

## WYTYCZNE DLA PROJEKTANTÓW

### Belkowo-pustakowy system stropowy LEIER

#### 1. CHARAKTERYSTYKA STROPU LEIER

##### 1.1 Informacje ogólne

Strop LEIER to belkowo-pustakowy, monolityczno-prefabrykowany, gęstożebrowy system stropowy, który składa się z niesamonośnych, kratownicowych belek stropowych, pustaków z betonu lekkiego, oraz z monolitycznego betonu układanego na budowie.

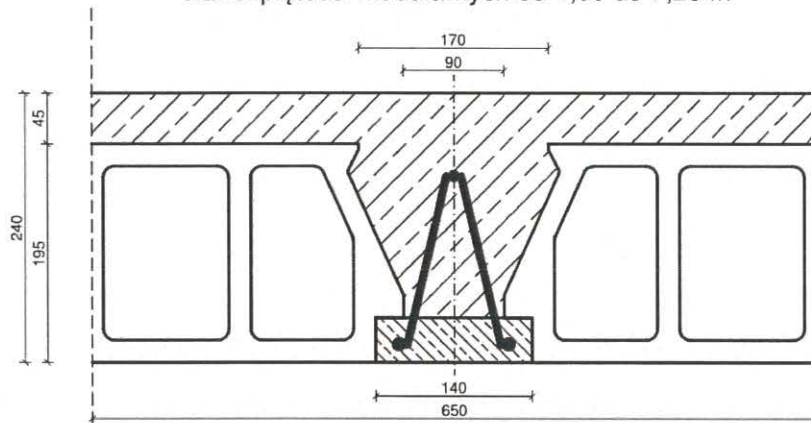
Stropy LEIER przeznaczone są do stosowania w budownictwie mieszkaniowym; przystosowane są do przenoszenia obciążeń zestawionych w Tabelicy 1.:

TABLICA 1. Dopuszczalne wartości charakterystyczne obciążeń stropu LEIER			
Rozpiętość modularna [m]	Ciężar konstrukcyjny stropu [kN/m <sup>2</sup> ]	Obciążenie stałe ponad ciężar własny [kN/m <sup>2</sup> ]	Obciążenie zmienne użytkowe [kN/m <sup>2</sup> ]
1,80 ÷ 7,20	3,12	2,5	1,5
7,50 ÷ 7,80	3,62		
8,10 ÷ 8,40	4,12		
8,70 ÷ 9,30	4,62		

Grubość stropu LEIER uzależniona jest od rozpiętości modularnej, zgodnie z poniższym zestawieniem:

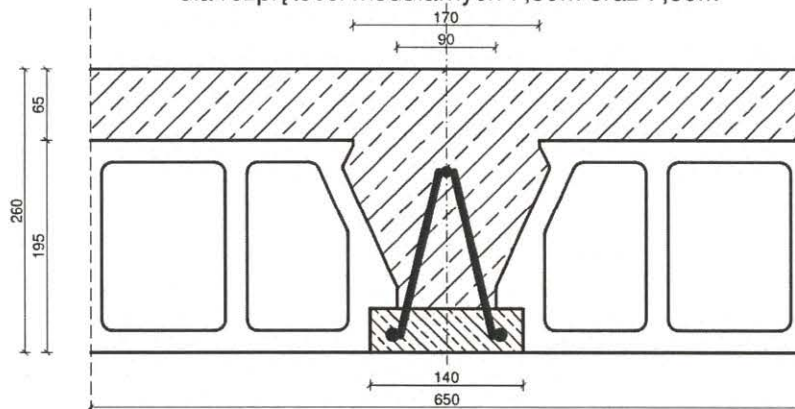
- 24 cm - dla stropów o rozpiętości od 1,80 m do 7,20 m:
  - grubość warstwy nadbetonu na pustakach stropowych: 4,5 cm;
- 26 cm - dla stropów o rozpiętości od 7,50 m do 7,80 m:
  - grubość warstwy nadbetonu na pustakach stropowych: 6,5 cm;
- 28 cm - dla stropów o rozpiętości od 8,10 m do 8,40 m:
  - grubość warstwy nadbetonu na pustakach stropowych: 8,5 cm;
- 30 cm - dla stropów o rozpiętości od 8,70 m do 9,30 m:
  - grubość warstwy nadbetonu na pustakach stropowych: 10,5 cm;

Strop o wysokości 24cm  
 dla rozpiętości modularnych od 1,80 do 7,20 m



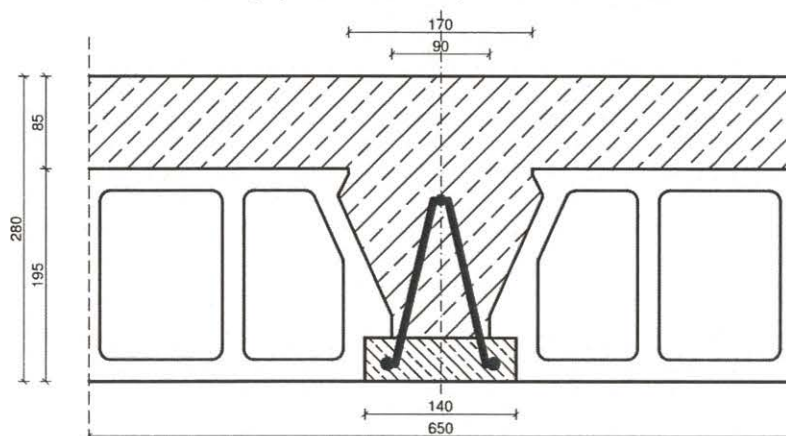
Rysunek 1. Strop LEIER o wysokości 24,0cm z warstwą nadbetonu grubości 4,5cm

Strop o wysokości 26cm  
 dla rozpiętości modularnych 7,50m oraz 7,80m



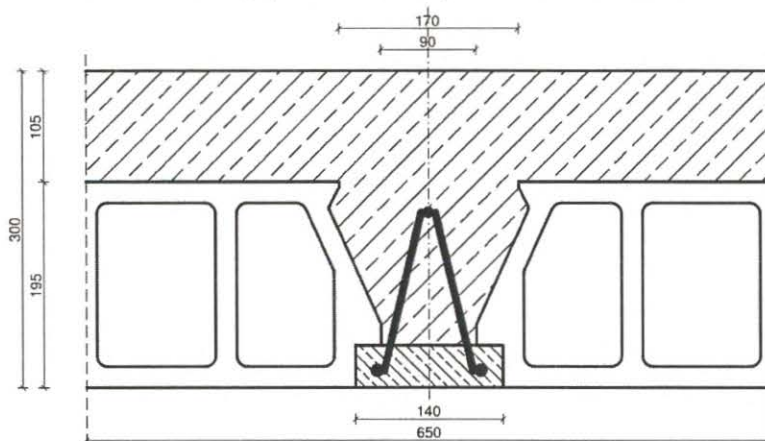
Rysunek 2. Strop LEIER o wysokości 26,0cm z warstwą nadbetonu grubości 6,5cm

Strop o wysokości 28cm  
 dla rozpiętości modularnych 8,10m oraz 8,40m



Rysunek 3. Strop LEIER o wysokości 28,0cm z warstwą nadbetonu grubości 8,5cm

Strop o wysokości 30cm  
dla rozpiętości modularnych od 8,70 do 9,30 m



Rysunek 4. Strop LEIER o wysokości 30,0cm z warstwą nadbetonu grubości 10,5cm

Parametry techniczne stropu LEIER zestawiono w Tabelcy 2.:

<b>TABLICA 2. Parametry techniczne stropu LEIER</b>				
Rozpiętość modularna [m]	Osiowy rozstaw belek [m]	Wysokość konstrukcyjna stropu [m]	Grubość warstwy nadbetonu [cm]	Ciężar konstrukcyjny stropu [kN/m <sup>2</sup> ]
1,80 ÷ 7,20	0,65	0,24	4,5	3,12
7,50 ÷ 7,80		0,26	6,5	3,62
8,10 ÷ 8,40		0,28	8,5	4,12
8,70 ÷ 9,30		0,30	10,5	4,62

Zużycie materiałów na 1 m<sup>2</sup> stropu przedstawiono w Tabelcy 3.:

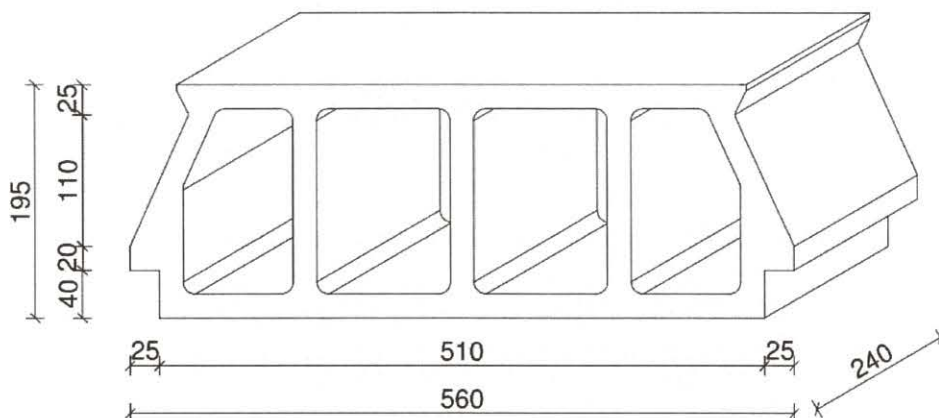
<b>TABLICA 3. Zużycie materiałów na 1m<sup>2</sup> stropu</b>				
Rozpiętość modularna [m]	Wysokość konstrukcyjna stropu [m]	Niesamonośne belki kratownicowe [mb/m <sup>2</sup> ]	Pustaki stropowe [szt./m <sup>2</sup> ]	Beton monolityczny* klasy min. C20/25 [m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> ]
1,80 ÷ 7,20	0,24	1,54	6,41	0,08
7,50 ÷ 7,80	0,26			0,10
8,10 ÷ 8,40	0,28			0,12
8,70 ÷ 9,30	0,30			0,14

\* - zestawienie nie uwzględnia betonu w żebrach rozdzielczych i wieńcach oraz innych elementach

Systemy stropowe z belkami ciągłymi oraz pustakami betonowymi, z nadbetonem konstrukcyjnym układanym na budowie (bez tynku gipsowego na dolnej powierzchni) spełniają wymagania klasy odporności ogniowej REI30.

## 1.2 Pustak stropowy

Kształt i wymiary pustaka stropowego LEIER przedstawiono na rysunku 5.:



Rysunek 5. Geometria pustaka stropowego

Pustaki stropowe wykonywane są z betonów lekkich. Masa pojedynczego pustaka wynosi około 13kg. Pustaki powinny przenieść minimalne charakterystyczne obciążenie niszczące pod obciążeniem skupionym wynoszące 2,0kN.

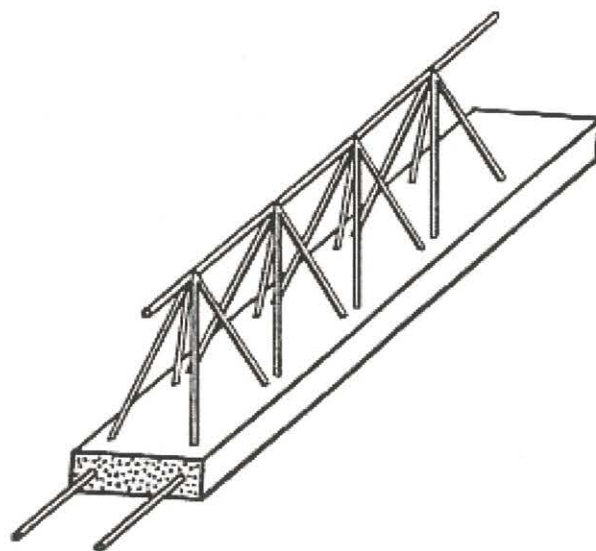
## 1.3 Niesamonośne kratownicowe belki stropowe

Belki kratownicowe służące do wykonywania stropów LEIER są belkami niesamonośnymi, tj. uzyskują nośność dopiero jako zespolony system stropowy z uwzględnieniem pustaków i betonu układanego na budowie.

Belki składają z betonowej stopki o przekroju 40x140 mm, wykonanej z betonu klasy nie niższej niż C25/30, oraz kratownicy przestrzennej z zatopionym w niej pasem dolnym oraz końcówkami krzyżulców.

Zbrojenie belek kratownicowych uzależnione jest od rozpiętości modularnej. Informacje o stosowanym zbrojeniu belek kratownicowych dostępne są u Producenta.

Masa belek jest nie większa niż 20kg/mb.



Rysunek 6. Belka stropowa

## 2. WYTYCZNE DLA PROJEKTANTÓW

### 2.1 Uwagi ogólne

Zbrojenie belek stropowych wyznaczono zgodnie z wymaganiami norm PN-EN 15037-1 oraz PN-EN 1992-1-1 dla stanów granicznych nośności i stanów granicznych użytkowania.

W obliczeniach przyjęto następujące obciążenia:

- charakterystyczny ciężar własny stropu - zgodnie z Tablicą 1;  
współczynnik obciążeń:  $\gamma_G=1,35$  [-];
- charakterystyczna wartość dodatkowych obciążeń stałych - zgodnie z Tablicą 1;  
współczynnik obciążeń:  $\gamma_G=1,35$  [-];
- charakterystyczna wartość obciążeń zmiennych - zgodnie z Tablicą 1;  
współczynnik obciążeń:  $\gamma_G=1,50$  [-].

Do obliczeń przyjęto następujące założenia:

- beton monolityczny wylewany na budowie klasy C20/25 (minimalna wymagana klasa betonu wylewanego na budowie wg PN-EN 15037-1);
- ugięcie wyznaczono dla rozpiętości stropu w świetle  $L$ , z wykorzystaniem metody opisanej w PN-EN 15037-1 Załącznik E;
- przy obliczaniu dopuszczalnych rozpiętości uwzględniono wstępną ujemną strzałkę ugięcia, o wartościach zgodnie z Tablicą 4, przy wykonaniu ścian działowych z materiału niepodatnego na ugięcia;
- obciążenie stałe przyłożone po zakończeniu procesu podparcia montażowego, dla którego przeprowadzono sprawdzenie, potraktowano jako oddziaływanie długotrwałe;
- obciążenia zmienne przyłożone po zakończeniu procesu podparcia montażowego, dla których przeprowadzono sprawdzenie, potraktowano jako oddziaływania krótkotrwałe;
- odkształcenia spowodowane różnicą między skurczem betonu belki oraz betonu układanego na budowie, które wystąpi po zakończeniu procesu podparcia montażowego, potraktowano jako oddziaływanie długotrwałe;
- obciążenia od elementów, których wykończenie jest wrażliwe na zarysowania (ścianki działowe, posadzki), przykładane są do stropu po usunięciu podpór montażowych; przyjęto, że upłynęło 90 dni od usunięcia podpór montażowych do momentu, kiedy kruche wykończenie stało się wrażliwe na ugięcia (np. ścianki zostały otynkowane);
- tynkowanie ścianek i sufitów jest wykonywane nie wcześniej niż po wybudowaniu ścianek działowych i częściowym ułożeniu warstw posadzkowych;
- maksymalny dopuszczalny rozstaw podpór montażowych (zestawiony w Tablicy 4) określono z uwzględnieniem wytrzymałości na zginanie oraz wytrzymałości na ścinanie prefabrykowanych belek stropowych w fazie montażu;

- nośność belek kratownicowych w fazie montażu wyznaczono przyjmując następujące założenia:
  - krzyżulec jednostronnie utwierdzony,  $L_{cr,krzyżulec} = 0,7 \cdot L_{krzyżulec}$ ;
  - długość wybocheniowa pasa górnego kratownicy:  $L_{cr,pas_górny} = S_D$ ;
  - górny pas kratownicy: 1 pręt  $\varnothing 8$  ze stali klasy A-IIIIN o  $f_{yk}=500\text{MPa}$ ;
  - krzyżulce: pręty  $\varnothing 5$  ze stali klasy A-I o  $f_{yk}=240\text{MPa}$ , kąt nachylenia  $\alpha = 58^\circ$ ;
  - beton stopki belki klasy nie niższej niż C25/30;
  - współczynniki częściowe:  $\gamma_{M0} = 1,00$  oraz  $\gamma_{M1} = 1,00$ , zgodnie z PN-EN 1993-1-1:2006;
  - wysokość kratownicy:  $h_{kr} = 16,0 \text{ cm}$ ;
  - pręty o przekroju kołowym w klasie 1:  $\frac{d}{t} = 2 \leq 50\varepsilon^2$
  - moment przęsłowy w fazie montażu przenoszony jest przez pręt pasa górnego kratownicy stalowej oraz żelbetowy pas dolny, zginany momentem nie przekraczającym momentu rysującego;
- obliczenia nośności ściskanego pręta pasa górnego kratownicy oraz krzyżulców przeprowadzono z uwagi na nośność przekroju oraz nośność na wyboczenie (stateczność elementów ściskanych), zgodnie z PN-EN 1993-1-1.

**Tablica 4. Maksymalny dopuszczalny rozstaw podpór montażowych i wstępne ujemne strzałki ugięcia**

Rozpiętość modularna $L$ [m]	$g_{cw,k}$ [kN/m]	$q_{t,k}$ [kN/m]	Całkowite montażowe obciążenie obliczeniowe $q_{m,o}$ [kN/m]	Liczba przęseł/podpór montażowych	Maksymalny rozstaw podpór [m]	Wstępna ujemna strzałka ugięcia $f_0$ [mm]
1,80 ÷ 3,60	2,02	0,70	3,78	2 przęsła / 1 podpora	<b>1,80</b>	-
3,90 ÷ 5,40	2,02	0,70	3,78	3 przęsła / 2 podpory	<b>1,80</b>	-
5,70 ÷ 6,30	2,02	0,70	3,78	4 przęsła / 3 podpory	<b>1,80</b>	<b>5</b>
6,60 ÷ 6,90	2,02	0,70	3,78	4 przęsła / 3 podpory	<b>1,80</b>	<b>10</b>
7,20	2,02	0,70	3,78	4 przęsła / 3 podpory	<b>1,80</b>	<b>15</b>
7,50	2,35	0,70	4,22	5 przęseł / 4 podpory	<b>1,60</b>	<b>15</b>
7,80	2,35	0,70	4,22	5 przęseł / 4 podpory	<b>1,60</b>	<b>20</b>
8,10	2,67	0,70	4,66	5 przęseł / 4 podpory	<b>1,60</b>	<b>15</b>
8,40	2,67	0,70	4,66	6 przęseł / 5 podpór	<b>1,60</b>	<b>20</b>
8,70	3,00	0,70	5,10	6 przęseł / 5 podpór	<b>1,60</b>	<b>20</b>
9,00	3,00	0,70	5,10	6 przęseł / 5 podpór	<b>1,60</b>	<b>25</b>
9,30	3,00	0,70	5,10	6 przęseł / 5 podpór	<b>1,60</b>	<b>30</b>

## 2.2 Zasady obliczeń stropów

Do projektowania stropów LEIER należy stosować normę PN-EN 1992-1-1, biorąc pod uwagę:

- współpracę w strefie ściskanej według PN-EN 1992-1-1,
- właściwości materiałów belki,
- częściowy współczynnik bezpieczeństwa dla belki żelbetowej,
- częściowe współczynniki bezpieczeństwa dla wymiarowania zespolonych systemów stropowych wg normy PN-EN 1992-1-1,
- klasę betonu wylewanego na budowie, co najmniej C20/25,
- ciągłość na podporach, jeżeli jest to możliwe,
- minimalną efektywną rozpiętość przyjmowaną jako  $(L + 5 \text{ cm})$ , gdzie  $L$  jest rozpiętością w świetle między podporami.

W sytuacji, gdy część obciążenia może mieć charakter dynamiczny lub zmęczeniowy, szczególne skutki tych oddziaływań powinny być uwzględnione.

Wytrzymałość oraz właściwości belki betonowej, jakie powinny być brane pod uwagę w fazach trwałych i przejściowych są wartościami podawanymi przez producenta po 28 dniach.

W przypadku stropów o rozpiętości większej od 4,5 m, oraz gdy przyłożone obciążenie eksploatacyjne jest większe od  $2,5 \text{ kN/m}^2$ , w celu wykluczenia pęknięć w górnej strefie stropu, powodowanych głównie obciążeniami przypadkowymi, należy stosować zbrojenie górne. Górne zbrojenie, jakie należy stosować, powinno być zdolne do przeniesienia momentu zginającego o wartości co najmniej 0,15 momentu maksymalnego w przęśle. Należy jednak mieć na uwadze, że zastosowanie górne zbrojenie na podporze w każdym przypadku poprawia warunki kotwienia.

### 2.2.1 Stan graniczny nośności - zginanie

Jeżeli stan graniczny nośności stropu dotyczy głównego zbrojenia, to obliczeniowa wartość momentu zginającego  $M_{Rd}$ , w stanie granicznym nośności może być określana przy użyciu następującego wzoru z PN-EN 15037-1:

$$M_{Rd} = \frac{A_s f_{yk}}{\gamma_R} \left( d - \frac{A_s f_{yk}}{2 b_{eff} f_{cd}} \right)$$

gdzie:

- $\gamma_R$  - ogólny współczynnik bezpieczeństwa ( $\gamma_R=1,1$ ),
- $d$  - odległość między środkiem ciężkości zbrojenia i skrajnym włóknem strefy ściskania,
- $b_{eff}$  - szerokość efektywna przekroju strefy ściskanej,
- $f_{cd}$  - obliczeniowa wytrzymałość na ściskanie najstabszego materiału w ściskanej części złożonego przekroju dla stanu granicznego nośności.

Obliczeniową wartość nośności na zginanie  $M_{Rd}$  zależną od rozpiętości modularnej stropu zestawiono w Tabelicy 5.

**Tablica 5. Zestawienie sił wewnętrznych. Obliczeniowa nośność na zginanie.**

NR	Rozpiętość modularna $L$ [cm]	Wysokość stropu $h$ [cm]	Ciężar własny stropu $g_{cw,k}$ [kN/m <sup>2</sup> ]	Pole przekroju zbrojenia w środku rozpiętości [cm <sup>2</sup> ]	$T_{max}$ od obciążeń obliczeniowych [kN]	$M_{max}$ od obciążeń obliczeniowych [kNm]	Nośność obliczeniowa $M_{Rdf}$ w środku rozpiętości [kNm]
1.	180	24	3,115	0,565	5,59	2,45	5,38
2.	210	24	3,115	0,565	6,55	3,36	5,38
3.	240	24	3,115	0,565	7,51	4,41	5,38
4.	270	24	3,115	1,005	8,47	5,61	9,51
5.	300	24	3,115	1,005	9,42	6,95	9,51
6.	330	24	3,115	1,005	10,38	8,44	9,51
7.	360	24	3,115	1,571	11,34	10,07	14,77
8.	390	24	3,115	1,571	12,30	11,84	14,77
9.	420	24	3,115	1,571	13,26	13,76	14,77
10.	450	24	3,115	2,262	14,22	15,82	21,12
11.	480	24	3,115	2,262	15,18	18,02	21,12
12.	510	24	3,115	2,262	16,13	20,37	21,12
13.	540	24	3,115	3,079	17,09	22,86	28,48
14.	570	24	3,115	3,079	18,05	25,50	28,48
15.	600	24	3,115	3,079	19,01	28,28	28,48
16.	630	24	3,115	3,581	19,97	31,20	32,95
17.	660	24	3,115	3,864	20,93	34,27	35,44
18.	690	24	3,115	4,210	21,88	37,48	38,46
19.	720	24	3,115	4,618	22,84	40,83	42,00
20.	750	26	3,615	5,089	25,44	47,37	50,47
21.	780	26	3,615	5,623	26,46	51,27	55,46
22.	810	28	4,115	5,749	29,25	58,87	61,63
23.	840	28	4,115	6,158	30,34	63,34	65,75
24.	870	30	4,615	6,629	33,33	72,07	76,23
25.	900	30	4,615	7,100	34,48	77,16	81,30
26.	930	30	4,615	7,634	35,64	82,42	87,00



## 2.2.2 Stan graniczny nośności - ścinanie

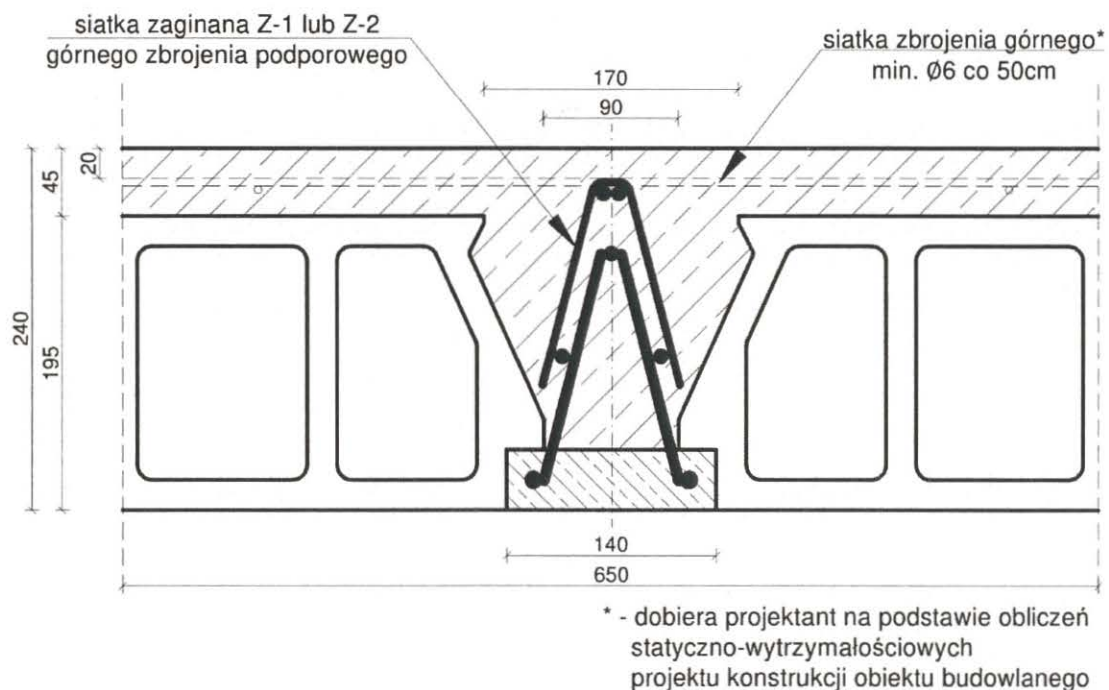
Nośność na ścinanie, zgodnie z PN-EN 15037-1 Załącznik E, należy sprawdzić we wszystkich strefach przekroju z uwzględnieniem betonu i krzyżulców.

Niezbędne jest sprawdzenie:

- nośności na ścinanie warunkowanej naprężeniami ścinającymi występującymi w betonie żebra  $V_{cu}$   $V_{cru}$ ;
- nośności na ścinanie warunkowanej wytrzymałością spoin w styku  $V_{wu}$ ;
- nośności na ścinanie warunkowanej wytrzymałością spoin krzyżulców kratownicy stalowej  $V_{du}$ .

Obliczeniową wartość nośności na ścinanie  $V_{Rd}$  zależną od rozpiętości modularnej stropu zestawiono w Tabelcy 6.

W przypadkach, gdy wymagane jest dodatkowe zbrojenie na ścinanie, należy stosować dodatkowe zbrojenie kratownicowe, nakładane na belkę kratownicową. Projektant konstrukcji obowiązany jest dobrać dodatkowe zbrojenie na ścinanie w sposób zapewniający spełnienie warunków stanu granicznego nośności dotyczących nośności na ścinanie. Przykładowe rozwiązanie dodatkowego zbrojenia na ścinanie w formie siatki zaginanej przedstawiono na rysunku 7.



Rysunek 7. Przykład dodatkowego zbrojenia na ścinanie siatką zaginaną Z-1/Z-2

Zgodnie z PN-EN 15037-1:2008 Załącznik B, zbrojenie nadbetonu powinno składać się z siatki spawanej, której pole przekroju poprzecznego, prostopadłego do rozpiętości belek, wynosi min.  $0,5\text{cm}^2/\text{m}$ . Zbrojenie to dobiera projektant konstrukcji obiektu budowlanego na podstawie obliczeń statyczno-wytrzymałościowych lub konstrukcyjnie, w celu zapobiegania powstawaniu rys skurczowych.

**Tablica 6. Nośność na ścinanie systemu stropowego**

NR	Rozpiętość modularna $L$ [cm]	Wysokość stropu $h$ [cm]	Maksymalna siła tnąca $V_{Ed}$ [kN/żebro]	Średnica krzyżulców $\varnothing_d$ [mm]	Nośność na ścinanie $V_{cu}$ [kN/żebro]	Nośność na ścinanie $\max(V_{cu}; V_{du})$ [kN/żebro]	Dodatkowe zbrojenie na ścinanie (wzmocnienie dodatkowym zbrojeniem kratownicowym w strefie przypodporowej)
1.	180	24	5,59	Ø5	20,79	23,08	Brak wymagań
2.	210	24	6,55	Ø5	20,79	23,08	Brak wymagań
3.	240	24	7,51	Ø5	20,79	23,08	Brak wymagań
4.	270	24	8,47	Ø5	20,79	23,08	Brak wymagań
5.	300	24	9,42	Ø5	20,79	23,08	Brak wymagań
6.	330	24	10,38	Ø5	20,79	23,08	Brak wymagań
7.	360	24	11,34	Ø5	20,79	23,08	Brak wymagań
8.	390	24	12,30	Ø5	20,79	23,08	Brak wymagań
9.	420	24	13,26	Ø5	20,79	23,08	Brak wymagań
10.	450	24	14,22	Ø5	20,79	23,08	Brak wymagań
11.	480	24	15,18	Ø5	20,79	23,08	Brak wymagań
12.	510	24	16,13	Ø5	20,79	23,08	Brak wymagań
13.	540	24	17,09	Ø5	20,79	23,08	Brak wymagań
14.	570	24	18,05	Ø5	20,79	23,08	Brak wymagań
15.	600	24	19,01	Ø5	20,79	23,08	Brak wymagań
16.	630	24	19,97	Ø5	20,79	23,08	Brak wymagań
17.	660	24	20,93	Ø5	20,79	23,08	Wymagane dodatkowe zbrojenie na ścinanie*
18.	690	24	21,88	Ø5	20,79	23,08	Wymagane dodatkowe zbrojenie na ścinanie*
19.	720	24	22,84	Ø5	20,79	23,08	Wymagane dodatkowe zbrojenie na ścinanie*
20.	750	26	25,44	Ø5	22,68	25,18	Wymagane dodatkowe zbrojenie na ścinanie*
21.	780	26	26,46	Ø5	22,68	25,18	Wymagane dodatkowe zbrojenie na ścinanie*
22.	810	28	29,25	Ø5	24,57	27,28	Wymagane dodatkowe zbrojenie na ścinanie*
23.	840	28	30,34	Ø5	24,57	27,28	Wymagane dodatkowe zbrojenie na ścinanie*
24.	870	30	33,33	Ø5	26,46	29,38	Wymagane dodatkowe zbrojenie na ścinanie*
25.	900	30	34,48	Ø5	26,46	29,38	Wymagane dodatkowe zbrojenie na ścinanie*
26.	930	30	35,64	Ø5	26,46	29,38	Wymagane dodatkowe zbrojenie na ścinanie*

\* - dobiera projektant na podstawie obliczeń statyczno-wytrzymałościowych projektu konstrukcji obiektu budowlanego

### 2.2.3 Stan graniczny użyteczności - sprawdzenie naprężeń i rys

Stan graniczny użyteczności związany z ograniczeniem naprężeń i ograniczeniem występowania rys należy sprawdzać zgodnie z 7.2 i 7.3 w PN-EN 1992-1-1.

### 2.2.4 Stan graniczny użyteczności - sprawdzenie ugięć

Sprawdzenie stanu granicznego ugięć belkowo-pustakowego systemu polega na ograniczeniu czynnego ugięcia w celu uniknięcia uszkodzeń (pęknięć, rozwarstwień, itd.) w wyniku działania obciążeń działających na strop. Sprawdzenie stanu granicznego ugięć należy przeprowadzić wg metody określonej w PN-EN 15037-1 Załącznik E.

Dopuszczalna wartość czynnego ugięcia zależy od rodzaju oddziaływań przenoszonych przez strop (kruchości ścianek działowych i wykończenia stropu, itp.). Czynne ugięcie jest ograniczone do:

- w przypadku ścianek działowych murowanych i/lub kruchego wykończenia stropu:  $L/500$ ;
- w przypadku innych ścianek działowych i/lub niekruchego wykończenia stropu:  $L/350$ ;
- w przypadku elementów dachowych:  $L/250$ ;

przy czym L jest rozpiętością stropu.

Wartości wstępnej ujemnej strzałki ugięcia zamieszczone w Tabelcy 4., wyznaczone wykorzystując wartości ugięć określone według procedury uproszczonej zgodnie z PN-EN 15037-1. Uwzględniają one obliczeniowe wartości czynnego ugięcia określone dla obciążeń zdefiniowanych w Tabelcy 1. i dobrane są tak, aby wynikowe ugięcie stropu (w odniesieniu do poziomu) po przyłożeniu tych obciążeń nie przekraczało wartości dopuszczalnych.

Należy mieć świadomość, że wstępna ujemna strzałka ugięcia nie zmniejsza wartości ugięcia końcowego, a jedynie jego wartość w odniesieniu do poziomu, czyli wizualny i użytkowy efekt ugięcia. Natomiast o ewentualnym zarysowaniu kruchego wykończenia stropu i elementów na nim ustawionych decyduje przyrost ugięcia, jakie nastąpi po przyłożeniu do stropu elementów podatnych na zarysowanie. Projektant powinien brać te fakty pod uwagę.

## 2.3 Konstruowanie zbrojenia

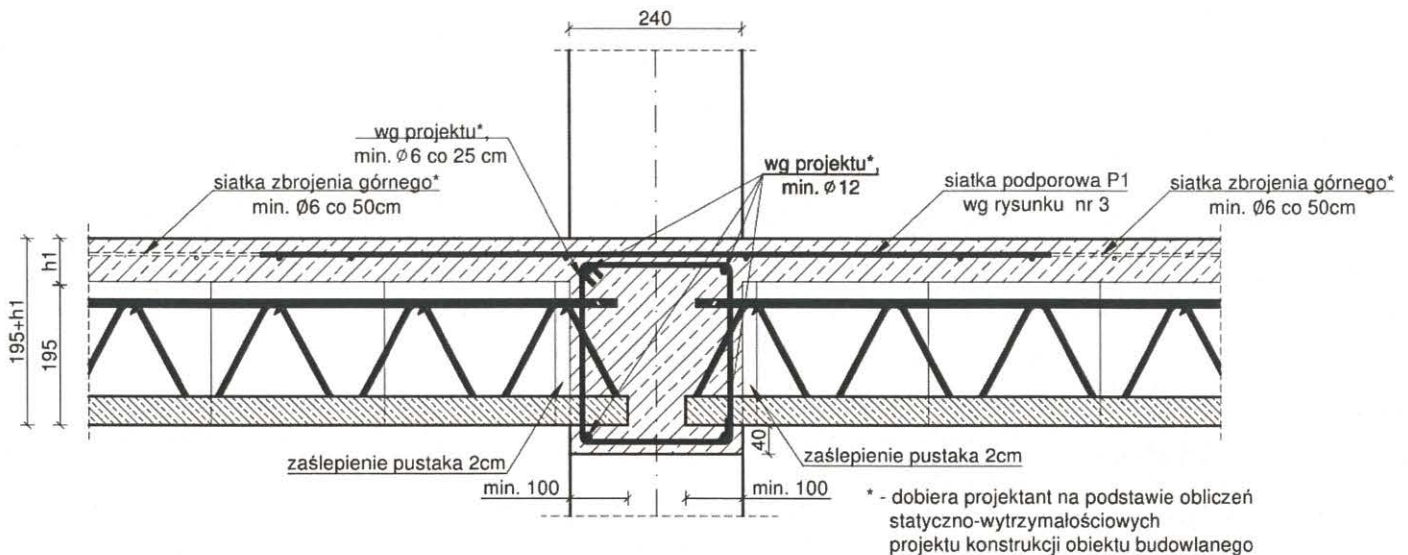
### 2.3.1 Wieńce

Na obrzeżach stropów, na ścianach nośnych i ścianach równoległych do belek należy wykonać w poziomie stropu wieńce żelbetowe o wysokości nie mniejszej niż wysokość konstrukcyjna stropu i szerokości co najmniej 100 mm. Zbrojenie wieńców powinno składać się z minimum trzech prętów o średnicy nie mniejszej niż 12 mm. Zaleca się stosowanie czterech prętów o średnicy 12 mm. Strzemiona o średnicy 6 mm powinny być rozmieszczone nie rzadziej niż co 250 mm.

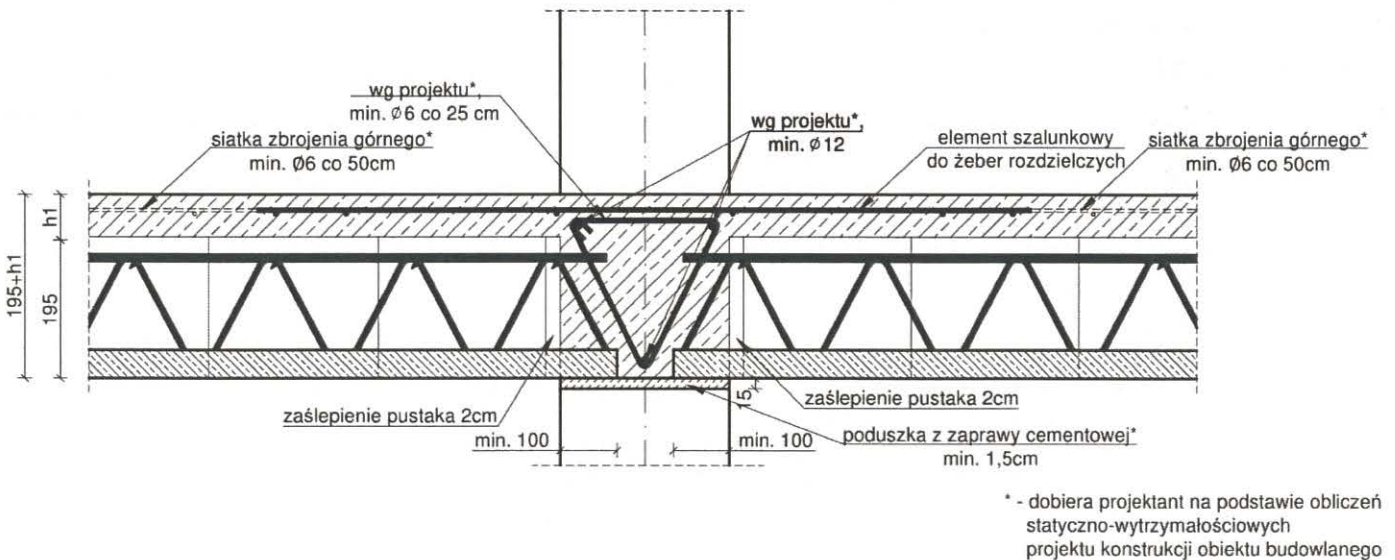
Z uwagi na konieczność stosowania w stropach gęstożebrowych zbrojenia podporowego, jako zasadę należy przyjąć projektowanie zbrojenia wieńca tak, aby górne pręty wieńca znajdowały się około 30 mm od górnej powierzchni stropu. Umożliwi to ułożenie zbrojenia podporowego z możliwością jego właściwego otulenia betonem w projektowanej wysokości stropu.

Wieńce należy betonować równocześnie z betonowaniem stropu. Przy wykonywaniu wieńca obniżonego należy zwracać szczególną uwagę na staranne wypełnienie betonem przestrzeni pod belką oraz czołami belek układanych w jednej linii.

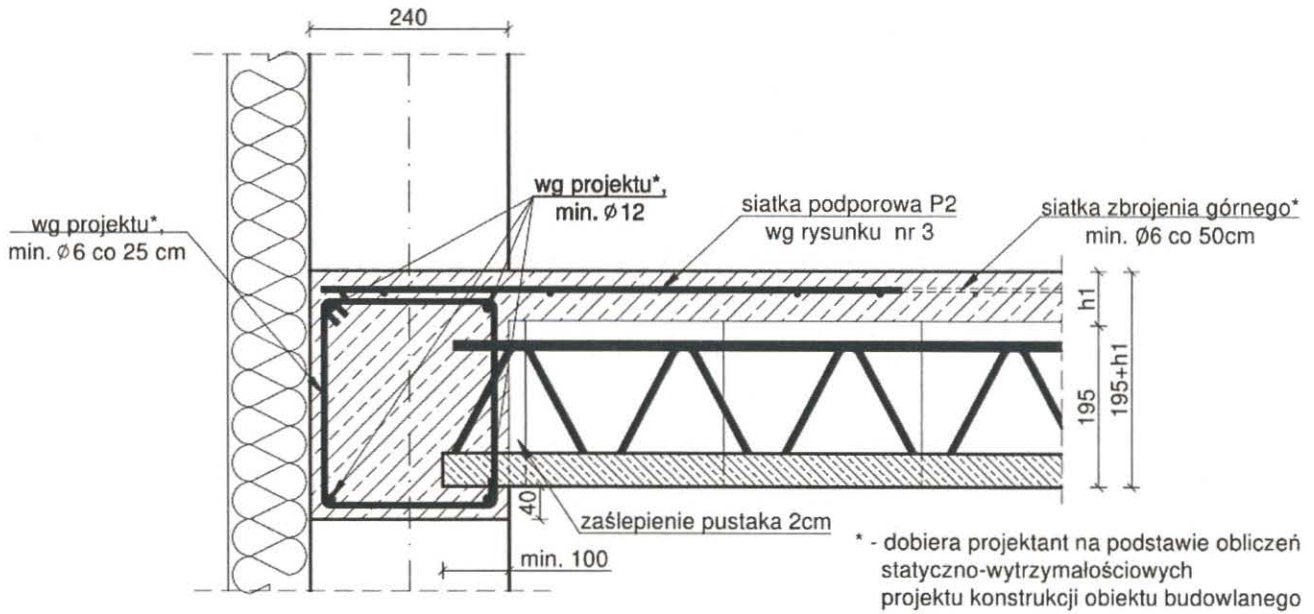
Propozycje rozwiązania oparcia belek we wieńcach ścian wewnętrznych przedstawiają rysunki 8a oraz 8b, natomiast we wieńcach ścian zewnętrznych - rysunki 9a i 9b.



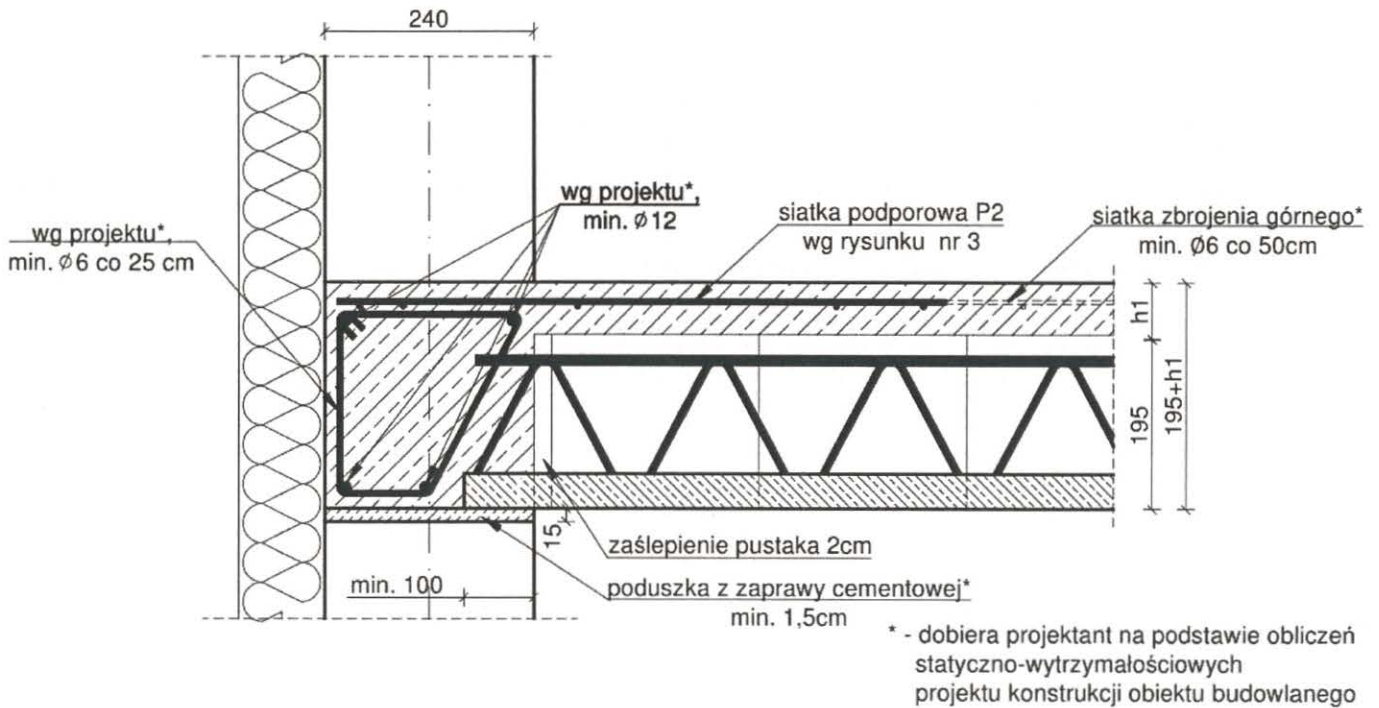
Rysunek 8a. Przykład oparcia belek we wieńcu obniżonym ściany wewnętrznej



Rysunek 8b. Przykład oparcia belek na poduszce z zaprawy cementowej w wieńcu ściany wewnętrznej



Rysunek 9a. Przykład oparcia belek we wieńcu obniżonym ściany zewnętrznej



Rysunek 9b. Przykład oparcia belek na poduszce z zaprawy cementowej w wieńcu ściany zewnętrznej

### 2.3.2 Zbrojenie podporowe

Zgodnie z aktualnie obowiązującymi normami dot. belkowo-pustakowych systemów stropowych, w strefach przypodporowych należy stosować zbrojenie górne, które powinno być zdolne do przejścia ujemnego momentu zginającego równego  $0,15M_0$ , przy czym  $M_0$  jest wartością maksymalną pochodzącą od zadanego obciążenia w środku rozpiętości, przyjmowaną jako wartość stała. Zbrojenie to poprawia warunki kotwienia oraz zapobiega zarysowaniom w górnej części stropu, powodowanych powstaniem niezamierzonych momentów ujemnych na posporach.

Do rozpiętości 6,0 m włącznie, zbrojenie podporowe wykonywane jest w postaci siatek płaskich, układanych wzdłuż wszystkich podpór poprzecznych stropu (zarówno na podporach wewnętrznych, jak i skrajnych). W stropach o rozpiętościach powyżej 6,0m, ze względu na wymagane dodatkowe zbrojenie belek na ścinanie, zbrojenie podporowe należy wykonać w żebrach stropu, nakładając na belki w strefie podporowej i przypodporowej dodatkowe siatki zbrojeniowe, zaginane w kształcie odwróconej litery „V”, tzw. „koszyka”.

W stropach o rozpiętości mniejszej niż 6,0 m, nad podporami wewnętrznymi, na których strop opiera się obustronnie, należy stosować siatkę P1, zgodnie z rysunkiem 10, układaną symetrycznie nad podporą. Nad podporą skrajną należy stosować siatkę P2, zgodnie z rysunkiem 11. Przykład zastosowania siatek P1 oraz P2 przedstawiono na rysunku 15.

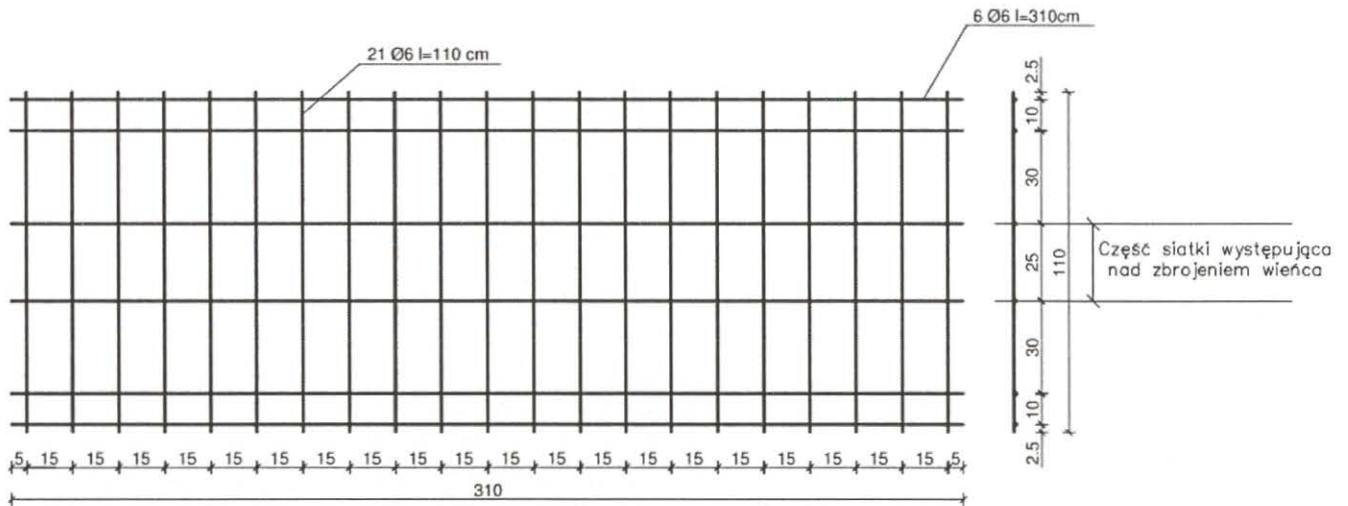
Siatki na długości podpory łączy się na zakład o długości co najmniej jednego oczka siatki (150 mm).

W stropach o rozpiętości większej od 6,0 m, w przypadku ułożenia belek w sąsiednich przęsłach stropu w jednej linii należy stosować siatki podporowe Z-1, zgodnie z rysunkiem 12, układane symetrycznie względem podpory stałej. Przed ułożeniem odpowiednio zagiętej siatki Z-1, w jej strefie środkowej należy wyciąć dwa odcinki zbrojenia dolnego „koszyka” ( $\varnothing 8$ ) o długości  $\sim 240$  mm, umożliwiające nałożenie „koszyka” na zbrojenie wieńca.

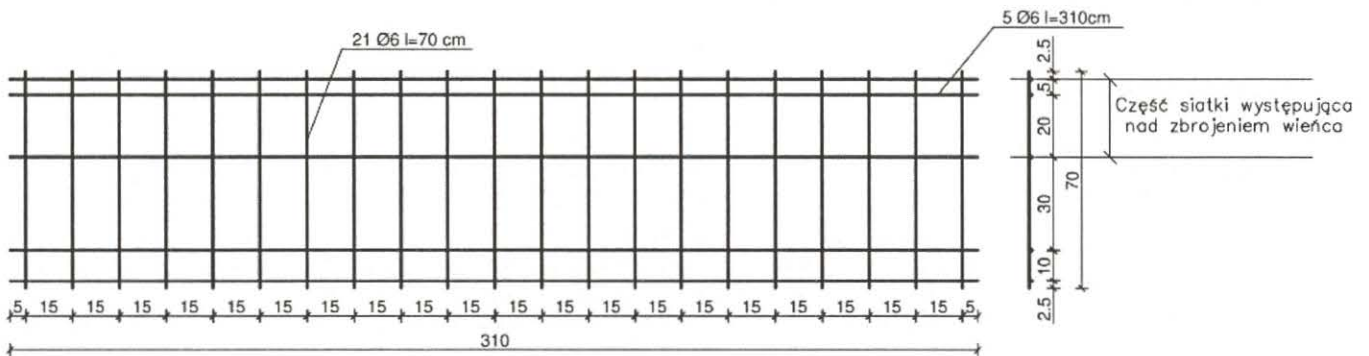
W przypadku przesunięcia żeber sąsiednich przęseł stropu oraz w przypadku podpór skrajnych (stropy o rozpiętości powyżej 6,00m) należy stosować siatki podporowe Z-2, zgodnie z rysunkiem 13. „Koszyk” powinien być układany tak, aby pierwsze strzemię od strony z dłuższymi, wystającymi prętami  $\varnothing 10$ , znajdowało się w licu podpory, a wystające pręty zagiąć i przymocować drutem wiązałkowym do zbrojenia wieńca. Zbrojenie to jest również układane w żebrach sąsiedniego stropu.

Przykład zastosowania siatek Z-1 oraz Z-2 przedstawiono na rysunkach 16 i 17.

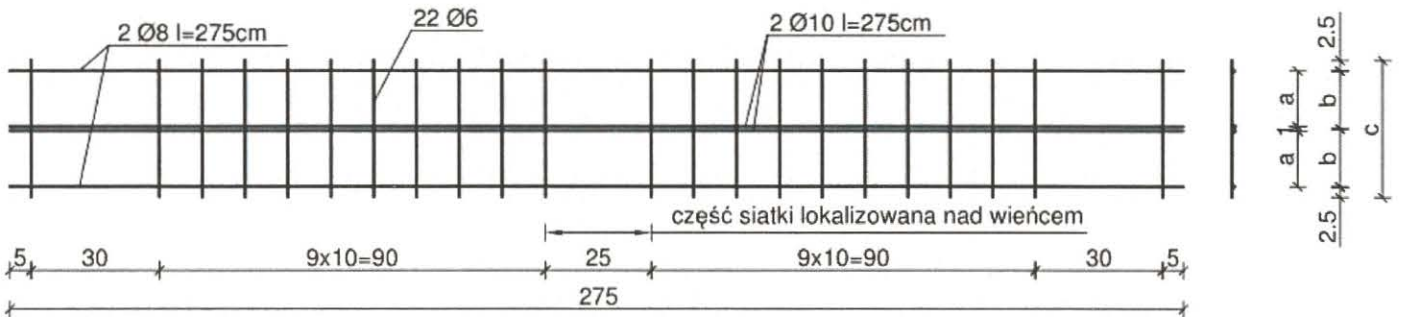
Dla każdej rozpiętości stropu należy przewidzieć zbrojenie podporowe w postaci siatek płaskich lub zaginanych.



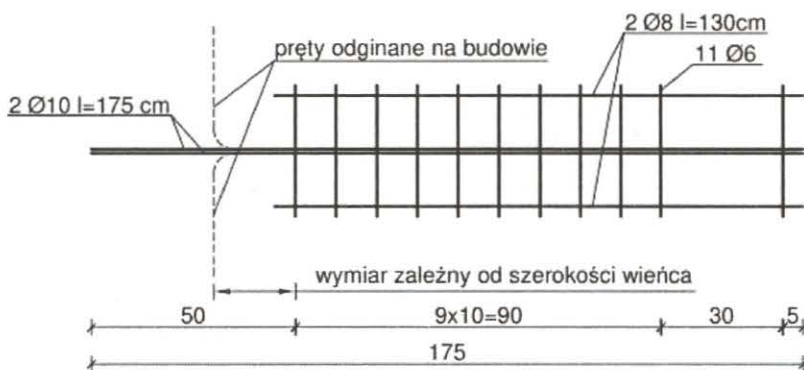
Rysunek 10. Siatka płaska zbrojenia podporowego P-1 dla stropów o rozpiętościach do 6,00m



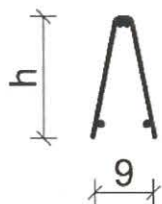
Rysunek 11. Siatka płaska zbrojenia podporowego P-2 dla stropów o rozpiętościach do 6,00m



Rysunek 12. Siatka zaginana zbrojenia podporowego Z-1 dla stropów o rozpiętościach powyżej 6,00m



Rysunek 13. Siatka zaginana zbrojenia podporowego Z-2 dla stropów o rozpiętościach powyżej 6,00m



Rysunek 14. Siatka Z-1/Z-2 po zagięciu

<b>Tablica 5. Wymiary siatki zaginanej</b>				
Wysokość stropu [cm]	Wymiary siatki zaginanej [mm]			
	h	a	b	c
24	140	110	115	300
26	160	130	135	340
28	180	150	155	380
30	205	175	180	430

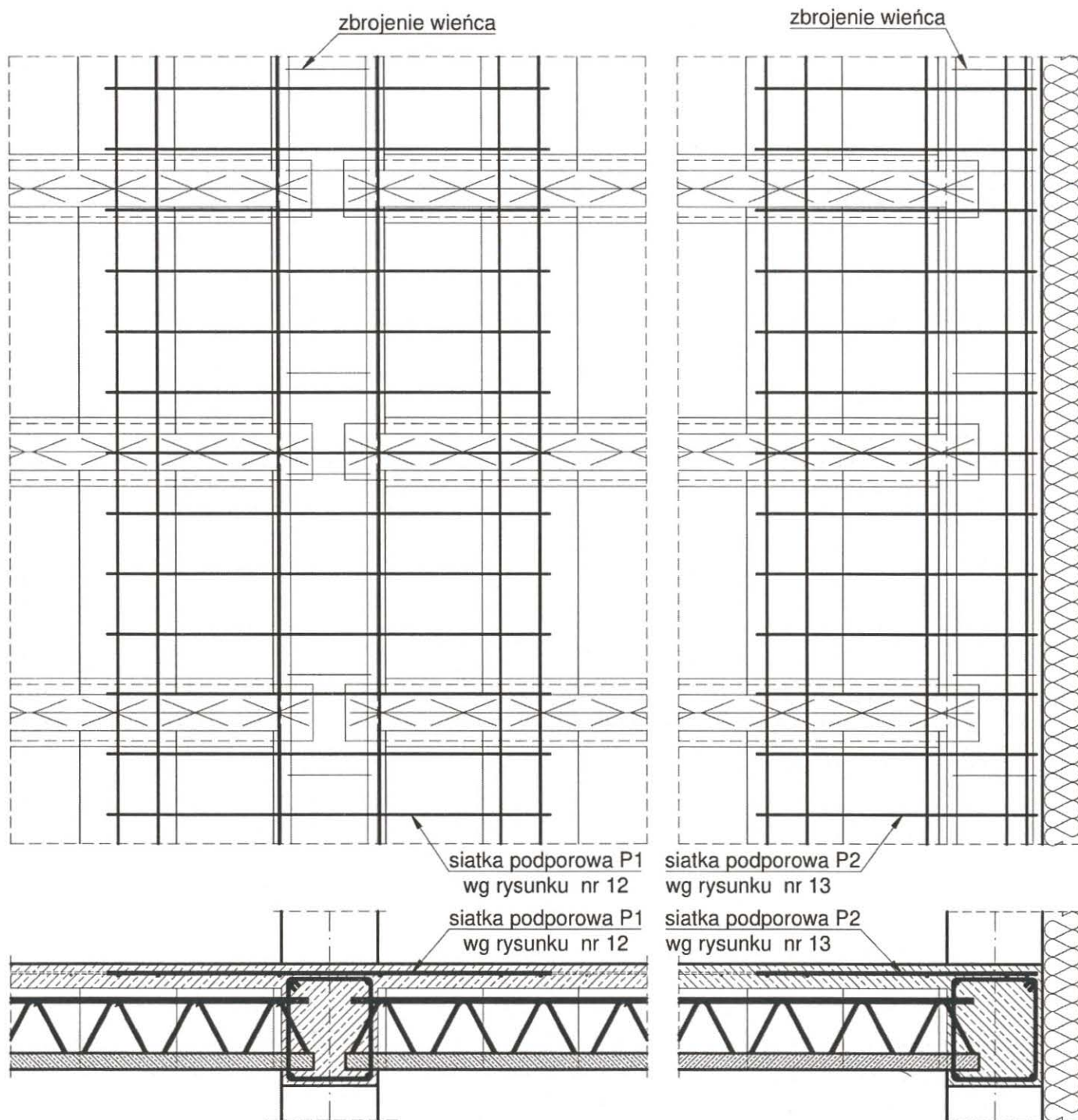
W stropach o rozpiętości do 6,0 m:

- a) strop jednoprzęsłowy:
  - wzdłuż wszystkich podpór stałych układa się siatki płaskie P-2 (Rysunek 15),
- b) strop co najmniej dwuprzęsłowy:
  - wzdłuż podpór skrajnych układa się siatki płaskie P-2, a wzdłuż podpór wewnętrznych, symetrycznie do tych podpór — siatki płaskie P-1 (Rysunek 15).

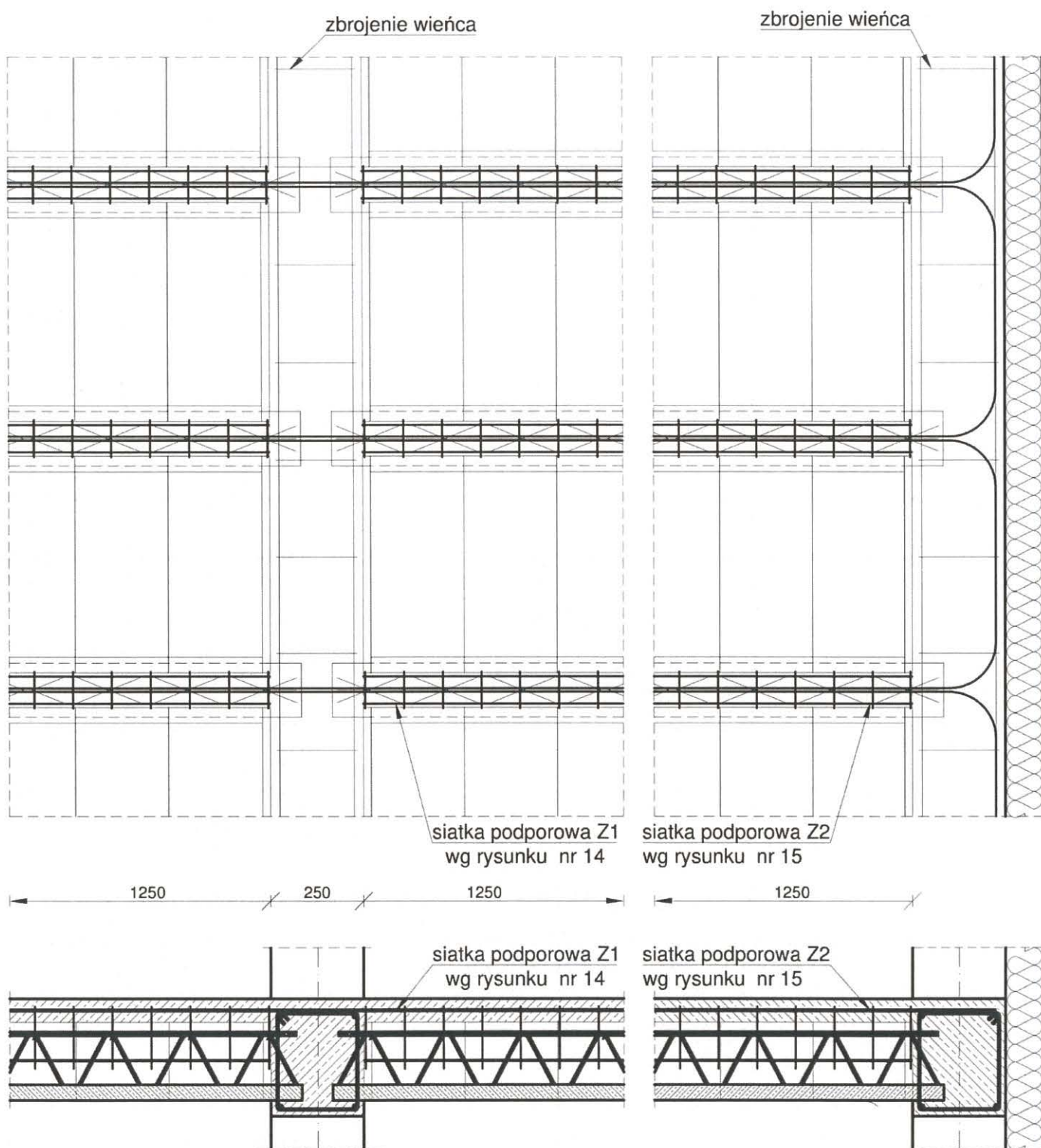
W stropach o rozpiętości większej od 6,0 m nad każdą belką stropową układa się:

- a) w stropach ciągłych co najmniej dwuprzęsłowych:
  - nad podporami skrajnymi — siatki zaginane Z-2 (Rysunek 16, Rysunek 17),
  - nad podporami środkowymi, gdy osie belek z obu stron podpory pokrywają się — siatki zaginane Z-1 (Rysunek 16),
  - nad podporami środkowymi, gdy osie belek z obu stron podpory nie pokrywają się — siatki zaginane Z-2 (Rysunek 17),
- b) w stropach jednoprzęsłowych zamocowanych przynajmniej z jednej strony
  - nad podporą zamocowaną i nad podporą przegubową — siatki zaginane Z-2 (Rysunek 16, Rysunek 17).

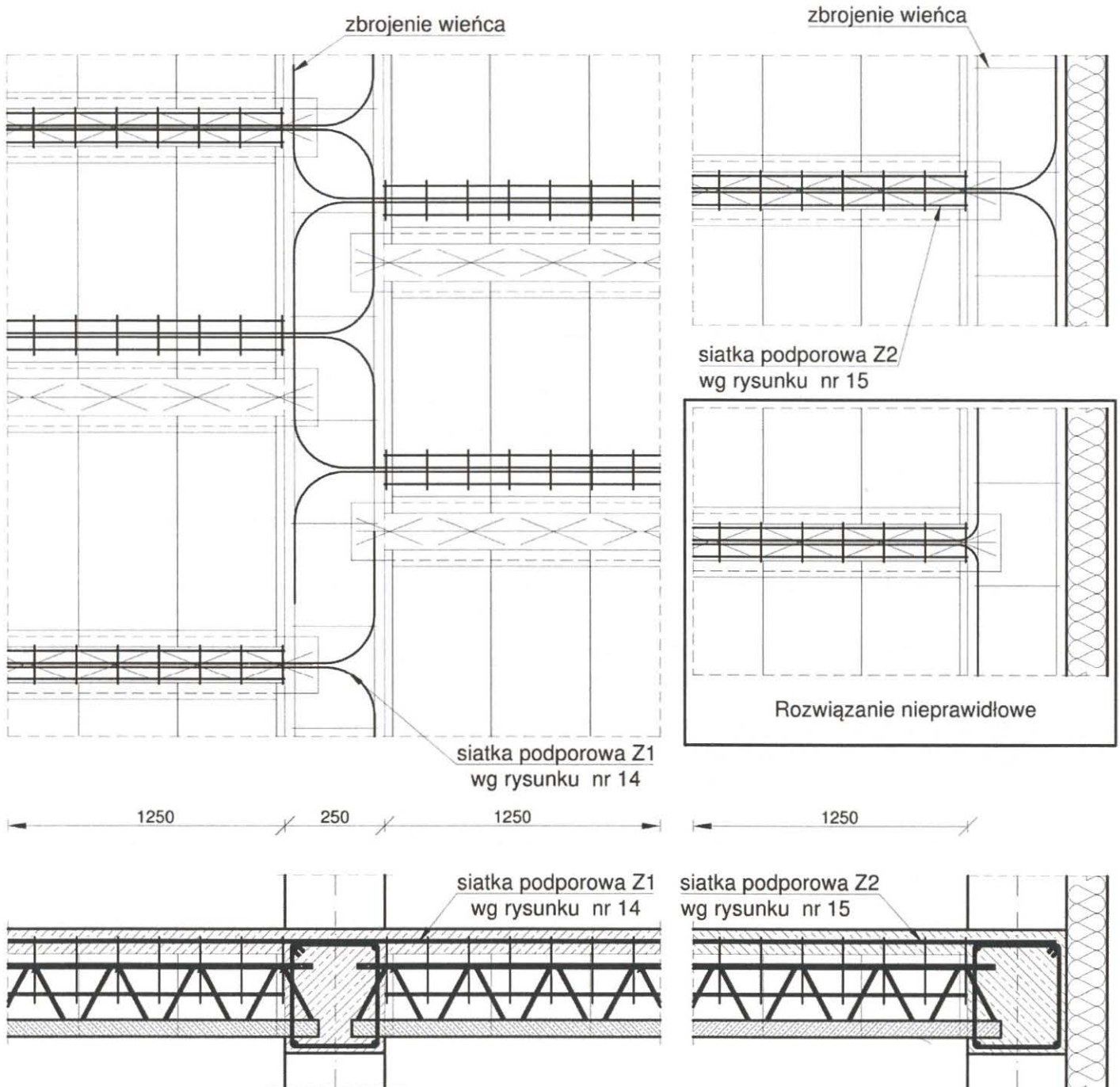




Rysunek 15. Przykłady stosowania siatek podporowych płaskich dla stropów o rozpiętości modularnej do 6,0m



**Rysunek 16. Przykłady stosowania siatek podporowych zaginanych dla stropów o rozpiętości modularnej powyżej 6,0m przy układaniu belek w jednej linii**



**Rysunek 17. Przykłady stosowania siatek podporowych zaginanych dla stropów o rozpiętości modularnej powyżej 6,0m przy układaniu belek z przesunięciem**

### 2.3.3 Żebra rozdzielcze

Żebra rozdzielcze należy stosować w stropach o rozpiętościach powyżej 3,90 m, w celu zapobiegania klawiszowaniu elementów stropu.

W stropach o rozpiętościach od 4,20 m do 6,00 m należy stosować co najmniej jedno żebro rozdzielcze, usytuowane w środku rozpiętości stropu.

Przy rozpiętościach stropu od 6,30 m do 7,80 m należy stosować co najmniej dwa żebra rozdzielcze, w taki sposób, aby odległość między podporami stałymi i żebrami rozdzielczymi oraz między sąsiednimi żebrami rozdzielczymi nie przekraczała  $1/3$  rozpiętości stropu.

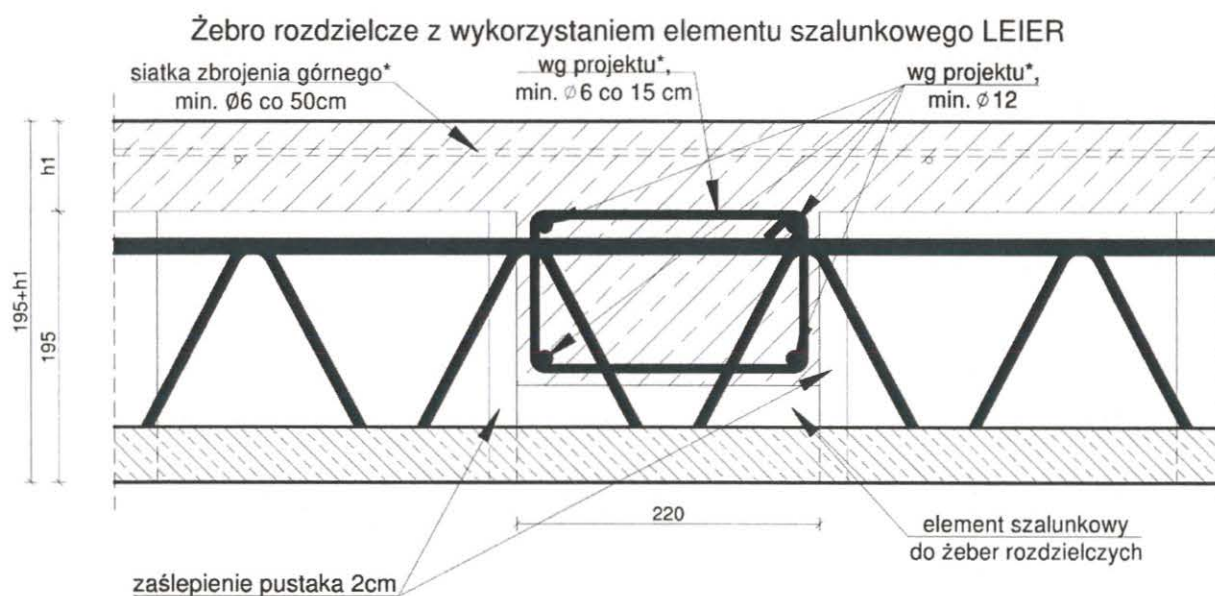
Dla rozpiętości od 8,10 m do 9,30 m należy stosować co najmniej trzy żebra rozdzielcze. Powinny się one znajdować w odległościach od podpór oraz od sąsiednich żeber nie przekraczających  $1/4$  rozpiętości stropu.

Żebro rozdzielcze należy wykonywać z wykorzystaniem elementów szalunkowych LEIER specjalnie przeznaczonych do tego celu. Zbrojenie takiego żebra powinny stanowić 4 pręty o średnicach min.  $\varnothing 12$  otoczone strzemionami dwuciętymi min.  $\varnothing 6$  co 15cm.

Jako alternatywę można stosować tradycyjne rozwiązanie żebra rozdzielczego, którego szerokość powinna wynosić  $70 \div 120$  mm, a wysokość powinna być równa wysokości stropu. Zbrojenie takiego żebra powinny stanowić min. 2 pręty o średnicach min.  $\varnothing 12$  objęte strzemionami jednociętymi min.  $\varnothing 6$  co 15cm.

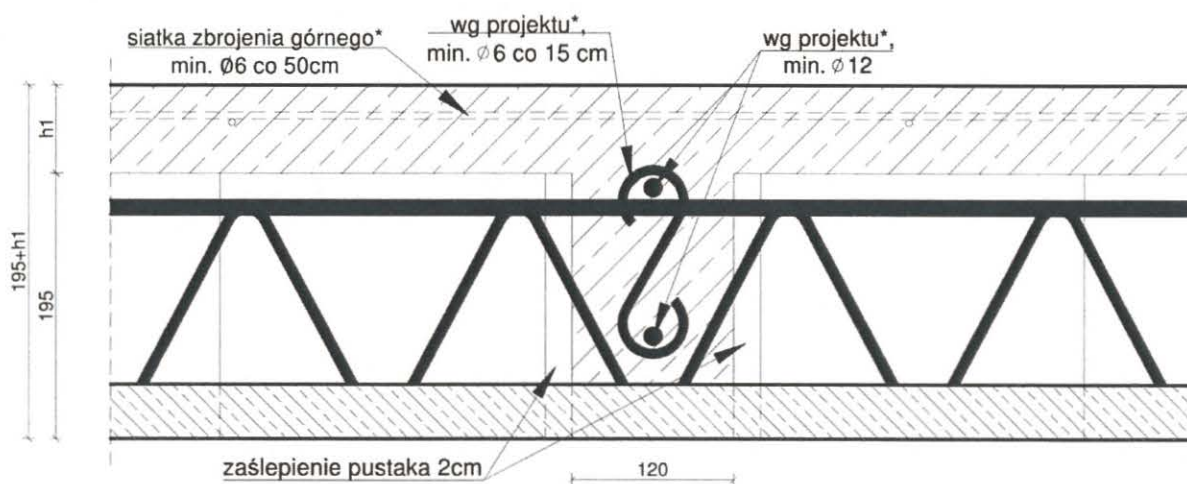
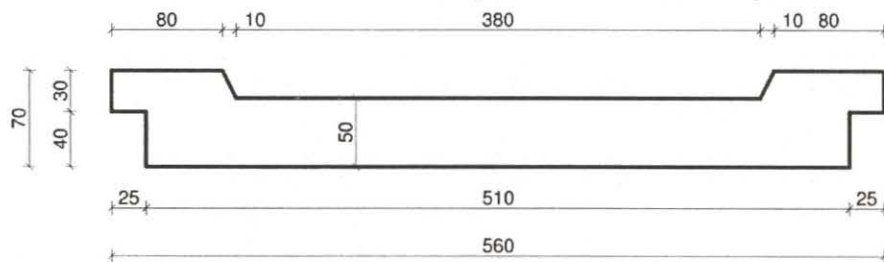
Pręty zbrojenia żeber rozdzielczych powinny być zakotwione w prostopadłych do tych żeber wieńcach lub podciągach na długość minimum 0,5m, co wiąże się z ich odgięciem w wieńcu w przypadku skrajnych podpór stałych.

Przykłady rozwiązań żebra rozdzielczego przedstawiono na rysunku 18.



\* - dobiera projektant na podstawie obliczeń statyczno-wytrzymałościowych projektu konstrukcji obiektu budowlanego

Element szalunkowy dla żebier rozdzielczych

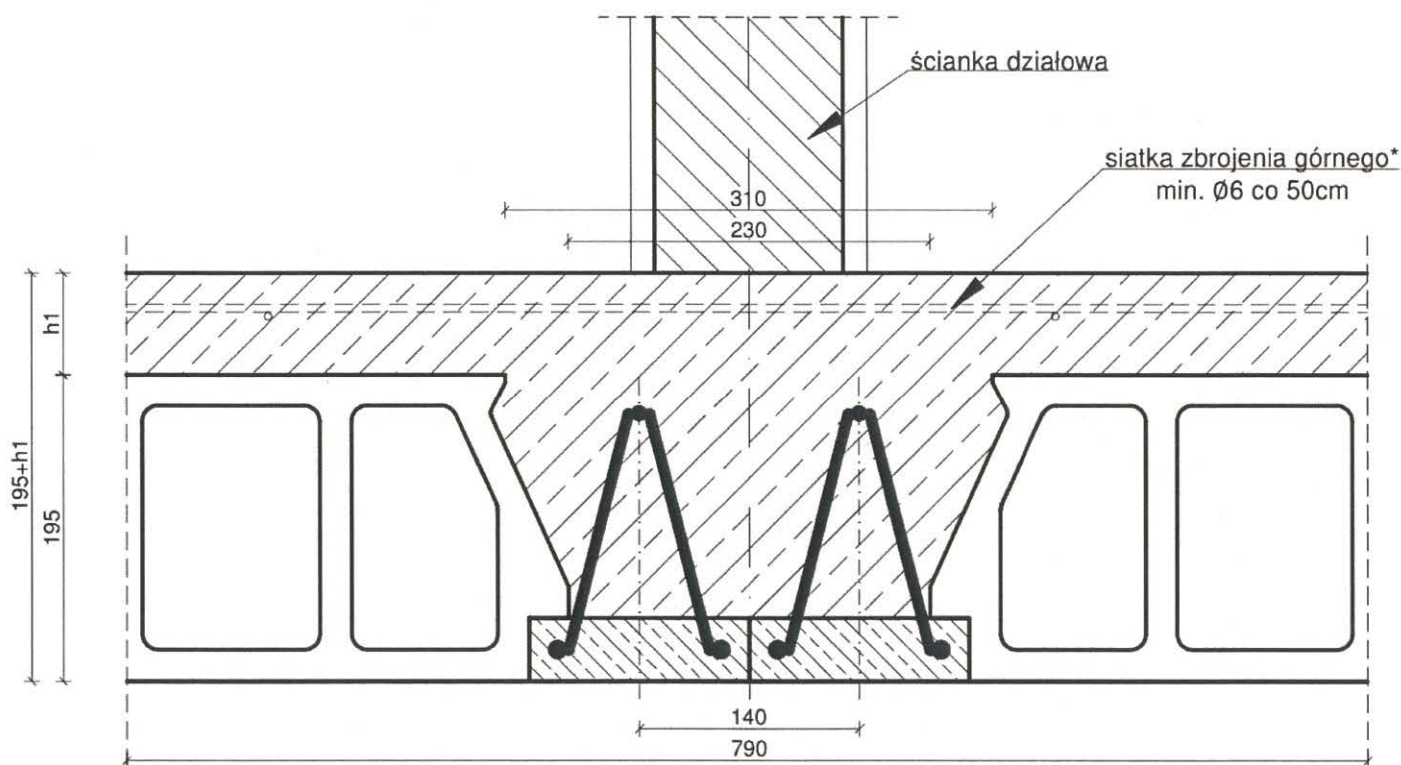


Rysunek 18. Przykład żebra rozdzielczego z wykorzystaniem elementu szalunkowego LEIER dla żebier rozdzielczych oraz rozwiązania tradycyjnego żebra rozdzielczego.

### 2.3.4 Wzmacnianie żeber pod ścianki działowe równoległe do osi podłużnych belek stropowych

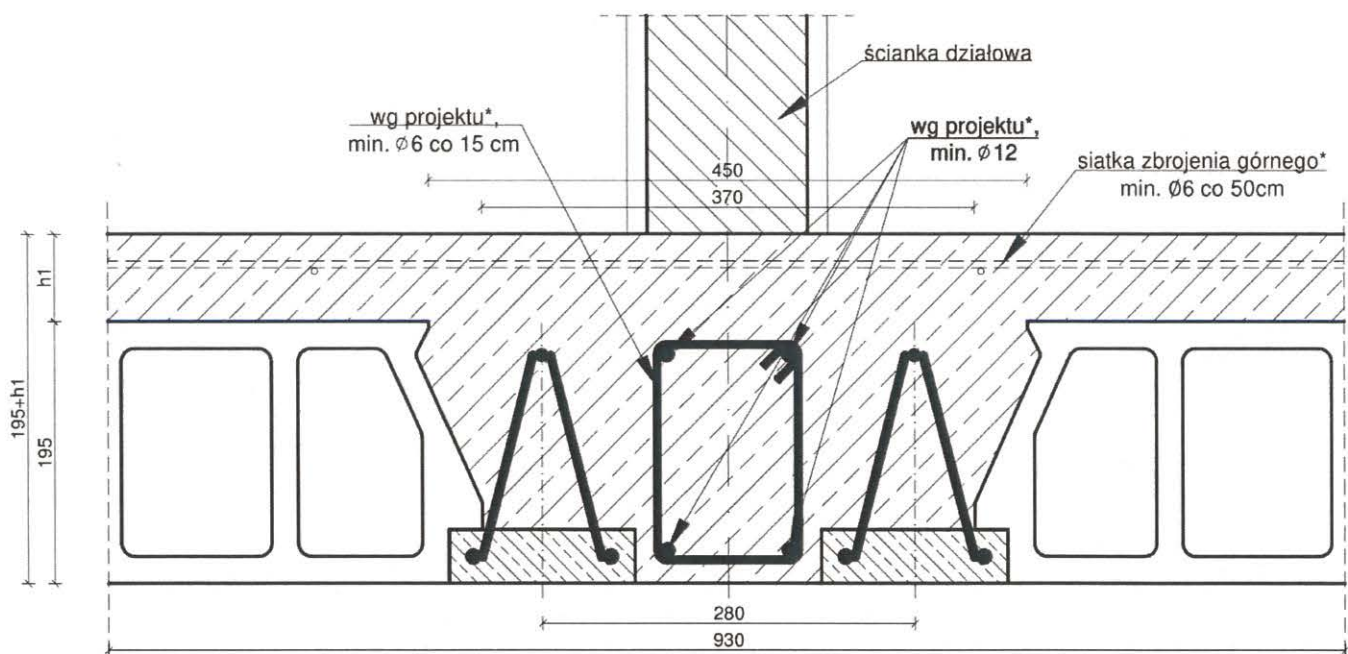
Pod ściankami działowymi, usytuowanymi równoległe do belek stropowych, należy wykonać wzmocnione żebra stropowe. Wzmocnione żebra stropowe mogą być wykonane przez ułożenie dwóch albo trzech belek kratownicowych obok siebie lub — jeżeli zachodzi taka potrzeba — przez wykonanie w stropie belki żelbetowej (ukrytej).

Przykładowe rozwiązanie żeber pod ścianki działowe równoległe do belek pokazano na rysunkach 19-21.



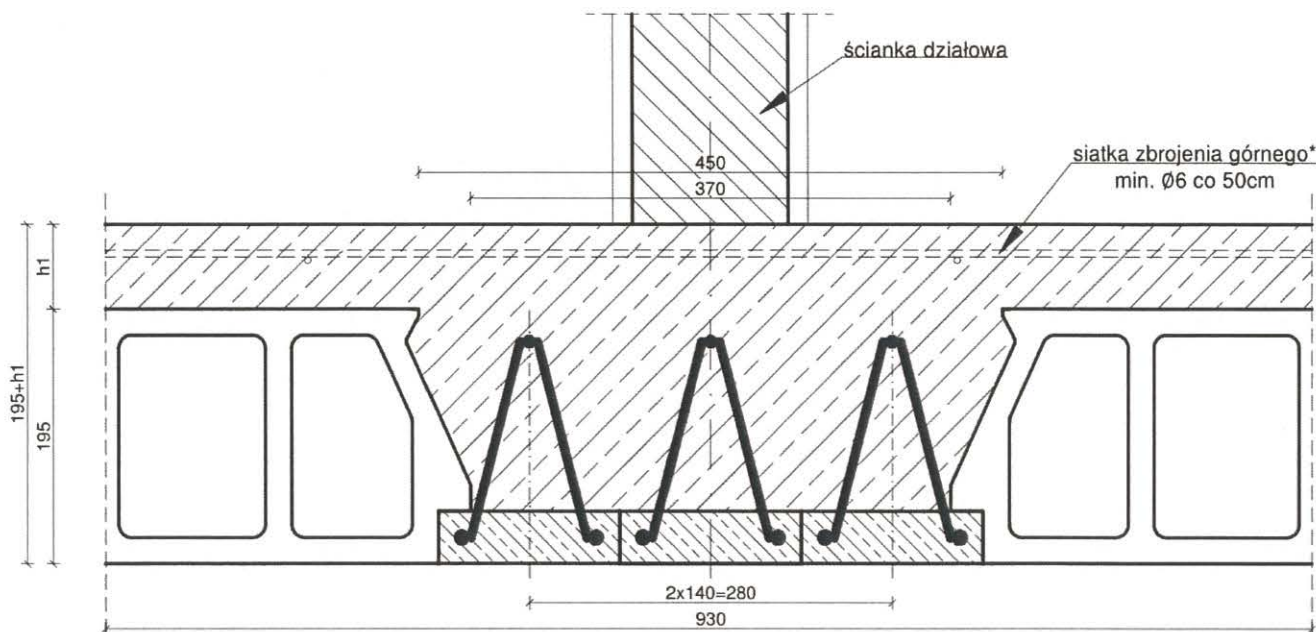
\* - dobiera projektant na podstawie obliczeń statyczno-wytrzymałościowych projektu konstrukcji obiektu budowlanego

Rysunek 19. Przykład żebra poszerzonego pod ścianę działową usytuowaną równoległe do belek stropowych złożone z belki podwójnej



\* - dobiera projektant na podstawie obliczeń statyczno-wytrzymałościowych projektu konstrukcji obiektu budowlanego

Rysunek 20. Przykład żebra poszerzonego pod ścianę działową usytuowaną równoległe do belek stropowych z żelbetową belką ukrytą



\* - dobiera projektant na podstawie obliczeń statyczno-wytrzymałościowych projektu konstrukcji obiektu budowlanego

Rysunek 21. Przykład żebra poszerzonego pod ścianę działową usytuowaną równoległe do belek stropowych złożone z trzech belek

