 mm).

6. Koordynacja pionowa: Część instalacyjna

Tam, gdzie strefy konstrukcyjna i instalacyjna są rozdzielone w pionie, do grubości konstrukcyjnej należy dodać:

Podłoga podniesiona	150 do 200 mm
Klimatyzatory	400 do 500 mm

Sufit i oświetlenie 120 do 250 mm

Jednakże znaczące zmniejszenie ogólnej grubości stropu można uzyskać przez integrację w pionie stref konstrukcyjnej i instalacyjnej. To jest szczególnie korzystne przy większej rozpiętości konstrukcji.

W projekcie koncepcyjnym powinno się więc stosować następujące, całkowite grubości stropu:

Konstrukcje zespolone 800 – 1200 mm

Belki ażurowe (ze zintegrowanymi instalacjami) 800 – 1100 mm

Slim floor lub belki zintegrowane 800 – 1000 mm

7. Rozwiązania konstrukcyjne w poziomie

Rozwiązania konstrukcyjne belek stropowych i zalecane rozpiętości są następujące:

Belki zespolone (z płytą zespoloną) Rozpiętość od 6 do 13 m

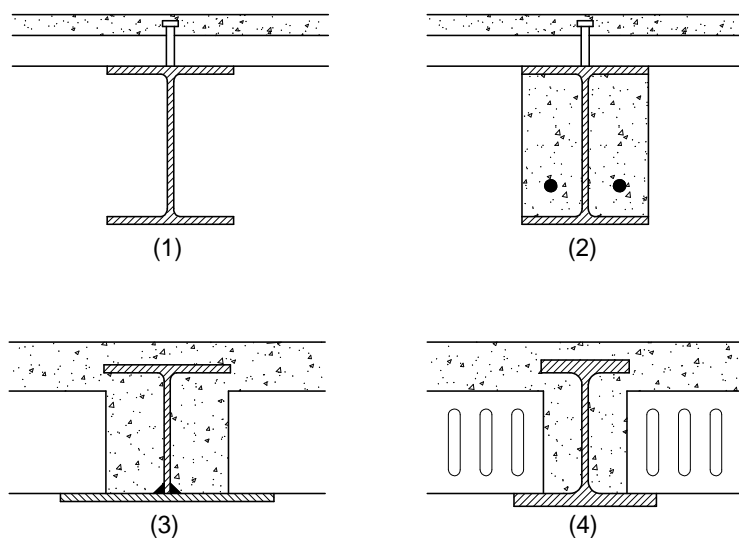
Belki bez zespolenia (z płytą prefabrykowaną) Rozpiętość od 6 do 9 m

Częściowo obetonowane belki zespolone Rozpiętość od 6 do 12 m

Ażurowe lub pełnościennie spawane (z płytą prefabrykowaną) Rozpiętość od 8 do 18 m

Slim floor lub belki zintegrowane Rozpiętość od 5 do 9 m

Rozwiązania konstrukcyjne belek stropowych przedstawiono na Rys. 7.1.



Oznaczenia:

1. Belka zespolona
2. Częściowo obetonowana belka zespolona
3. Belka zintegrowana
4. Belka stropu Slim floor

Rys. 7.1 Rodzaje konstrukcji stosowanych na stropy

Zespolone belki popierają zespolone płyty, które są rozpięte między belkami. Przy projektowaniu ortogonalnych siatek mogą być brane pod uwagę dwa rodzaje rozwiązań belek:

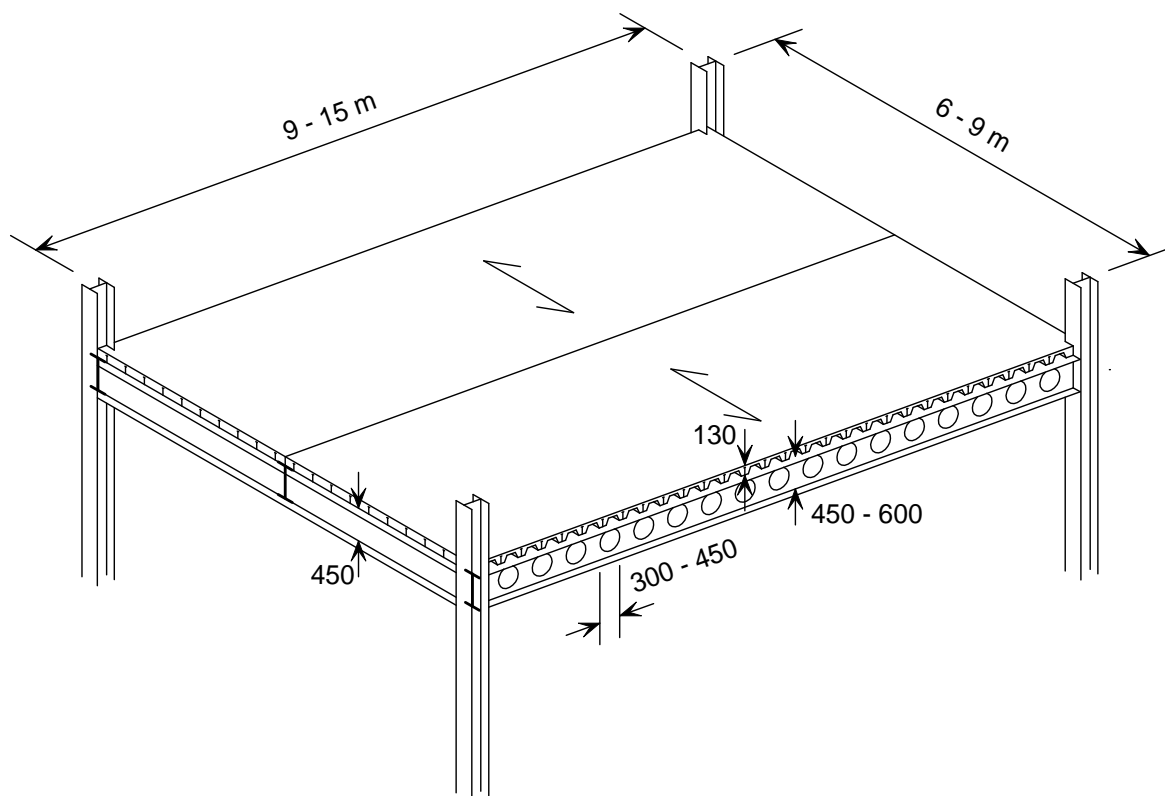
- Dużej rozpiętości belki drugorzędne, podparte przez belki główne o mniejszej rozpiętości (patrz Rys. 7.2).

W tym przypadku, rozpiętości belek mogą być tak dobrane, aby wysokości belek drugorzędnych i głównych były w przybliżeniu jednakowe.

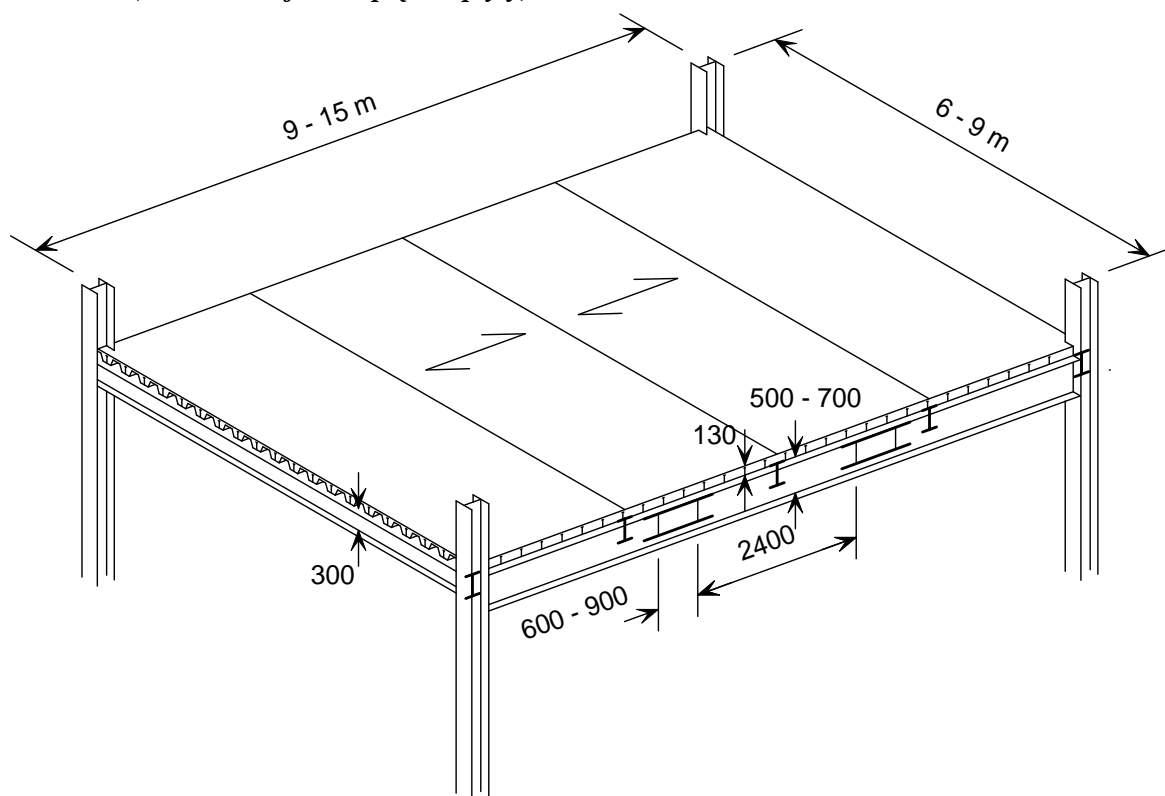
- Dużej rozpiętości belki główne, podpierające belki drugorzędne o mniejszej rozpiętości (patrz Rys. 7.3).

W tym przypadku, wysokość belek głównych jest większa niż belek drugorzędnych.

Belki ażurowe są bardziej efektywne gdy są stosowane jako belki drugorzędne o dużej rozpiętości, natomiast spawane belki pełnościenne są bardziej efektywne gdy są stosowane jako belki główne w których siły ścinające są wyższe. Jest również możliwe wyeliminowanie belek drugorzędnych przez stosowanie płyt zespolonych o długiej rozpiętości i belek głównych bezpośrednio połączonych ze słupami.



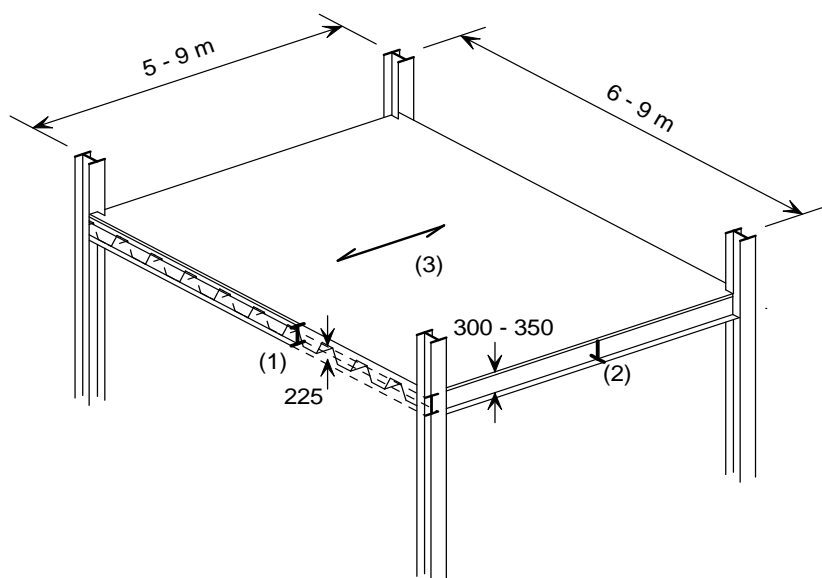
Rys. 7.2 Typowe belki drugorzędne o dużej rozpiętości
 (zaznaczona jest rozpiętość płyty)



Rys. 7.3 Typowe belki główne o dużej rozpiętości i krótsze belki drugorzędne

(zaznaczona jest rozpiętość płyty)

Zintegrowane belki to szczególnie przypadek, w którym belki są rozpięte bezpośrednio pomiędzy słupami a belki drugorzędne są wyeliminowane. Takie rozwiązanie można stosować w przypadku równego rozstawu słupów w obu kierunkach (patrz Rys. 7.4) Płyta jest oparta na dolnej półce lub poszerzonym pasie dolnym belki. Stosuje się płyty zespolone o dużej grubości lub żelbetowe płyty z otworami (np. kanałowe).



Oznaczenia:

1. Belka zintegrowana
2. Element łączący
3. Gruba płyta zespolona lub żelbetowa płyta z otworami

Rys. 7.4 *Belki zintegrowane lub typu slim floor (zaznaczona jest rozpiętość płyty)*

8. Zakres rozpiętości systemów konstrukcyjnych

Zakres rozpiętości dla różnych rozwiązań konstrukcyjnych zarówno stalowych jak i betonowych są pokazane na Rys. 8.1. W rozwiązaniach stalowych o dużej rozpiętości stosuje się instalacje ukryte w wysokości konstrukcyjnej. W rozwiązaniach osiąga się rozpiętość powyżej 12 m. Belki ażurowe i zespolone kratownice są bardziej efektywne jako belki drugorzędne, a belki pełnościenne są bardziej odpowiednie jako belki główne.

	Rozpiętość (m)					
	6	8	10	13	16	20
Płaska płyta żelbetowa	■					
Belki slim floor i płyty zespolone o dużej grubości	■	■				
Belki zintegrowane z płytą prefabrykowaną	■	■	■			
Belki i płyty żelbetowe		■	■	■		
Płaskie płyty kablobetonowe			■	■		
Belki i płyty zespolone		■	■	■		
Belki spawane z otworami w środnikach			■	■	■	■
Zespolone belki ażurowe			■	■	■	■
Kratownice zespolone					■	■

Rys. 8.1 Zakres rozpiętości dla różnych rozwiązań konstrukcyjnych

9. Korzyści stosowania dużych rozpiętości konstrukcji

Belki dużej rozpiętości są popularne w sektorze budownictwa komercyjnego ponieważ oferują następujące korzyści w projektowaniu i wykonawstwie:

- Wewnętrzne słupy są wyeliminowane, co prowadzi do bardziej elastycznego kształtowania i lepszego wykorzystania powierzchni wewnętrznej.
- Instalacje mogą być usytuowane w wysokości konstrukcyjnej stropu, co prowadzi do zmniejszenia całkowitej (od podłogi do podłogi) wysokości kondygnacji.
- Mniej elementów jest potrzebnych (np. 30% mniej belek), co prowadzi do odchudzenia konstrukcji i zmniejszenia czasu montażu.
- Koszty zabezpieczenia przeciwpożarowego mogą być zmniejszone z powodu użycia bardziej masywnych elementów o dużej rozpiętości.
- Dla belek ażurowych, wszelkie kanały o kształcie kołowym są lepsze i tańsze do rozprowadzenia instalacji niż kanały prostokątne.
- Koszty wyrobów stalowych nie są znacząco większe, pomimo ich większej rozpiętości.
- Ogólnie koszty budowy są nieznacznie zwiększone (mniej niż 1%).

10. Przybliżone ilości stali

Do wstępnej wyceny projektowanych budynków biurowych o regularnych kształtach, może być przyjmowane reprezentatywne zużycie stali. Ilość stali znacząco wzrastają w przypadku budynków o rzucie innym niż prostokątny, wysokich budynków, dla budynków atrium albo zastosowania skomplikowanych elewacji.

Poniżej przedstawiono przybliżone ilości stali w stosunku do całkowitej powierzchni podłogi budynku. Nie uwzględniono wyrobów stalowych stosowanych w elewacjach, w atrium i dachu.

Tablica 10.1 Przybliżone zużycie stali do wstępnej wyceny zamierzenia projektowego

Rodzaj budynku	Przybliżone zużycie stali (kg/m ² powierzchni podłogi)			
	Belki	Słupy	Stężenia	Razem
3 lub 4 kondygnacyjne budynki o regularnym kształcie	25–30	8–10	2–3	35–40
6–8 kondygnacyjne budynki o regularnym kształcie	25–30	12–15	3–5	40–50
8–10 kondygnacyjne budynki z dużymi rozpiętościami	35–40	12–15	3–5	50–60
20 kondygnacyjne budynki z trzonami betonowymi	40–50	10–13	1–2	55–65
20 kondygnacyjne budynki ze stężonymi trzonami stalowymi	40–50	20–25	8–10	70–85

Protokół jakości

TYTUŁ ZASOBU	Plan rozwoju: Koordynacja projektowania konstrukcyjnego i architektonicznego budynków wielokondygnacyjnych z ramami stalowymi		
Odniesienie			
DOKUMENT ORYGINALNY			
	Imię i nazwisko	Instytucja	Data
Stworzony przez	R.M. Lawson	SCI	Jan 05
Zawartość techniczna sprawdzona przez	G.W. Owens	SCI	May 05
Zawartość redakcyjna sprawdzona przez	D.C. Iles	SCI	May 05
Zawartość techniczna zaaprobowana przez:			
1. WIELKA BRYTANIA	G.W. Owens	SCI	26/5/05
2. Francja	A. Bureau	CTICM	26/5/05
3. Szwecja	A. Olsson	SBI	26/5/05
4. Niemcy	C. Mueller	RWTH	11/5/05
5. Hiszpania	J. Chica	Labein	20/5/05
6. Luksemburg	M. Haller	PARE	26/5/05
Zasób zatwierdzony przez Koordynatora Technicznego	G.W. Owens	SCI	22/5/06
TŁUMACZENIE DOKUMENTU			
Tłumaczenie wykonał i sprawdził:	Z. Kielbasa, PRz		
Tłumaczenie zatwierdzone przez:			

Informacje ramowe

Tytuł*	Plan rozwoju: Koordynacja projektowania konstrukcyjnego i architektonicznego budynków wielokondygnacyjnych z ramami stalowymi	
Seria		
Opis*	Podano podstawowe informacje przy podejmowaniu efektywnych decyzji na etapie projektowania koncepcji konstrukcji nośnej budynku wielokondygnacyjnego.	
Poziom dostępu*	Umiejętności specjalistyczne	Practitioner
Identyfikator*	Nazwa pliku	P:\CMP\CMP554\Finalization\SS files\001\SS001a-EN-EU.doc
Format	Microsoft Office Word; 14 Pages; 837kb;	
Kategoria*	Typ zasobu	Plan rozwoju
	Punkt widzenia	Klient, Architekt, Inżynier
Temat*	Obszar stosowania	Budynki wielokondygnacyjne;
Daty	Data utworzenia	17/01/2005
	Data ostatniej modyfikacji	27/05/2005
	Data sprawdzenia	15/05/2005
	Ważny od Ważny do	01/06/2005
Język(i)*	Polski	
Kontakt	Autor	Mark Lawson, Steel Construction Institute
	Sprawdził	Graham Owens, Steel Construction Institute
	Zatwierdził	Graham Owens, Steel Construction Institute
	Redaktor Ostatnia modyfikacja	David Iles, Steel Construction Institute Graham Owens, Steel Construction Institute
Słowa kluczowe*	Budynki komercyjne, projektowanie architektoniczne, projektowanie koncepcyjne, projektowanie wstępne	
Zobacz też	Odniesienie do Eurokodu	
	Przykład(y) obliczeniowy	
	Komentarz	
	Dyskusja	
	<i>Inne</i>	
Sprawozdanie	Przydatność krajowa	Europe
Instrukcje szczególne		