



ARCHITEKTURA I BUDOWNICTWO

Pracownia Projektowa s.c.

65-240 ZIELONA GÓRA ul. AKADEMICKA 15
65-610 ZIELONA GÓRA ul. RYDZA ŚMIGŁEGO 48/3
tel. 68 320 27 65; 68 323 11 67, fax 68/329 07 18
e-mail: biuro@gjg.pl; www.gjg.pl REGON 080022373 NIP 9730824014

WYTYCZNE DO PROJEKTOWANIA

Zadanie :

***Zasady doboru płyt sprężonych typu
SP 20, SP 25, SP 26,5; SP 27,5; SP 32, SP 33
produkowanych przez PPH POSbet Sulechów.***

Zleceniodawca:

***Przedsiębiorstwo Produkcyjno – Handlowe POSbet
Jan Pospiech ul. Łochowska 5, 66-100 Sulechów***

<i>Autorzy</i>	<i>Imię i nazwisko</i>	<i>Nr uprawnień</i>	<i>Data i podpis</i>
Projektant	mgr inż. Jan Gielarowski	93/76/ZG	05.2014
Projektant	mgr inż. Rafał Kołodziejczyk	LBS/0025/11/POOK	05.2014
Konsultacja	dr inż. Gerard Brzózka	Rzeczoznawca ds. hałasów i drgań	05.2014
Projektant	mgr inż. Robert Chyliński		05.2014

Wytyczne do projektowania stropów z prefabrykowanych płyt sprężonych produkowanych przez PPH POSbet Sulechów

Spis treści

1. *Wiadomości ogólne.*
 - 1.1. *Ogólna charakterystyka płyt sprężonych SP.*
 - 1.2. *Zakres stosowania płyt sprężonych SP.*
 - 1.3. *Technologia produkcji płyt sprężonych SP.*
 - 1.4. *Asortyment produkcji płyt sprężonych SP.*
 - 1.4.1. *Płyty SP 20 R60.*
 - 1.4.2. *Płyty SP 25 R60.*
 - 1.4.3. *Płyty SP 26,5 R60.*
 - 1.4.4. *Płyty SP 27,5 R120.*
 - 1.4.5. *Płyty SP 32 R60.*
 - 1.4.6. *Płyty SP 33 R120.*
2. *Nośność płyt swobodnie podpartych bez wycięć.*
 - 2.1 *Zasady doboru płyt sprężonych SP.*
 - 2.2 *Zestawienie podstawowych wyników obliczeń statyczno-wytrzymałościowych dla poszczególnych rodzajów i zbrojenia płyt sprężonych SP.*
 - 2.3 *Dopuszczalne obciążenia poszczególnych rodzajów płyt sprężonych SP.*
 - 2.3.1. *Płyty SP 20 R60.*
 - 2.3.1.1 *Płyta SP 20A1 R60.*
 - 2.3.1.2 *Płyta SP 20A2 R60*
 - 2.3.1.3 *Płyta SP 20A3 R60*
 - 2.3.1.4 *Płyta SP 20A4 R60*
 - 2.3.1.5 *Płyta SP 20A5 R60*
 - 2.3.1.6 *Płyta SP 20A6 R60*
 - 2.3.1.7 *Płyta SP 20A7 R60*
 - 2.3.2 *Płyty SP 25 R60*
 - 2.3.2.1 *Płyta SP 25/4 R60.*
 - 2.3.2.2 *Płyta SP 25/6 R60*
 - 2.3.2.3 *Płyta SP 25/8 R60*
 - 2.3.2.4 *Płyta SP 25/10 R60*
 - 2.3.2.5 *Płyta SP 25/12 R60*
 - 2.3.3 *Płyty SP 26,5 R60*
 - 2.3.3.1 *Płyta SP 26,5/4 R60.*
 - 2.3.3.2 *Płyta SP 26,5/6 R60*
 - 2.3.3.3 *Płyta SP 26,5/8 R60*
 - 2.3.3.4 *Płyta SP 26,5/10 R60*
 - 2.3.3.5 *Płyta SP 26,5/12 R60*
 - 2.3.4 *Płyty SP 27,5 R120*
 - 2.3.4.1 *Płyta SP 27,5/6 R120.*
 - 2.3.4.2 *Płyta SP 27,5/12 R120*
 - 2.3.5 *Płyty SP 32 R60*
 - 2.3.5.1 *Płyta SP 32/5 R60.*
 - 2.3.5.2 *Płyta SP 32/8 R60*
 - 2.3.5.2 *Płyta SP 32/9 R60*
 - 2.3.5.2 *Płyta SP 32/10 R60*
 - 2.3.5.2 *Płyta SP 32/11 R60*
 - 2.3.5.2 *Płyta SP 32/14 R60*

- 2.3.5 *Płyty SP 32 R60*
 - 2.3.5.1 *Płyta SP 32/5 R60.*
 - 2.3.5.2 *Płyta SP 32/8 R60*
 - 2.3.5.3 *Płyta SP 32/9 R60*
 - 2.3.5.4 *Płyta SP 32/10 R60*
 - 2.3.5.5 *Płyta SP 32/11 R60*
 - 2.3.5.6 *Płyta SP 32/14 R60*
- 2.3.6 *Płyty SP 33 R120*
 - 2.3.6.1 *Płyta SP 33/8 R120*
 - 2.3.6.2 *Płyta SP 33/14 R120*
- 3. *Zasady obliczania płyt obciążonych nierównomiernie*
 - 3.1 *Zasady ogólne.*
 - 3.2 *Współpraca płyt w przenoszeniu obciążenia liniowego.*
 - 3.3 *Współpraca płyt w przenoszeniu obciążenia punktowego.*
- 4. *Wycięcia i otwory w płytach sprężonych SP.*
 - 4.1 *Zasady ogólne.*
 - 4.2 *Wycięcia przęsłowe (na krawędzi i wewnątrz płyty)*
 - 4.3 *Wycięcia podporowe (na krawędzi i wewnątrz płyty)*
 - 4.4 *Zasady łącznego stosowania wycięć przęsłowych podporowych*
- 5. *Obliczanie płyt z wycięciami.*
 - 5.1 *Płyty z wycięciami w przęśle*
 - 5.2 *Płyty z wycięciami na podporach*
- 6. *Warunki stosowania płyt w układach ściennych*
 - 6.1. *Warunki częściowego zamocowania płyt*
 - 6.2. *Zasady obliczania płyt zamocowanych w ścianach*
- 7. *Płyty niestandardowe*
 - 7.1 *Zasady wzdłużnego cięcia płyt*
 - 7.2 *Płyty cięte ukośnie*
- 8. *Odporność ogniowa, izolacyjność cieplna oraz właściwości akustyczne płyt sprężonych SP*
 - 8.1. *Odporność ogniowa płyt sprężonych SP*
 - 8.2. *Izolacyjność cieplna płyt sprężonych SP*
 - 8.3. *Właściwości akustyczne płyt sprężonych SP*
- 9. *Zasady konstruowania stropów z płyt SP*
 - 9.1. *Wypełnianie szczelin między płytami*
 - 9.2. *Oparcie płyt na podporach*
 - 9.2.1 *Wymagania podstawowe*
 - 9.2.2. *Oparcie na ścianach*
 - 9.2.3. *Oparcie na podciągach żelbetowych i stalowych*
 - 9.3. *Zasady zestawiania stropów z płyt SP.*
- 10. *Składowanie, transport i montaż płyt SP*
 - 10.1. *Transport i składowanie*
 - 10.2. *Wykonywanie stropu z płyt SP*
 - 10.3. *Warunki bezpiecznego montażu*
- 11. *Literatura*

1. Wiadomości ogólne.

1.1. Ogólna charakterystyka płyt sprężonych SP.

Asortyment płyt sprężonych kanałowych SP produkowanych przez firmę POSbet w Sulechowie obejmuje płyty o grubości 20 cm, 25cm, 26,5cm, 27,5cm, 32cm oraz 33 cm. W obrębie każdego z powyższych rodzajów płyt wykonywane są poszczególne typy tych płyt różnice się ilością i średnicą zastosowanych splotek sprężających.

Płyty wytwarzane są z betonu zwykłego klasy C50/60.

Płyty posiadają jedynie podłużne zbrojenie sprężające. Stosowana technologia produkcji wyklucza możliwość umieszczania w nich jakiegokolwiek zbrojenia ze stali zwykłej w postaci prętów poprzecznych, prętów rozdzielczych, uchwytów montażowych. Do sprężania stosuje się dwa rodzaje splotów fi 9,3 mm i fi 12,5 mm.

Płyty o szerokości 120cm, prostokątne w rzucie i bez wycięć uważane są za podstawowe. Płyty o rzucie innym niż prostokątny, płyty z wycięciami i otworami oraz płyty powstałe wskutek podłużnego rozcięcia elementów podstawowych są elementami pochodnymi. Elementy podstawowe i pochodne tworzą system stropów z płyt sprężonych SP.

Wycięcia są wykonywane podczas produkcji płyt w wytwórni i w żadnym wypadku nie mogą być wykonywane na budowie. Otwory, które nie naruszają żeber płyt mogą być wykonywane na budowie. Wykonywanie tych otworów powinno być przy użyciu wiertnicy. Niedopuszczalne jest wykonywanie otworów pod przejścia instalacji w sposób powodujący powstawanie ubytków na powierzchniach płyty.

Z płyt podstawowych o szerokości modularnej 120 cm można wykonać elementy o mniejszej szerokości poprzez podłużne ich rozcięcie wzdłuż jednego z kanałów płyty.

Różnorodność oferowanych rodzajów płyt oraz typów (wariantów) zbrojenia podstawowego o praktycznie dowolnej rozpiętości, oraz duża swoboda w kształtowaniu elementów pochodnych pozwala zaliczyć system płyt sprężonych SP firmy POSbet do systemów otwartych.

1.2. Zakres stosowania płyt sprężonych SP.

Płyty stropowe SP mogą być stosowane w budynkach o różnorodnej konstrukcji i funkcji pod warunkiem obciążenia stropu w sposób statyczny oraz przestrzegania podanych dalej wytycznych.

Zakres stosowania płyt sprężonych SP obejmuje między innymi: budynki mieszkalne, biurowe, użyteczności publicznej, centra handlowe, budynki magazynowe i przemysłowe, w przedziale rozpiętości od 2,4 do 15,9 m.

Płyty sprężone SP należy stosować przede wszystkim w budynkach szkieletowych o konstrukcji żelbetowej lub stalowej, gdzie zachowany jest podstawowy schemat statyczny płyty jako belki swobodnie podpartej. Płyty sprężone SP można stosować także w układach ściennych, jako częściowo zamocowane, pod warunkiem zachowania wymagań podanych w rozdz. 3.

Przyjęte w płytach sprężonych SP grubości otulenia cięgien sprężających betonem określają dopuszczalny zakres ich zastosowania ze względu na trwałość stropów.

Płyty sprężone SP można stosować w warunkach odpowiadających klasom ekspozycji: X0, XC1, XC2, XC3 lub XC4. Można stosować płyty sprężone SP w bardziej agresywnych środowiskach np. pod warunkiem wykonania na ich dolnej powierzchni ochronnej war-

stwy ochronnej odpowiedniej do występującego czynnika korozyjnego (wg oddzielnego projektu).

W budynkach lokalizowanych na terenach szkód górniczych oraz na terenach, na których wystąpić mogą nierównomierne osiadania podpór lub inne ruchy podłoża mogące wywoływać w stropach siły rozciągające, możliwość zastosowania płyt SP należy rozważyć indywidualnie jako dodatkowe rozwiązanie projektowe.

1.3. Technologia produkcji płyt sprężonych SP.

Wytwarzanie płyt sprężonych SP odbywa się metodą wytłoczenia betonowej wstęgi, za pomocą odpowiednich urządzeń formujących. Wstęga formowana jest na podłożach torów naciągowych o szerokości 120 cm. Po wstępnym naprężeniu i zakotwieniu cięgien w blokach oporowych toru naciągowego, na podłożu umieszczany jest agregat, który formuje z mieszanki betonowej wstęgę. Proces formowania ma charakter ciągły. Do zasobnika agregatu dostarczana jest mieszanka betonowa o konsystencji wilgotnej, którą przenośniki agregatu wtłaczają do formy i jednocześnie przesuwają całe urządzenie wzdłuż toru. Po około 16 godzinach od chwili zabetonowania beton osiąga wytrzymałość umożliwiającą sprężenie betonowej wstęgi. Zwalniany jest wówczas naciąg i następuje sprężenie. Następnie wstęga jest cięta specjalną piłą na odcinki o potrzebnej długości.

Poszczególne elementy zdejmowane są z podłoża i przenoszone na miejsce składowania za pomocą specjalnego zawiesia, samozakleszczającego się o wręby w bocznych powierzchniach płyt. Gotowe prefabrykaty składowane są w pozycji poziomej w stosach.

Tolerancje produkcyjne

Maksymalne odchylenia określonych wymiarów nominalnych, powinny spełniać następujące wymagania:

- a) długość płyty: ± 25 mm;
- b) szerokość płyty: ± 5 mm;
- c) szerokość płyty dla płyt ciętych podłużnie: ± 25 mm;
- d) wysokość płyty:
 - dla płyt o grubości $h > 250$ mm: ± 15 mm;
- e) minimalna nominalna szerokość środnika:
 - pojedynczy środnik (b_w): -10 mm;
 - w sumie dla płyty (Σb_w): -20 mm;
- f) minimalna nominalna wysokość półki (nad i pod kanałami):
 - pojedyncza półka: -10 mm, $+15$ mm;
- g) pionowe umieszczenie zbrojenia po stronie rozciąganej:
 - pojedynczy pręt, splot lub drut:
 - dla płyt o grubości $h > 250$ mm.: ± 15 mm;
 - wartość średnia dla płyty: ± 7 mm;
- h) tolerancje otulenia betonem - maksymalne odchylenie otulenia betonem powinno być $\Delta c = -10$ mm. Bardziej restrykcyjne tolerancje może określić producent.

1.4 Asortyment produkcji płyt sprężonych SP.

1.4.1 Płyty sprężone SP 20 R60

Płyty kanałowe sprężone rodzaju SP 20 mają wysokość nominalną 200 mm, posiadają 6 podłużnych kanałów o przekroju kołowym o średnicy 152 mm. Kanały umieszczone są prawie centralnie na wysokości przekroju (środek położony jest o 2 mm powyżej płaszczyzny środkowej płyty). Wynikająca stąd grubość półki dolnej wynosi 26 mm, zaś półki górnej 22 mm. Na szerokości przekroju kanały rozmieszczone są równomiernie co 187 mm (rozstaw osiowy). Masa 1 m² płyty SP 20 wynosi 285 kg/m², masa 1 m² stropu z wypełnionymi spoinami 298,5 kg/m².

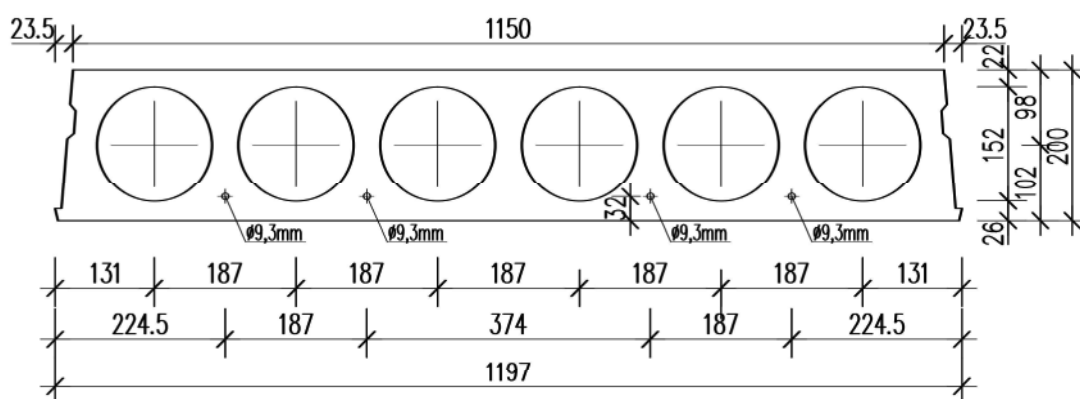
Płyty sprężone SP 20 zaprojektowano w siedmiu podstawowych typach w zależności od wariantu ilości zbrojenia sprężającego.

Poszczególne warianty zbrojenia (typy) różnią się ilością i średnicą zastosowanego zbrojenia sprężającego. W stosowanych wariantach zbrojenia płyt SP 20 zbrojenie sprężające przebiega prostoliniowo dołem. Użyte są splotki typu Y1860S7 Ø 9,3 mm (typy A1, A2, A3) lub typu Y1860S7 Ø 12,5 mm (typy A4, A5, A6 oraz A7).

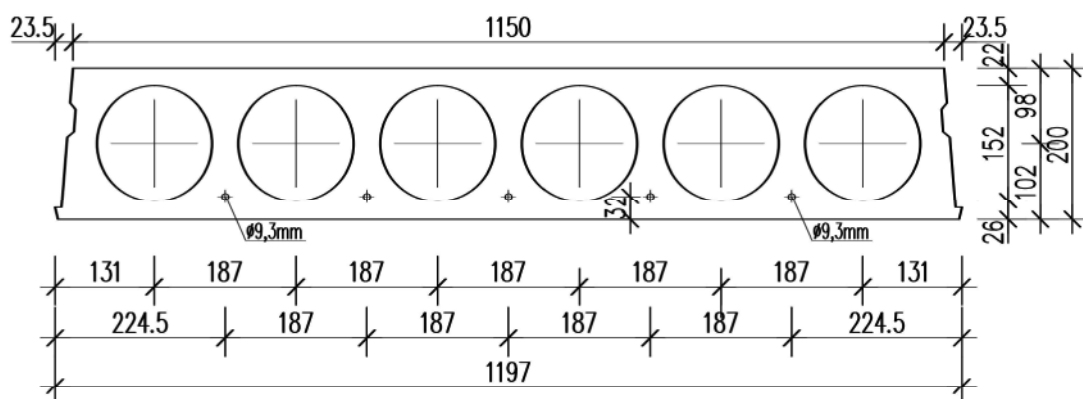
Zestawienie zbrojenia dla poszczególnych typów płyt SP 20 R60.

typ płyty	ilość zbrojenia
SP 20 R60 A1	4 Ø 9,3 mm
SP 20 R60 A2	5 Ø 9,3 mm
SP 20 R60 A3	6 Ø 9,3 mm
SP 20 R60 A4	4 Ø 12,5 mm
SP 20 R60 A5	5 Ø 12,5 mm
SP 20 R60 A6	6 Ø 12,5 mm
SP 20 R60 A7	7 Ø 12,5 mm

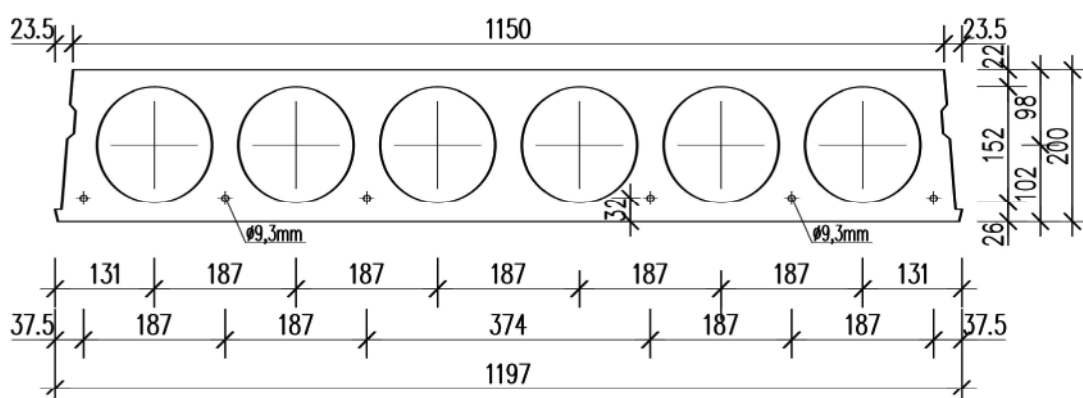
W każdym wariantcie zbrojenia, nominalna odległości osi warstwy cięgien od spodu płyt wynosi 32 mm.



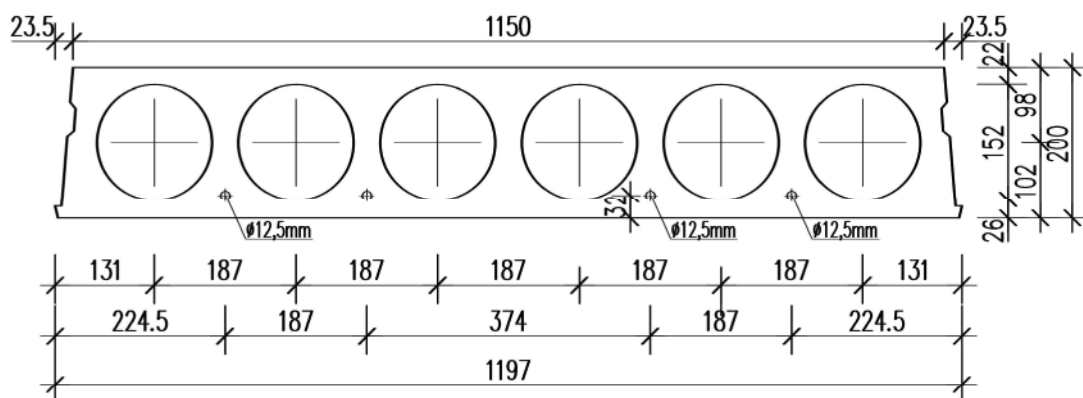
Rys. 1.1 Przekrój płyty SP 20 A1 R60.



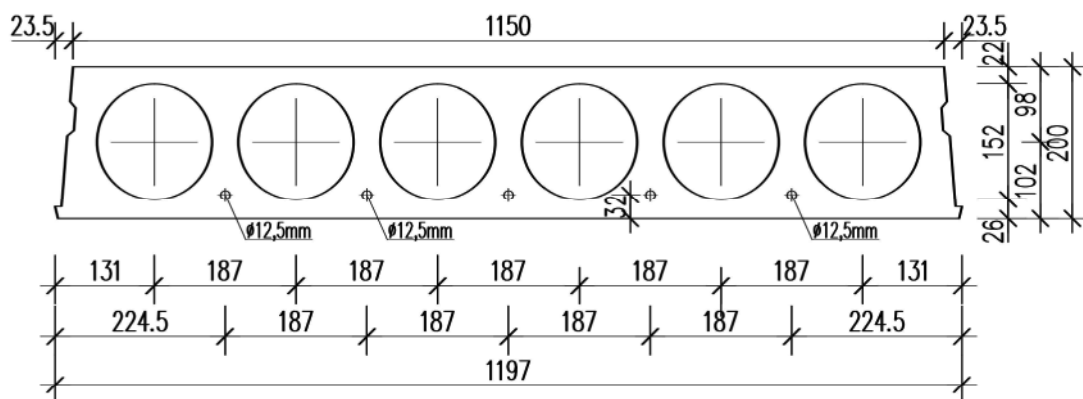
Rys. 1.2 Przekrój płyty SP 20 A2 R60.



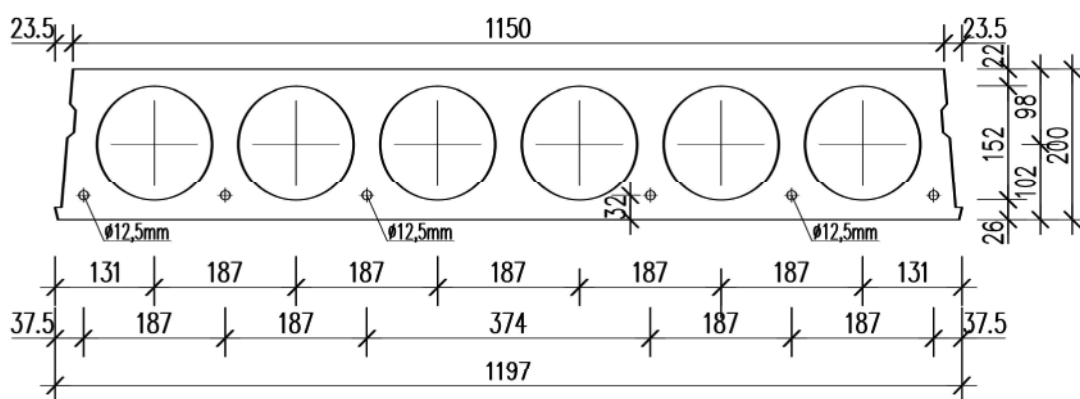
Rys. 1.3 Przekrój płyty SP 20 A3 R60.



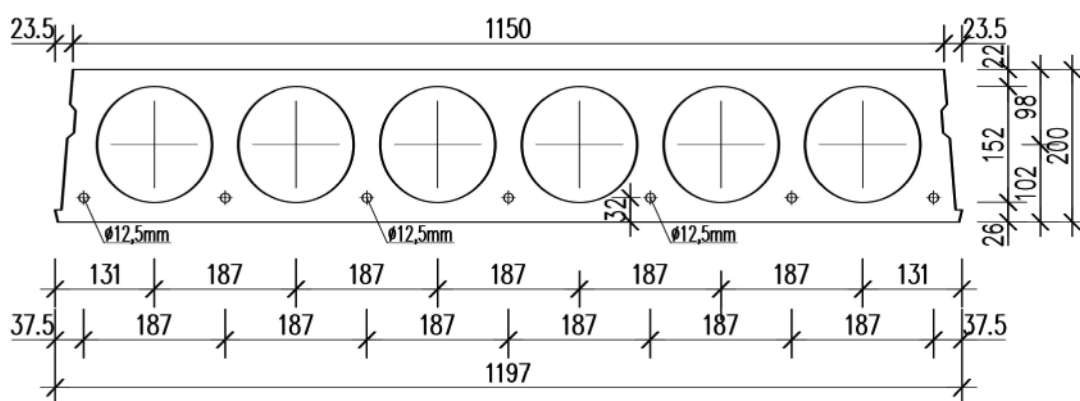
Rys. 1.4 Przekrój płyty SP 20 A4 R60.



Rys. 1.5 Przekrój płyty SP 20 A5 R60.



Rys. 1.6 Przekrój płyty SP 20 A6 R60.



Rys. 1.7 Przekrój płyty SP 20 A7 R60.

1.4.2 Płyty sprężone SP 25 R60

Płyty kanałowe typu SP 25 mają wysokość nominalną 250 mm, posiadają 5 podłużnych kanałów o przekroju kołowym o średnicy 186 mm. Środek kanałów umieszczony jest 12,5 mm powyżej płaszczyzny środkowej płyty. Wynikająca stąd grubość półki dolnej wynosi 39,5 mm, zaś półki górnej 24,5 mm. Na szerokości przekroju kanały rozmieszczone są równomiernie co 225 mm (rozstaw osiowy). Masa 1 m² płyty SP 25 wynosi 312 kg/m², masa 1 m² stropu z wypełnionymi spoinami 328 kg/m².

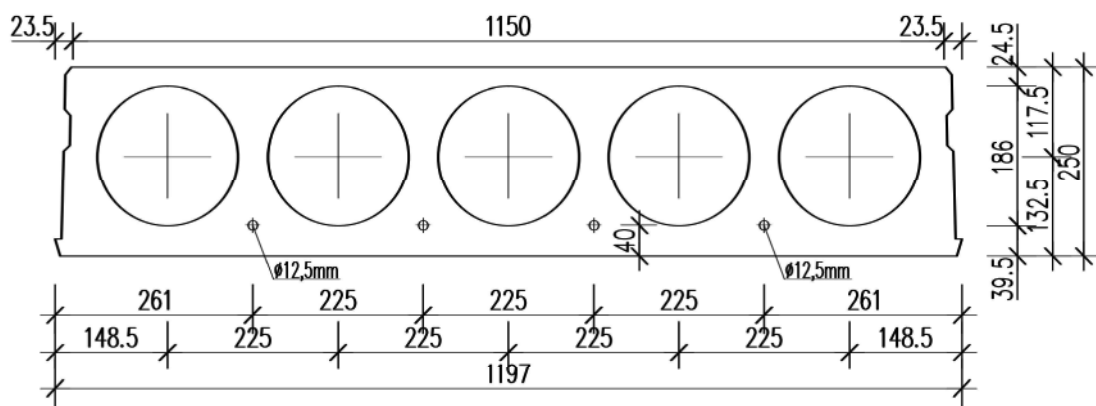
Płyty sprężone SP 25 zaprojektowano w pięciu podstawowych typach w zależności od wariantu ilości zbrojenia sprężającego.

Poszczególne warianty zbrojenia (typy) różnią się ilością zastosowanego zbrojenia sprężającego. W stosowanych wariantach zbrojenia płyt SP 25 zbrojenie sprężające przebiega prostoliniowo dołem. Użyte są splotki typu Y1860S7 Ø 12,5 mm.

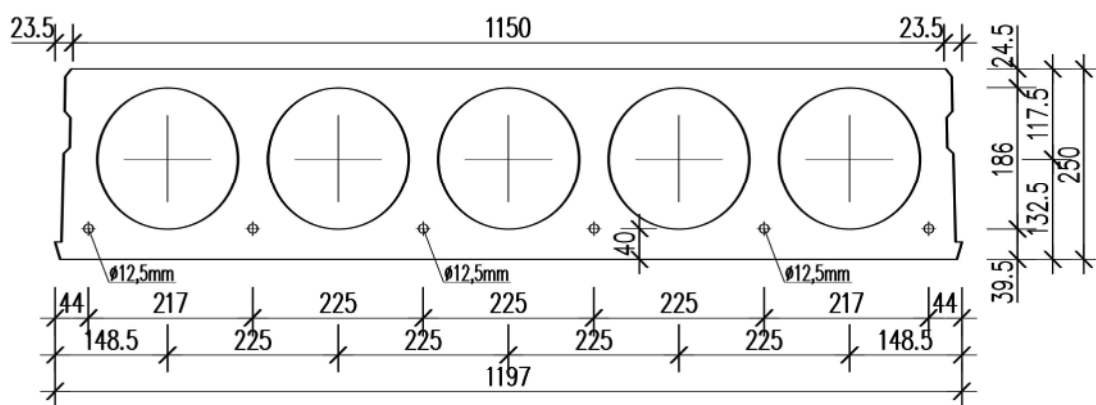
Zestawienie zbrojenia dla poszczególnych typów płyt SP 25 R60.

typ płyty	ilość zbrojenia
SP 25/4 R60	4 Ø 12,5 mm
SP 25/6 R60	6 Ø 12,5 mm
SP 25/8 R60	8 Ø 12,5 mm
SP 25/10 R60	10 Ø 12,5 mm
SP 25/12 R60	12 Ø 12,5 mm

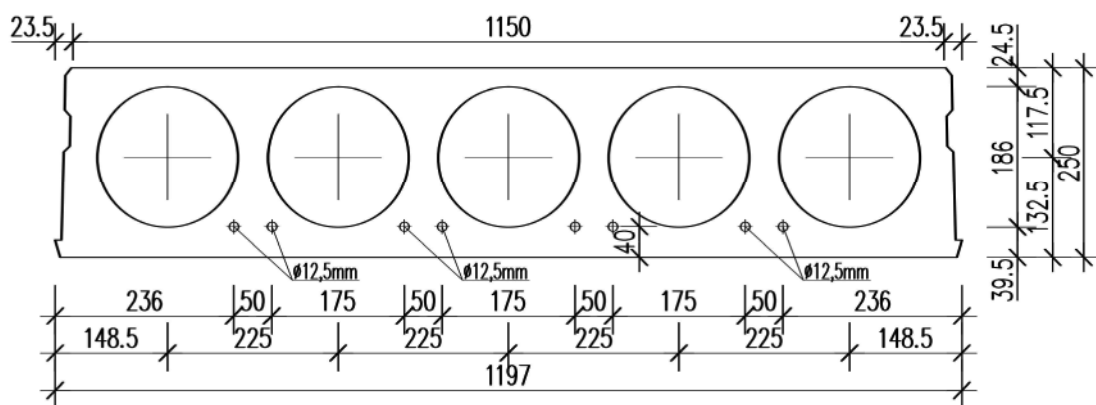
W każdym wariantcie zbrojenia, nominalna odległości osi dolnej warstwy cięgien od spodu płyt wynosi 40 mm.



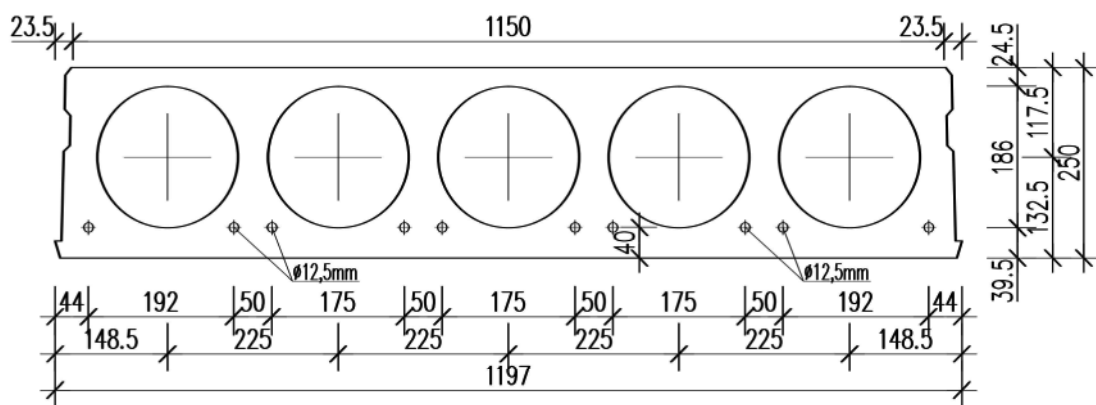
Rys. 1.8 Przekrój płyty SP 25/4 R60.



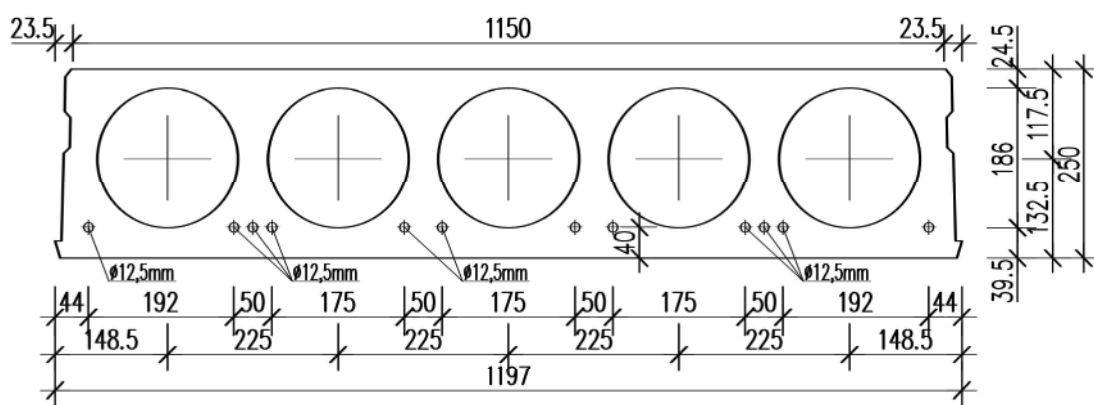
Rys. 1.9 Przekrój płyty SP 25/6 R60.



Rys. 1.10 Przekrój płyty SP 25/8 R60.



Rys. 1.11 Przekrój płyty SP 25/10 R60.



Rys. 1.12 Przekrój płyty SP 25/12 R60

1.4.3 Płyty sprężone SP 26,5 R60

Płyty kanałowe typu SP 26,5 mają wysokość nominalną 265 mm, posiadają 5 podłużnych kanałów o przekroju kołowym o średnicy 186 mm. Kanały umieszczone są centralnie na wysokości przekroju. Wynikająca stąd grubość półki dolnej i górnej wynosi 39,5 mm. Na szerokości przekroju kanały rozmieszczone są równomiernie co 225 mm (rozstaw osiowy). Masa 1 m² płyty SP 26,5 wynosi 347 kg/m², masa 1 m² stropu z wypełnionymi spoinami 364 kg/m².

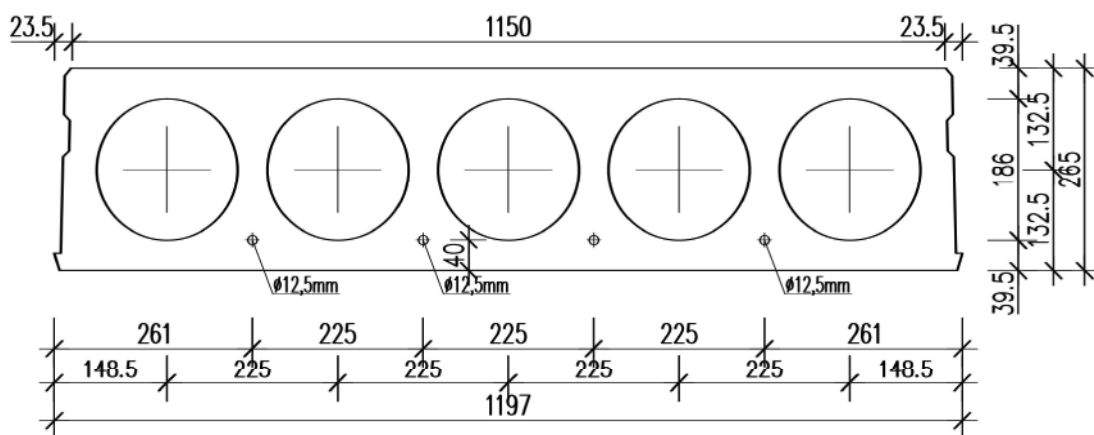
Płyty sprężone SP 26,5 zaprojektowano w pięciu podstawowych typach w zależności od wariantu ilości zbrojenia sprężającego.

Poszczególne warianty zbrojenia (typy) różnią się ilością zastosowanego zbrojenia sprężającego. W stosowanych wariantach zbrojenia płyt SP 26,5 zbrojenie sprężające przebiega prostoliniowo dołem. Użyte są splotki typu Y1860S7 Ø 12,5 mm.

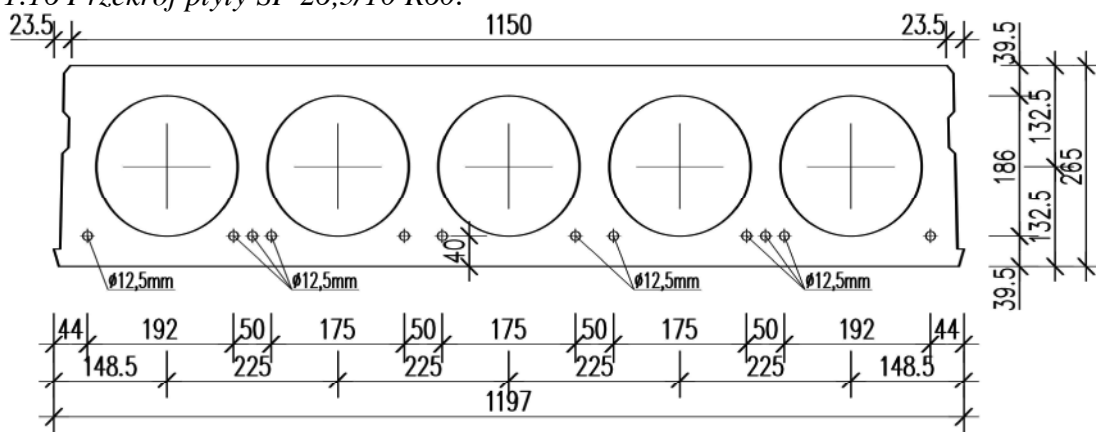
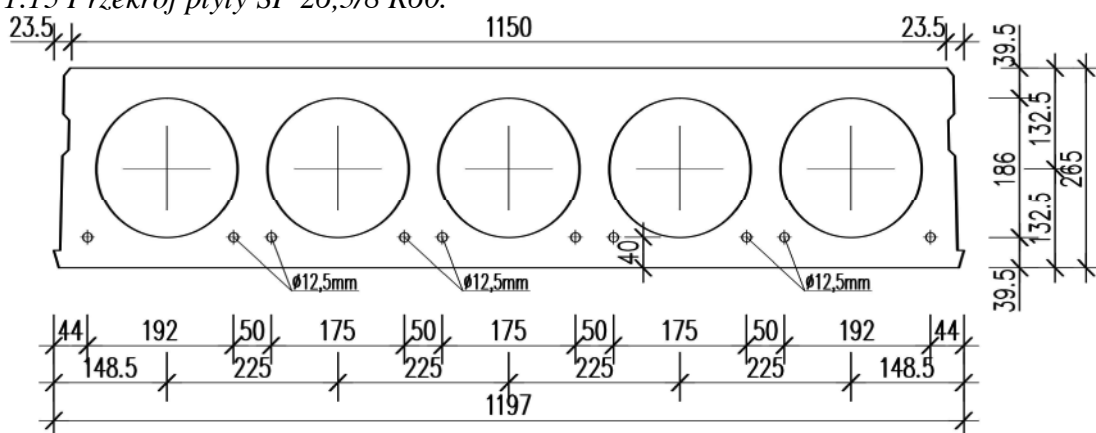
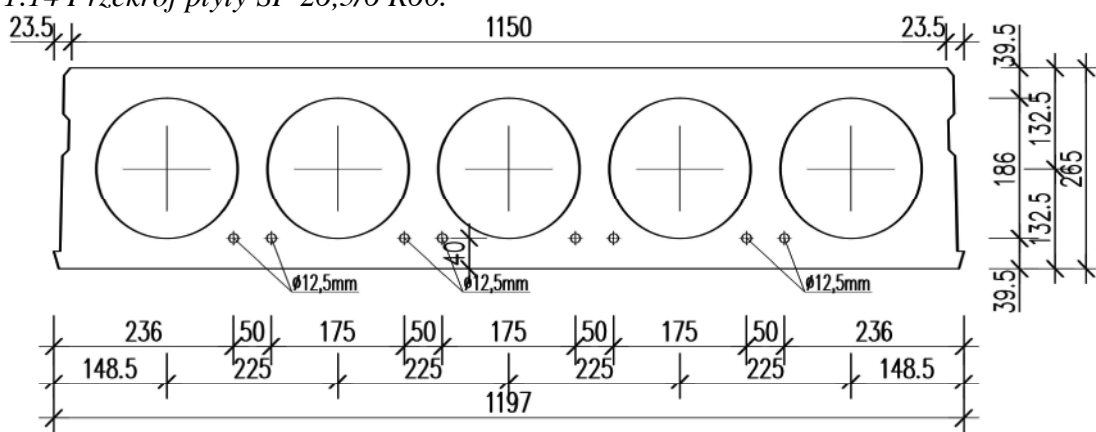
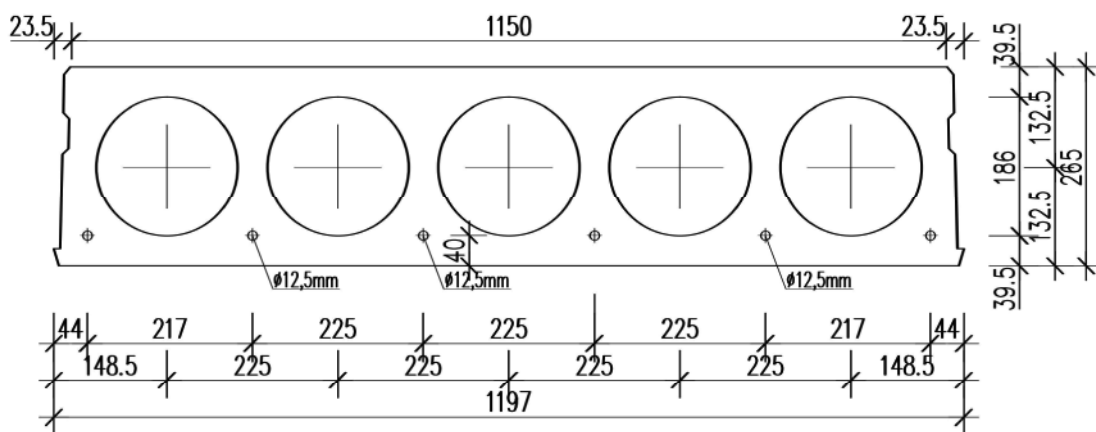
Zestawienie zbrojenia dla poszczególnych typów płyt SP 26,5 R60.

typ płyty	ilość zbrojenia
SP 26,5/4 R60	4 Ø 12,5 mm
SP 26,5/6 R60	6 Ø 12,5 mm
SP 26,5/8 R60	8 Ø 12,5 mm
SP 26,5/10 R60	10 Ø 12,5 mm
SP 26,5/12 R60	12 Ø 12,5 mm

W każdym wariancie zbrojenia, nominalna odległości osi dolnej warstwy cięgien od spodu płyt wynosi 40 mm.



Rys. 1.13 Przekrój płyty SP 26,5/4 R60.



1.4.4 Płyty sprężone SP 27,5 R120

Płyty kanałowe typu SP 27,5 mają wysokość nominalną 275 mm, posiadają 5 podłużnych kanałów o przekroju kołowym o średnicy 186 mm. Kanały umieszczone są prawie centralnie na wysokości przekroju (środek położony jest o 5 mm powyżej płaszczyzny środkowej płyty). Wynikająca stąd grubość półki dolnej wynosi 49,5 mm, zaś półki górnej 39,5 mm. Na szerokości przekroju kanały rozmieszczone są równomiernie co 225 mm (rozstaw osiowy). Masa 1 m² płyty SP 27,5 wynosi 371 kg/m², masa 1 m² stropu z wypełnionymi spoinami 388 kg/m².

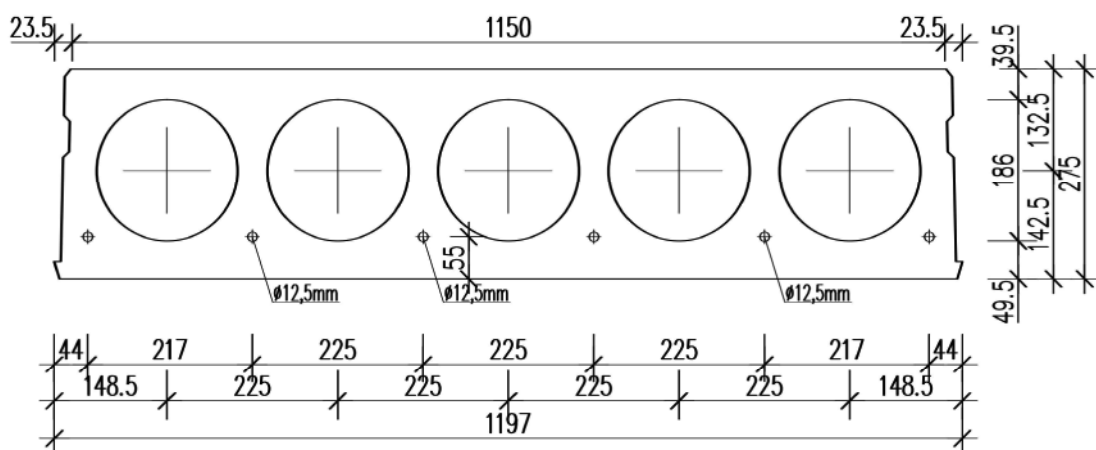
Płyty sprężone SP 27,5 zaprojektowano w pięciu podstawowych typach w zależności od wariantu ilości zbrojenia sprężającego.

Poszczególne warianty zbrojenia (typy) różnią się ilością zastosowanego zbrojenia sprężającego. W stosowanych wariantach zbrojenia płyt SP 27,5 zbrojenie sprężające przebiega prostoliniowo dołem. Użyte są splotki typu Y1860S7 Ø 12,5 mm.

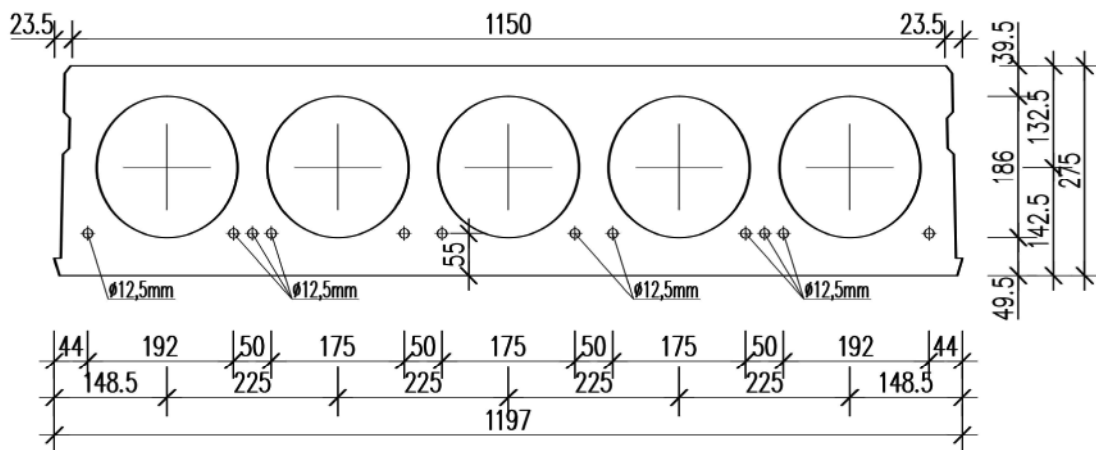
Zestawienie zbrojenia dla poszczególnych typów płyt SP 26,5 R60.

typ płyty	ilość zbrojenia
SP 27,5/6 R120	6 Ø 12,5 mm
SP 27,5/12 R120	12 Ø 12,5 mm

W każdym wariantcie zbrojenia, nominalna odległość osi dolnej warstwy cięgien od spodu płyt wynosi 55 mm.



Rys. 1.18 Przekrój płyty SP 27,5/6 R120.



Rys. 1.19 Przekrój płyty SP 27,5/12 R120.

1.4.5 Płyty sprężone SP 32 R60

Płyty kanałowe typu SP 32 mają wysokość nominalną 320 mm, posiadają 4 podłużne kanały o przekroju owalnym o szerokości 226 mm (kanały zewnętrzne) i 226 mm (kanały wewnętrzne) przy wysokości 250 mm. Kanały umieszczone są centralnie na wysokości przekroju. Wynikająca stąd grubość półki dolnej i górnej wynosi 35 mm. Na szerokości przekroju kanały rozmieszczone są równomiernie 287 i 275 mm. Masa 1 m² płyty SP 32 wynosi 372 kg/m², masa 1 m² stropu z wypełnionymi spoinami 390 kg/m².

Przekrój poprzeczny płyt typu SP 32 pokazano na rys.1.20-1.25. Płyty typu SP 32 posiadają cztery podłużne kanały o owalnym przekroju.

Szerokość dwóch kanałów bocznych wynosi 226 mm, a kanałów środkowych 229 mm. Wszystkie kanały mają wysokość 250 mm i są umieszczone w środku wysokości przekroju. Stąd dolna i górna półka płyt mają grubość 35 mm (w najwyższym miejscu). Na szerokości przekroju kanały rozmieszczone są co 287 i 275 mm i symetrycznie względem podłużnej osi płyt. Wynikająca stąd szerokość wewnętrznych środników (żeber) wynosi 60 i 46 mm.

Płyty SP 32 zaprojektowano w sześciu podstawowych wariantach (typach) zbrojenia sprężającego, przy czym w ramach każdego wariantu przewidziano dwie odmiany: „A” i „B”. W odmianie „A” nie występuje zbrojenie górne, natomiast w odmianie „B” zastosowano dodatkowo dwa ciągną sprężające umieszczone w górnej, ściskanej pod obciążeniem eksploatacyjnym, strefie przekroju poprzecznego.

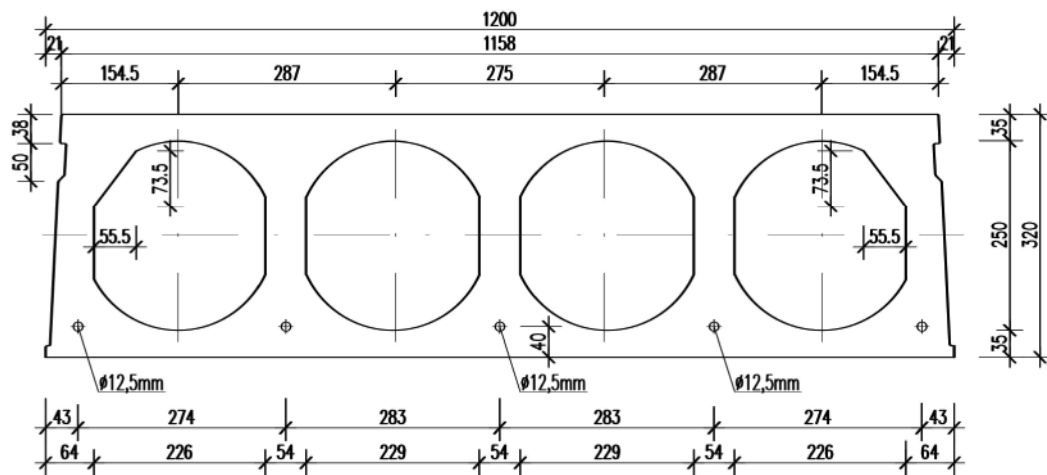
Zbrojenie górne zabezpiecza płyty długie (o długości większej niż 13,00 m) przed złamaniem podczas podnoszenia chwytakami szczękowymi. Zbrojenie odmiany „A” można stosować przy rozpiętościach $l_{eff} \leq 12,90$ m, natomiast zbrojenie odmiany „B” przewidziane jest dla rozpiętości $l_{eff} > 12,90$ m. Podstawowe warianty zbrojenia różnią się liczbą i rozmieszczeniem podłużnych cięgien sprężających.

typ płyty	ilość zbrojenia
SP 32/5 A R60	5 Ø 12,5 mm
SP 32/8 A (B) R60	8 Ø 12,5 mm (+2 Ø 9,3 mm)
SP 32/9 A (B) R60	9 Ø 12,5 mm (+2 Ø 9,3 mm)
SP 32/10 A (B) R60	10 Ø 12,5 mm (+2 Ø 9,3 mm)
SP 32/11 A (B) R60	11 Ø 12,5 mm (+2 Ø 9,3 mm)
SP 32/14 A (B) R60	14 Ø 12,5 mm (+2 Ø 9,3 mm)

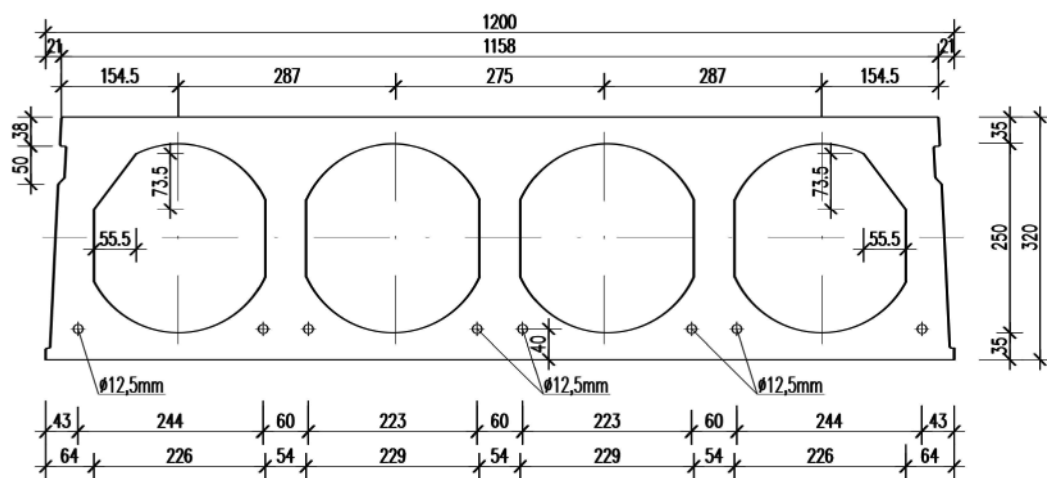
W wariantach (typach) zbrojenia odmiany „A” płyty SP 32 zbrojone są wyłącznie dołem, odpowiednio: 5-ma, 8-ma, 9-ma, 10-ma, 11-ma i 14-ma cięgnami Ø12,5 mm. W wariantach zbrojenia 14Ø12,5 cięgna sprężające rozmieszczone są w dwóch warstwach, w pozostałych wariantach – w jednej warstwie. W każdym wariantcie zbrojenia, nominalna odległości osi dolnej warstwy cięgien od spodu płyt wynosi 40 mm; górna warstwa cięgien (w wariantcie: 14Ø12,5) oddalona jest od warstwy dolnej o kolejne 40 mm (osiowo).

W wariantach odmiany „B” zbrojenie dolne jest analogiczne jak w wariantach odmiany „A”. Dodatkowe zbrojenie górne stanowią dwa cięgna sprężające Ø9,3 mm umieszczone w osi przedskrajnych żeber płyt w odległości 35 mm od górnej powierzchni (osiowo).

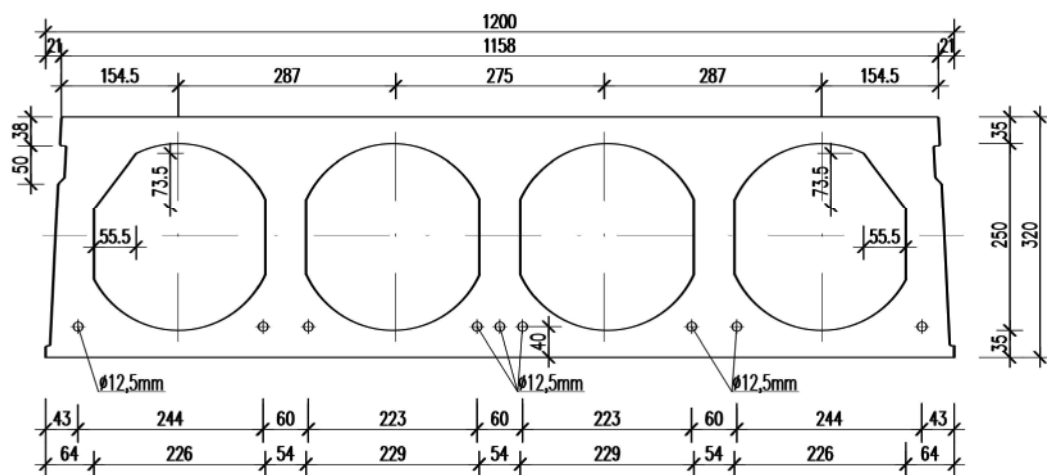
Sploty Ø9,3 mm mogą być zastąpione podczas produkcji splotami Ø12,5 mm.



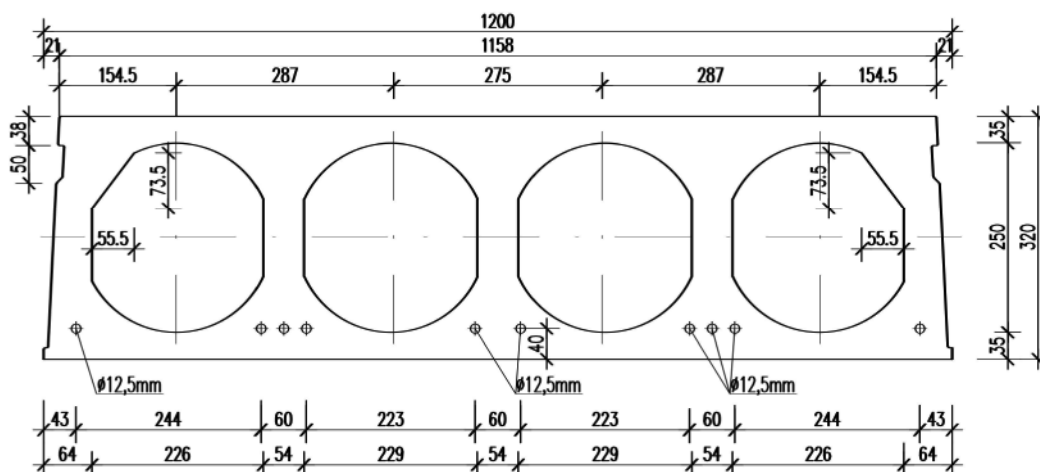
Rys. 1.20 Przekrój płyty SP 32/5 R60.



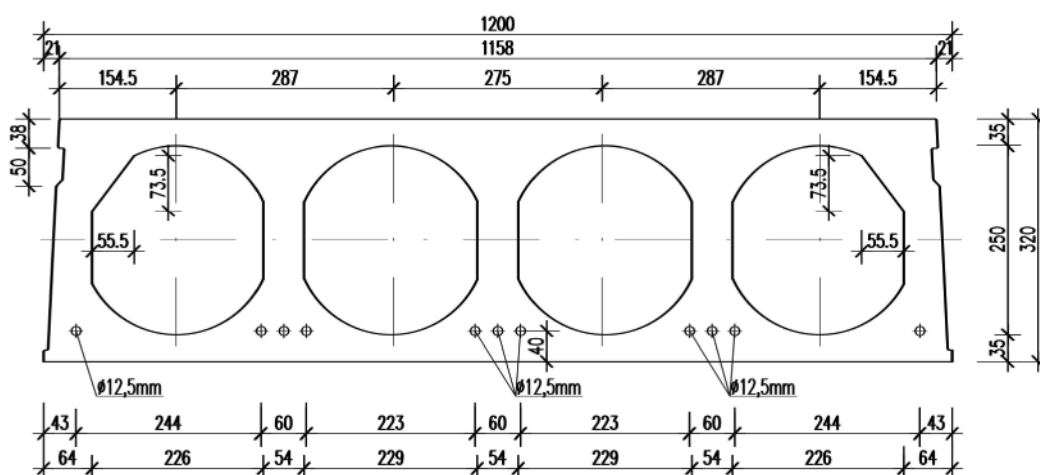
Rys. 1.21 Przekrój płyty SP 32/8 R60.



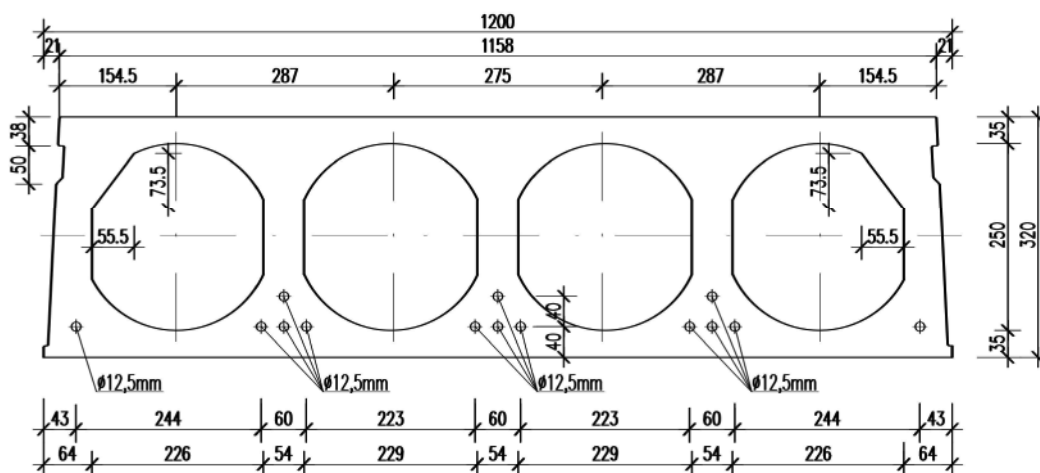
Rys. 1.22 Przekrój płyty SP 32/9 R60.



Rys. 1.23 Przekrój płyty SP 32/10 R60.



Rys. 1.24 Przekrój płyty SP 32/11 R60



Rys. 1.25 Przekrój płyty SP 32/14 R60

1.4.6 Płyty sprężone SP 33 R120

Płyty kanałowe typu SP 33 mają wysokość nominalną 330 mm, posiadają 4 podłużne kanały o przekroju owalnym o szerokości 226 mm (kanały zewnętrzne) i 226 mm (kanały wewnętrzne) przy wysokości 250 mm. Kanały umieszczone są prawie centralnie na wysokości

przekroju (środek położony jest o 5 mm powyżej płaszczyzny środkowej płyty). Wynikająca stąd grubość półki górnej wynosi 35 mm, zaś półki dolnej 45 mm. Na szerokości przekroju kanały rozmieszczone są równomiernie 287 i 275 mm. Wynikająca stąd szerokość wewnętrznych środków (żeber) wynosi 60 i 46 mm. Masa 1 m² płyty SP 33 wynosi 396 kg/m², masa 1 m² stropu z wypełnionymi spoinami 414 kg/m².

Płyty SP 33 zaprojektowano w dwóch podstawowych wariantach (typach) zbrojenia sprężającego, przy czym w ramach każdego wariantu przewidziano dwie odmiany: „A” i „B”. W odmianie „A” nie występuje zbrojenie górne, natomiast w odmianie „B” zastosowano dodatkowo dwa ciężne sprężające umieszczone w górnej, ściskanej pod obciążeniem eksploatacyjnym, strefie przekroju poprzecznego.

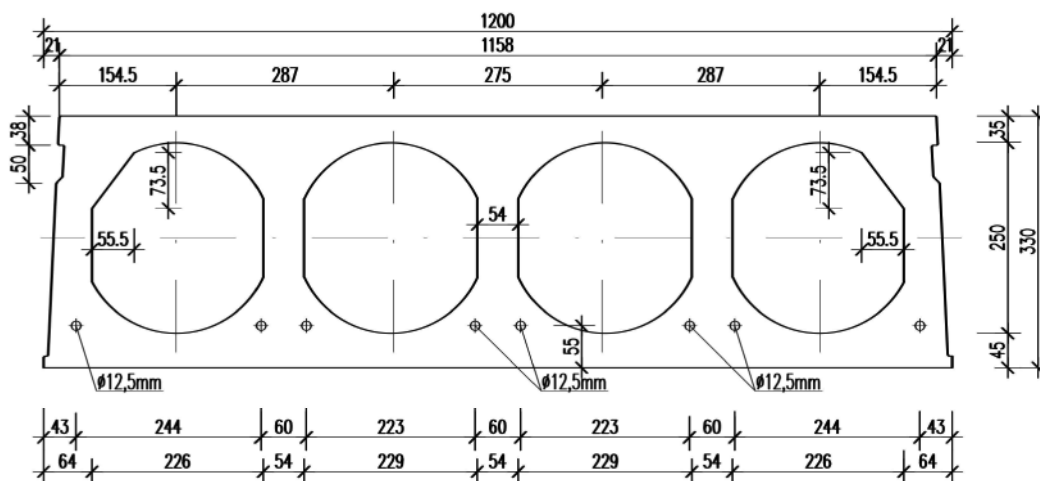
Zbrojenie górne zabezpiecza płyty długie (o długości większej niż 13,00 m) przed złamaniem podczas podnoszenia chwytakami szczękowymi. Zbrojenie odmiany „A” można stosować przy rozpiętościach $l_{\text{eff}} \leq 12,90$ m, natomiast zbrojenie odmiany „B” przewidziane jest dla rozpiętości $l_{\text{eff}} > 12,90$ m. Podstawowe warianty zbrojenia różnią się liczbą i rozmieszczeniem podłużnych cięgien sprężających.

typ płyty	ilość zbrojenia
SP 33/8 A (B) R120	8 Ø 12,5 mm (+2 Ø 9,3 mm)
SP 33/14 A (B) R120	14 Ø 12,5 mm (+2 Ø 9,3 mm)

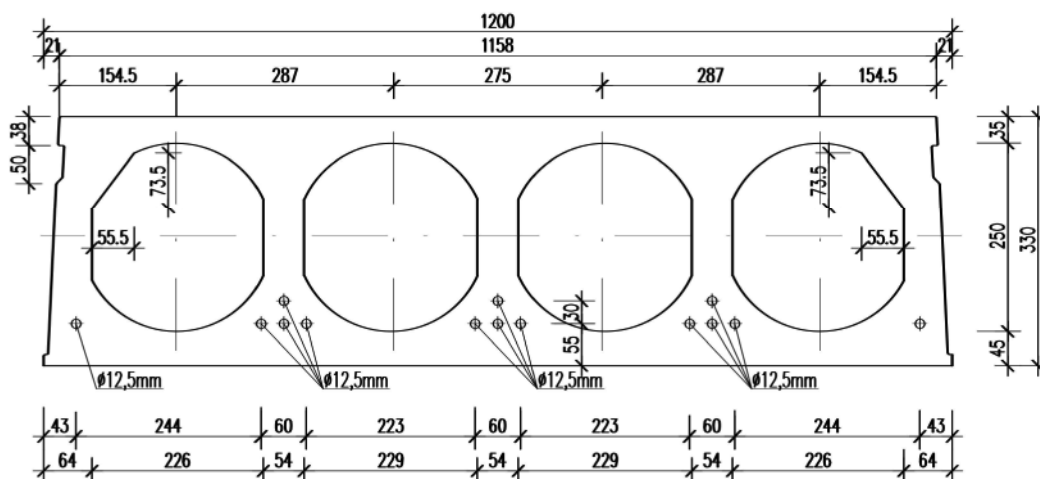
W wariantach (typach) zbrojenia odmiany „A” płyty SP 33 zbrojone są wyłącznie dołem, odpowiednio: 8-ma lub 14-ma cięgnami Ø12,5 mm. W wariantcie zbrojenia 14Ø12,5 ciężne sprężające rozmieszczone są w dwóch warstwach, w pozostałych wariantach – w jednej warstwie. W każdym wariantcie zbrojenia, nominalna odległości osi dolnej warstwy cięgien od spodu płyt wynosi 40 mm; górna warstwa cięgien (w wariantcie: 14Ø12,5 mm) oddalona jest od warstwy dolnej o kolejne 40 mm (osiowo).

W wariantach odmiany „B” zbrojenie dolne jest analogiczne jak w wariantach odmiany „A”. Dodatkowe zbrojenie górne stanowią dwa ciężne sprężające Ø9,3 mm umieszczone w osi przedskrajnych żebier płyt w odległości 35 mm od górnej powierzchni (osiowo).

Sploty Ø9,3 mm mogą być zastąpione podczas produkcji splotami Ø12,5 mm.



Rys. 1.26 Przekrój płyty SP 33/6 R120.



Rys. 1.27 Przekrój płyty SP 33/12 R120.

2. Nośność płyt swobodnie podpartych bez wycięć

2.1 Zasady doboru płyt sprężonych SP.

Na podstawie przeprowadzonych obliczeń statyczno-wytrzymałościowych, dla płyt typu sprężonych SP ustalono dopuszczalne zewnętrzne obciążenie równomiernie rozłożone dla płyt swobodnie podpartych (bez wycięć).

Zewnętrzne maksymalne obciążenia: obliczeniowe równomiernie rozłożone $p_{d,max}$, obciążenie dla częstej kombinacji obciążeń $p_{cz,max}$ i dla prawie stałej kombinacji obciążeń (quasistalnej) $p_{qs,max}$, przedstawiono w zależności od efektywnej rozpiętości płyty l_{eff} , przy założeniu swobodnego podparcia płyt SP na podporach. Dopuszczalne równomierne obciążenia zewnętrzne, dla każdego wariantu zbrojenia płyt sprężonych SP, zestawiono w tabl. 2.7 do tabl. 2.32.

Zestawione wartości dopuszczalnej wielkości obciążenia $p_{d,max}$ odpowiada spełnieniu przez miarodajny przekrój płyty stanu granicznego nośności (SGN) zarówno w odniesieniu do zginania jak i ścinania w płycie. Formuły obliczenia wartości obciążenia w kombinacji obliczeniowej (p_d) zawarte w [5] - wzory 6.10a i 6.10b - przedstawiono poniżej.

$$\sum_j \gamma_{G,j} G_{k,j} + \gamma_{Q,1} \psi_{0,1} Q_{k,1} + \sum_i \gamma_{Q,i} \psi_{0,i} Q_{k,i}$$

$$\sum_j \xi \gamma_{G,j} G_{k,j} + \gamma_{Q,1} Q_{k,1} + \sum_i \gamma_{Q,i} \psi_{0,i} Q_{k,i}$$

Zwraca się uwagę, że wartość obciążenia w kombinacji obliczeniowej (p_d) zawiera w sobie współczynniki obciążenia (γ_G , γ_Q).

Zestawione wartości dopuszczalnej wielkości obciążenia $p_{cz,max}$ odpowiada spełnieniu przez miarodajny przekrój płyty stanu granicznego użyteczności (SGU) w zakresie dopuszczalnej wartości rozwarcia rys równej 0,2 mm dla płyt pracujących w każdej klasie środowiska objętych niniejszym opracowaniem. Formułę obliczenia wartości obciążenia w kombinacji częstej zawartą w [5] - wzór 6.15b - przedstawiono poniżej:

$$\sum_j G_{k,j} + \psi_{1,1} Q_{k,1} + \sum_i \psi_{2,i} Q_{k,i}$$

Zestawione wartości dopuszczalnej wielkości obciążenia $p_{qs,max}$ odpowiada spełnieniu przez miarodajny przekrój płyty stanu granicznego użyteczności (SGU) w zakresie dopuszczalnej wartości ugięcia określonej jak 1/250 rozpiętości płyty dla płyt pracujących w każdej klasie środowiska objętych niniejszym opracowaniem. Jednocześnie dla klas środowi-

ska XC2, XC3, XC4 uwzględniono stan graniczny dekompresji rozumianej jako niedopuszczenie do powstania naprężeń rozciągających w poziomie splotek sprężających i w odległości 25 mm do krawędzi zewnętrznej splotki. Formułę obliczenia wartości obciążenia w kombinacji quasistalej zawartą w [5] - wzór 6.16b - przedstawiono poniżej:

$$\sum_j G_{k,j} + \psi_{2,1} Q_{k,1} + \sum_i \psi_{2,i} Q_{k,i}$$

Wartość dopuszczalnego obciążenia płyt sprężonych SP dla rozpiętości pośrednich można interpolować liniowo lub przyjmować jak dla górnej granicy przedziału rozpiętości, w którym zawiera się dana rozpiętość. Ekstrapolacja nośności poza zakres rozpiętości podany w tabl. 2.7 do tabl. 2.32 jest niedopuszczalna.

Płyty sprężone SP spełniają wymagania stanów granicznych nośności i użytkowości (ustalone w normie [6]), gdy spełnione są jednocześnie trzy podane niżej warunki:

$$p_d \leq p_{d,max} \quad (2.1)$$

$$p_{cz} \leq p_{cz,max} \quad (2.2)$$

$$p_{qs} \leq p_{qs,max} \quad (2.3)$$

gdzie:

p_d , p_{cz} , p_{qs} – obciążenie równomierne płyt [kN/m^2], odpowiednio: obliczeniowe, dla częstej i dla prawie stałej (quasistalej) kombinacji obciążeń,

$p_{d,max}$, $p_{cz,max}$, $p_{qs,max}$ – dopuszczalne równomierne obciążenie płyt [kN/m^2], odpowiednio: obliczeniowe, dla częstej i prawie stałej kombinacji obciążeń, wg tabl. 2.7 do tabl. 2.32.

Dopuszczalne obciążenie dla częstej kombinacji obciążeń $p_{qs,max}$ należy przyjmować odpowiednio do warunków pracy (klasy ekspozycji) płyt sprężonych SP.

Ze względu na dużą wartość początkowych naprężeń w stali sprężającej warunek (2.2), w większości przypadków, nie ma praktycznego znaczenia, gdyż stan graniczny rozwarcia rys nie jest osiągany przed wystąpieniem stanu granicznego nośności (na zginanie lub ścinanie). Jest on najczęściej spełniony, gdy spełniony jest warunek (2.1).

Projektowanie stropów z płyt sprężonych SP obciążonych równomiernie sprowadza się do doboru elementów (variantu zbrojenia), dla którego spełnione są warunki (2.1), (2.2) i (2.3).

Podane w tablicach od 2.7 do 2.32 wartości dopuszczalnych obciążeń równomiernych odnoszą się również do płyt o niepełnej szerokości przekroju, wytworzonych wskutek podłużnego rozcięcia płyt podstawowych, zgodnie z zasadami podanymi w pkt. 7.

2.2 Zestawienie podstawowych wyników obliczeń statyczno-wytrzymałościowych dla poszczególnych rodzajów i typów płyt sprężonych SP.

Tablica 2.1

Typ płyty	P_o [kN]	$P_{m,t}$ [kN]	M_{Rd} [kNm]	$M_{cr,d}$ [kNm]	$M_{cr,r}$ [kNm]	$M_{cr,g}$ [kNm]	V_{Rdc} [kN]	l_{bpd} [m]
SP 20A1 R60	255,30	176,81	42,47	18,94	65,28	25,05	67,78	0,83
SP 20A2 R60	319,13	216,41	52,85	22,76	68,15	24,32	68,83	0,83
SP 20A3 R60	382,95	254,27	63,13	26,40	71,06	23,65	69,82	0,82
SP 20A4 R60	456,00	353,62	74,76	33,30	74,47	22,37	72,12	0,84
SP 20A5 R60	570,00	433,27	92,69	39,35	79,86	21,01	72,20	0,83
SP 20A6 R60	684,00	509,31	110,29	47,76	85,39	19,64	72,21	0,83
SP 20A7 R60	798,00	582,84	127,60	55,84	91,07	18,34	72,22	0,83

Tablica 2.2

Typ płyty	P_o [kN]	$P_{m,t}$ [kN]	M_{Rd} [kNm]	$M_{cr,d}$ [kNm]	$M_{cr,r}$ [kNm]	$M_{cr,g}$ [kNm]	V_{Rdc} [kN]	l_{bpd} [m]
SP 25/4 R60	456,00	360,26	94,07	41,17	102,98	34,44	86,01	0,83
SP 25/6 R60	684,00	523,47	139,25	59,19	113,78	31,05	88,61	0,83
SP 25/8 R60	912,00	675,96	183,21	79,35	125,03	27,77	88,70	0,83
SP 25/10 R60	1 140,00	819,93	225,94	98,54	136,75	24,55	88,71	0,83
SP 25/12 R60	1 368,00	955,46	267,43	116,67	148,98	21,52	88,72	0,82

Tablica 2.3

Typ płyty	P_o [kN]	$P_{m,t}$ [kN]	M_{Rd} [kNm]	$M_{cr,d}$ [kNm]	$M_{cr,r}$ [kNm]	$M_{cr,g}$ [kNm]	V_{Rdc} [kN]	l_{bpd} [m]
SP 26,5/4 R60	456,00	360,79	101,19	38,93	109,48	41,55	87,87	0,83
SP 26,5/6 R60	684,00	524,57	149,94	58,15	120,41	36,87	87,91	0,83
SP 26,5/8 R60	912,00	677,86	197,47	75,80	131,78	32,30	87,94	0,83
SP 26,5/10 R60	1 140,00	822,69	243,76	96,41	143,59	27,95	87,96	0,83
SP 26,5/12 R60	1 368,00	958,37	288,79	115,94	155,88	23,83	87,98	0,82

Tablica 2.4

Typ płyty	P_o [kN]	$P_{m,t}$ [kN]	M_{Rd} [kNm]	$M_{cr,d}$ [kNm]	$M_{cr,r}$ [kNm]	$M_{cr,g}$ [kNm]	V_{Rdc} [kN]	l_{bpd} [m]
SP 27,5/6 R120	684,00	531,88	146,15	55,02	146,88	47,59	95,39	0,84
SP 27,5/12 R120	1 368,00	985,17	281,21	102,66	179,80	39,92	95,38	0,83

Tablica 2.5

Typ płyty	P_o [kN]	$P_{m,t}$ [kN]	M_{Rd} [kNm]	$M_{cr,d}$ [kNm]	$M_{cr,r}$ [kNm]	$M_{cr,g}$ [kNm]	V_{Rdc} [kN]	l_{bpd} [m]
SP 32/5 R60	570,00	443,38	157,03	53,29	145,27	47,65	118,44	0,83
SP 32/8 R60	912,00	677,13	247,57	38,36	162,55	37,51	119,45	0,83
SP 32/9 R60	1 026,00	750,80	277,13	110,05	168,49	34,32	119,53	0,83
SP 32/10 R60	1 140,00	821,71	306,38	123,47	174,53	31,12	119,53	0,83
SP 32/11 R60	1 254,00	890,35	335,33	136,43	180,67	27,92	119,61	0,83
SP 32/14 R60	1 596,00	1 101,17	406,51	168,34	193,49	29,43	119,43	0,83

Tablica 2.6

Typ płyty	P_o [kN]	$P_{m,t}$ [kN]	M_{Rd} [kNm]	$M_{cr,d}$ [kNm]	$M_{cr,r}$ [kNm]	$M_{cr,g}$ [kNm]	V_{Rdc} [kN]	l_{bpd} [m]
SP 33/8 R120	912,00	695,12	242,98	83,35	186,55	51,96	124,51	0,83
SP 33/14 R120	1 596,00	1 140,26	401,91	151,90	216,37	48,25	124,36	0,83

- P_o – siła naciągu cięgien,
 $P_{m,t}$ – średnia siła sprężająca po uwzględnieniu wszystkich strat,
 M_{Rd} – obliczeniowa nośność przekroju na zginanie (SGN),
 $M_{cr,d}$ – moment zginający wywołujący dekompresję
 $M_{cr,r}$ – moment zginający powodujący powstanie rys o szerokości 0,2 mm
 $M_{cr,g}$ – moment rysujący górną krawędź przekroju płyty
 V_{Rdc} – obliczeniowa nośność przekroju na ścinanie
 l_{bpd} – obliczeniowa długość zakotwienia

2.3 Dopuszczalne obciążenia poszczególnych rodzajów płyt sprężonych SP.

2.3.1 Płyty SP 20 R60

2.3.1.1 Płyta SP 20A1 R60

Tablica 2.7

l _{eff}	p _{d,max}	p _{cz,max}	p _{qs,max}	
			X0, XC1	XC2, XC3, XC4
[m]	[kN/m ²]			
2,40	45,13	72,57	151,67	30,48
2,70	38,84	56,71	107,04	22,56
3,00	31,46	45,37	78,25	16,84
3,30	26,00	36,98	58,82	12,67
3,60	21,85	30,59	45,22	9,47
3,90	18,61	25,63	35,41	6,98
4,20	16,05	21,69	28,14	5,01
4,50	13,98	18,51	22,63	3,40
4,80	12,29	15,90	18,39	2,11
5,10	10,89	13,75	15,05	1,03
5,40	9,71	11,94	12,40	
5,70	8,71	10,41	10,25	
6,00	7,86	9,10	8,50	
6,30	7,13	7,98	7,06	
6,60	6,50	7,01	5,86	
6,90	5,95	6,16	4,85	
7,20	5,46	5,41	3,99	
7,50	5,03	4,75	3,26	
7,80	4,65	4,17	2,64	
8,10	4,32	3,65	2,09	
8,40	4,01	3,18	1,62	
8,70	3,74	2,76	1,21	

2.3.1.2 Plyta SP 20A2 R60

Tablica 2.8

l _{eff}	p _{d,max}	p _{cz,max}	p _{qs,max}	
			X0, XC1	XC2, XC3, XC4
[m]	[kN/m ²]			
2,40	46,11	75,89	155,51	39,48
2,70	40,54	59,34	110,04	29,66
3,00	36,08	47,50	80,67	22,66
3,30	32,35	38,74	60,81	17,42
3,60	27,19	32,07	46,88	13,49
3,90	23,16	26,89	36,82	10,41
4,20	19,97	22,77	29,35	7,97
4,50	17,40	19,45	23,69	6,00
4,80	15,29	16,73	19,31	4,37
5,10	13,55	14,48	15,87	3,05
5,40	12,08	12,60	13,13	1,92
5,70	10,84	11,00	10,91	
6,00	9,79	9,64	9,10	
6,30	8,88	8,46	7,60	
6,60	8,09	7,45	6,35	
6,90	7,40	6,56	5,30	
7,20	6,80	5,78	4,41	
7,50	6,26	5,09	3,65	
7,80	5,79	4,48	2,99	
8,10	5,37	3,94	2,43	
8,40	4,99	3,45	1,93	
8,70	4,65	3,02	1,50	
9,00	4,35	2,62	1,13	

2.3.1.3 Plyta SP 20A3 R60

Tablica 2.9

l _{eff}	p _{d,max}	p _{cz,max}	p _{qs,max}	
			X0, XC1	XC2, XC3, XC4
[m]	[kN/m ²]			
2,40	46,12	79,26	158,99	48,45
2,70	40,54	62,00	112,78	36,76
3,00	36,09	49,65	82,88	28,39
3,30	32,44	40,52	62,64	22,16
3,60	29,40	33,57	48,42	17,48
3,90	26,83	28,16	38,13	13,80
4,20	23,86	23,87	30,48	10,88
4,50	20,78	20,41	24,67	8,51
4,80	18,27	17,58	20,18	6,60
5,10	16,18	15,23	16,64	5,02
5,40	14,43	13,26	13,81	3,68
5,70	12,95	11,60	11,52	2,55
6,00	11,69	10,17	9,65	1,59
6,30	10,60	8,95	8,10	
6,60	9,66	7,89	6,81	
6,90	8,84	6,97	5,72	
7,20	8,12	6,15	4,80	
7,50	7,48	5,44	4,01	
7,80	6,92	4,80	3,33	
8,10	6,41	4,24	2,74	
8,40	5,96	3,73	2,22	
8,70	5,56	3,27	1,78	
9,00	5,20	2,86	1,38	
9,30	4,87	2,49	1,03	

2.3.1.4 Plyta SP 20A4 R60

Tablica 2.10

l _{eff}	p _{d,max}	p _{cz,max}	p _{qs,max}	
			X0, XC1	XC2, XC3, XC4
[m]	[kN/m ²]			
2,40	46,05	83,21	167,44	63,02
2,70	40,49	65,12	119,49	48,20
3,00	36,04	52,18	88,34	37,66
3,30	32,40	42,60	67,16	29,83
3,60	29,37	35,32	52,23	23,93
3,90	26,80	29,66	41,38	19,30
4,20	24,61	25,16	33,29	15,63
4,50	22,70	21,53	27,12	12,66
4,80	21,04	18,56	22,33	10,25
5,10	19,16	16,10	18,54	8,23
5,40	17,09	14,04	15,51	6,55
5,70	15,34	12,30	13,05	5,13
6,00	13,84	10,81	11,02	3,92
6,30	12,56	9,52	9,35	2,87
6,60	11,44	8,41	7,94	1,97
6,90	10,47	7,44	6,75	1,18
7,20	9,61	6,59	5,74	
7,50	8,86	5,84	4,88	
7,80	8,19	5,18	4,13	
8,10	7,60	4,58	3,48	
8,40	7,06	4,05	2,91	
8,70	6,58	3,57	2,41	
9,00	6,15	3,14	1,97	
9,30	5,76	2,76	1,58	
9,60	5,41	2,40	1,24	

2.3.1.5 Plyta SP 20A5 R60

Tablica 2.11

l _{eff}	p _{d,max}	p _{cz,max}	p _{qs,max}	
			X0, XC1	XC2, XC3, XC4
[m]	[kN/m ²]			
2,40	46,11	93,43	174,79	79,79
2,70	40,54	72,58	125,27	61,51
3,00	36,08	57,67	93,00	48,45
3,30	32,43	46,64	71,01	38,80
3,60	29,40	38,23	55,45	31,41
3,90	26,82	32,02	44,12	25,68
4,20	24,62	27,20	35,65	21,13
4,50	22,71	23,31	29,17	17,47
4,80	21,04	20,12	24,12	14,45
5,10	19,57	17,49	20,13	11,98
5,40	18,25	15,27	16,93	9,89
5,70	17,08	13,40	14,32	8,12
6,00	16,03	11,80	12,18	6,62
6,30	15,07	10,43	10,39	5,31
6,60	14,19	9,24	8,89	4,20
6,90	12,98	8,20	7,63	3,21
7,20	11,92	7,29	6,55	2,35
7,50	10,99	6,48	5,62	1,59
7,80	10,16	5,77	4,81	
8,10	9,42	5,13	4,12	
8,40	8,76	4,56	3,50	
8,70	8,16	4,05	2,97	
9,00	7,63	3,59	2,49	
9,30	7,14	3,17	2,07	
9,60	6,71	2,79	1,70	
9,90	6,30	2,45	1,36	
10,20	5,94	2,13	1,06	

2.3.1.6 Plyta SP 20A6 R60

Tablica 2.12

l _{eff}	p _{d,max}	p _{cz,max}	p _{qs,max}	
			X0, XC1	XC2, XC3, XC4
[m]	[kN/m ²]			
2,40	46,12	106,39	181,59	96,41
2,70	40,54	82,81	130,64	74,64
3,00	36,09	65,96	97,34	59,08
3,30	32,44	53,45	74,59	47,52
3,60	29,40	43,99	58,46	38,79
3,90	26,83	36,59	46,68	31,96
4,20	24,63	30,73	37,86	26,54
4,50	22,71	26,00	31,10	22,18
4,80	21,04	22,12	25,82	18,59
5,10	19,57	18,92	21,64	15,64
5,40	18,26	16,54	18,27	13,15
5,70	17,08	14,54	15,53	11,05
6,00	16,03	12,83	13,27	9,26
6,30	15,07	11,36	11,38	7,72
6,60	14,21	10,08	9,80	6,39
6,90	13,41	8,97	8,46	5,22
7,20	12,69	8,00	7,31	4,19
7,50	12,02	7,14	6,32	3,28
7,80	11,40	6,37	5,46	2,49
8,10	10,83	5,69	4,72	1,77
8,40	10,30	5,08	4,07	1,13
8,70	9,71	4,54	3,49	
9,00	9,08	4,04	2,98	
9,30	8,50	3,60	2,53	
9,60	7,98	3,19	2,13	
9,90	7,50	2,82	1,77	
10,20	7,07	2,49	1,45	
10,50	6,67	2,18	1,16	

2.3.1.7 Plyta SP 20A7 R60

Tablica 2.13

l _{eff}	p _{d,max}	p _{cz,max}	p _{qs,max}	
			X0, XC1	XC2, XC3, XC4
[m]	[kN/m ²]			
2,40	46,12	119,16	188,31	112,78
2,70	40,55	92,90	135,92	87,57
3,00	36,09	74,13	101,60	69,54
3,30	32,44	60,20	78,10	56,17
3,60	29,41	49,65	61,38	46,05
3,90	26,83	41,41	49,17	38,14
4,20	24,63	34,88	40,00	31,87
4,50	22,72	29,62	32,96	26,82
4,80	21,05	25,32	27,46	22,69
5,10	19,57	21,73	23,09	19,25
5,40	18,26	18,73	19,57	16,37
5,70	17,09	16,21	16,69	13,95
6,00	16,03	14,05	14,32	11,88
6,30	15,08	12,31	12,33	10,09
6,60	14,21	10,95	10,67	8,53
6,90	13,41	9,77	9,25	7,19
7,20	12,69	8,73	8,04	6,00
7,50	12,02	7,81	6,99	4,95
7,80	11,40	6,99	6,09	4,03
8,10	10,83	6,27	5,30	3,20
8,40	10,30	5,62	4,61	2,46
8,70	9,81	5,04	4,00	1,80
9,00	9,34	4,51	3,46	1,20
9,30	8,91	4,03	2,98	
9,60	8,51	3,60	2,55	
9,90	8,13	3,21	2,16	
10,20	7,77	2,85	1,82	
10,50	7,43	2,52	1,51	
10,80	7,12	2,22	1,23	

2.3.2 Płyty SP 25 R60

2.3.2.1 Płyta SP 25/4 R60

Tablica 2.14

l _{eff}	p _{d,max}	p _{cz,max}	p _{qs,max}	
			X0, XC1	XC2, XC3, XC4
[m]	[kN/m ²]			
4,50	27,45	30,62	48,60	15,83
4,80	25,46	26,52	40,09	12,97
5,10	23,70	23,12	33,39	10,59
5,40	21,51	20,26	28,05	8,63
5,70	19,30	17,85	23,73	6,93
6,00	17,42	15,79	20,20	5,50
6,30	15,80	14,02	17,28	4,27
6,60	14,40	12,48	14,85	3,20
6,90	13,17	11,14	12,80	2,28
7,20	12,10	9,96	11,06	1,45
7,50	11,15	8,93	9,57	
7,80	10,31	8,00	8,29	
8,10	9,56	7,18	7,19	
8,40	8,89	6,45	6,23	
8,70	8,29	5,79	5,39	
9,00	7,74	5,20	4,65	
9,30	7,25	4,66	4,00	
9,60	6,80	4,17	3,42	
9,90	6,40	3,72	2,90	
10,20	6,03	3,32	2,44	
10,50	5,69	2,95	2,03	
10,80	5,38	2,61	1,66	
11,10	5,09	2,29	1,32	
11,40	4,83	2,00	1,02	

2.3.2.2 Plyta SP 25/6 R60

Tablica 2.15

l _{eff}	p _{d,max}	p _{cz,max}	p _{qs,max}	
			X0, XC1	XC2, XC3, XC4
[m]	[kN/m ²]			
4,50	28,39	36,23	53,70	27,16
4,80	26,34	31,04	44,56	22,92
5,10	24,53	26,76	37,36	19,43
5,40	22,92	23,15	31,59	16,48
5,70	21,48	20,11	26,90	14,00
6,00	20,19	17,79	23,06	11,88
6,30	19,01	15,83	19,88	10,05
6,60	17,95	14,13	17,21	8,48
6,90	16,98	12,65	14,96	7,09
7,20	16,08	11,35	13,05	5,88
7,50	15,26	10,21	11,41	4,80
7,80	14,51	9,19	9,99	3,85
8,10	13,80	8,28	8,77	3,02
8,40	13,15	7,47	7,70	2,26
8,70	12,26	6,74	6,76	1,57
9,00	11,46	6,08	5,93	
9,30	10,73	5,49	5,20	
9,60	10,07	4,95	4,55	
9,90	9,47	4,46	3,97	
10,20	8,92	4,01	3,45	
10,50	8,42	3,60	2,98	
10,80	7,96	3,22	2,56	
11,10	7,53	2,88	2,18	
11,40	7,14	2,56	1,83	
11,70	6,78	2,26	1,51	
12,00	6,45	1,99	1,23	

2.3.2.3 Plyta SP 25/8 R60

Tablica 2.16

l _{eff}	p _{d,max}	p _{cz,max}	p _{qs,max}	
			X0, XC1	XC2, XC3, XC4
[m]	[kN/m ²]			
4,50	28,42	45,27	58,45	38,21
4,80	26,37	39,01	48,74	32,67
5,10	24,56	33,80	41,05	28,04
5,40	22,95	29,45	34,88	24,18
5,70	21,51	25,76	29,86	20,91
6,00	20,21	22,61	25,73	18,11
6,30	19,04	19,89	22,30	15,70
6,60	17,97	17,53	19,42	13,61
6,90	17,00	15,49	16,98	11,80
7,20	16,10	13,70	14,91	10,20
7,50	15,28	12,11	13,12	8,80
7,80	14,52	10,70	11,58	7,54
8,10	13,82	9,44	10,24	6,43
8,40	13,17	8,53	9,07	5,43
8,70	12,56	7,73	8,04	4,54
9,00	12,00	7,01	7,13	3,73
9,30	11,47	6,36	6,32	3,00
9,60	10,97	5,76	5,60	2,33
9,90	10,50	5,22	4,95	1,74
10,20	10,07	4,73	4,38	1,18
10,50	9,65	4,28	3,86	
10,80	9,26	3,87	3,39	
11,10	8,89	3,49	2,97	
11,40	8,54	3,13	2,58	
11,70	8,21	2,81	2,23	
12,00	7,89	2,51	1,91	
12,30	7,59	2,23	1,62	
12,60	7,30	1,97	1,35	
12,90	7,03	1,73	1,10	

2.3.2.4 Plyta SP 25/10 R60

Tablica 2.17

l _{eff}	p _{d,max}	p _{cz,max}	p _{qs,max}	
			X0, XC1	XC2, XC3, XC4
[m]	[kN/m ²]			
4,50	28,43	54,11	62,90	49,02
4,80	26,37	46,75	52,64	42,12
5,10	24,56	40,67	44,50	36,44
5,40	22,95	35,55	37,95	31,64
5,70	21,51	31,24	32,62	27,60
6,00	20,22	27,57	28,22	24,17
6,30	19,04	24,39	24,55	21,20
6,60	17,98	21,63	21,47	18,61
6,90	17,00	19,24	18,86	16,37
7,20	16,11	17,14	16,63	14,40
7,50	15,29	15,28	14,70	12,66
7,80	14,53	13,63	13,04	11,12
8,10	13,83	12,16	11,60	9,75
8,40	13,18	10,84	10,33	8,51
8,70	12,57	9,67	9,22	7,41
9,00	12,00	8,60	8,23	6,42
9,30	11,47	7,64	7,35	5,51
9,60	10,97	6,77	6,57	4,70
9,90	10,51	6,02	5,87	3,95
10,20	10,07	5,48	5,25	3,27
10,50	9,65	4,99	4,68	2,65
10,80	9,26	4,54	4,17	2,08
11,10	8,89	4,12	3,70	1,56
11,40	8,54	3,74	3,28	1,07
11,70	8,21	3,38	2,90	
12,00	7,89	3,05	2,54	
12,30	7,59	2,75	2,22	
12,60	7,31	2,46	1,92	
12,90	7,03	2,20	1,65	
13,20	6,77	1,95	1,40	
13,50	6,53	1,72	1,16	

2.3.2.5 Plyta SP 25/12 R60

Tablica 2.18

l _{eff}	p _{d,max}	p _{cz,max}	p _{qs,max}	
			X0, XC1	XC2, XC3, XC4
[m]	[kN/m ²]			
4,50	28,43	62,68	66,98	59,49
4,80	26,38	54,31	56,22	51,36
5,10	24,57	47,34	47,67	44,58
5,40	22,95	41,52	40,78	38,93
5,70	21,51	36,59	35,15	34,14
6,00	20,22	32,40	30,51	30,07
6,30	19,04	28,77	26,63	26,54
6,60	17,98	25,63	23,37	23,50
6,90	17,00	22,88	20,59	20,82
7,20	16,11	20,48	18,22	18,49
7,50	15,29	18,37	16,18	16,44
7,80	14,53	16,49	14,41	14,61
8,10	13,83	14,81	12,86	12,99
8,40	13,18	13,31	11,51	11,52
8,70	12,57	11,96	10,32	10,21
9,00	12,00	10,75	9,26	9,04
9,30	11,47	9,65	8,32	7,97
9,60	10,97	8,66	7,48	7,01
9,90	10,51	7,74	6,73	6,12
10,20	10,07	6,92	6,05	5,31
10,50	9,65	6,16	5,44	4,57
10,80	9,26	5,46	4,89	3,90
11,10	8,89	4,82	4,39	3,27
11,40	8,54	4,36	3,93	2,70
11,70	8,21	3,98	3,51	2,17
12,00	7,89	3,62	3,13	1,68
12,30	7,59	3,28	2,78	1,22
12,60	7,31	2,98	2,46	
12,90	7,03	2,69	2,16	
13,20	6,77	2,42	1,89	
13,50	6,53	2,17	1,63	
13,80	6,29	1,94	1,40	
14,10	6,06	1,72	1,18	

2.3.3 Płyty SP 26,5 R60

2.3.3.1 Płyta SP 26,5/4 R60

Tablica 2.19

l _{eff}	p _{d,max}	p _{cz,max}	p _{qs,max}	
			X0, XC1	XC2, XC3, XC4
[m]	[kN/m ²]			
4,50	27,63	32,40	60,92	17,17
4,80	25,60	28,04	50,28	14,09
5,10	23,80	24,42	41,93	11,49
5,40	22,21	21,39	35,26	9,34
5,70	20,76	18,82	29,88	7,52
6,00	18,74	16,63	25,47	5,95
6,30	17,00	14,75	21,84	4,62
6,60	15,49	13,11	18,81	3,45
6,90	14,17	11,69	16,25	2,44
7,20	13,01	10,44	14,09	1,55
7,50	11,99	9,33	12,24	
7,80	11,09	8,36	10,65	
8,10	10,28	7,48	9,28	
8,40	9,56	6,70	8,09	
8,70	8,91	6,00	7,05	
9,00	8,33	5,37	6,13	
9,30	7,80	4,80	5,32	
9,60	7,32	4,28	4,60	
9,90	6,88	3,81	3,97	
10,20	6,48	3,37	3,40	
10,50	6,12	2,98	2,89	
10,80	5,78	2,62	2,43	
11,10	5,48	2,28	2,01	
11,40	5,19	1,98	1,64	
11,70	4,93	1,69	1,30	

2.3.3.2 Plyta SP 26,5/6 R60

Tablica 2.20

l _{eff}	p _{d,max}	p _{cz,max}	p _{qs,max}	
			X0, XC1	XC2, XC3, XC4
[m]	[kN/m ²]			
4,50	27,65	40,40	66,95	29,53
4,80	25,61	34,64	55,57	24,95
5,10	23,81	29,87	46,61	21,15
5,40	22,22	25,85	39,43	17,95
5,70	20,79	22,46	33,62	15,24
6,00	19,51	19,55	28,85	12,91
6,30	18,34	17,07	24,90	10,94
6,60	17,29	14,89	21,60	9,20
6,90	16,32	13,22	18,81	7,70
7,20	15,44	11,85	16,44	6,37
7,50	14,62	10,63	14,41	5,22
7,80	13,87	9,55	12,66	4,18
8,10	13,17	8,60	11,15	3,27
8,40	12,53	7,74	9,82	2,44
8,70	11,93	6,97	8,67	1,70
9,00	11,37	6,27	7,64	1,03
9,30	10,84	5,64	6,74	
9,60	10,35	5,07	5,94	
9,90	9,89	4,55	5,22	
10,20	9,45	4,08	4,58	
10,50	9,04	3,64	4,01	
10,80	8,57	3,24	3,49	
11,10	8,11	2,88	3,02	
11,40	7,69	2,54	2,59	
11,70	7,30	2,22	2,21	
12,00	6,94	1,93	1,85	
12,30	6,61	1,67	1,53	
12,60	6,30	1,42	1,24	

2.3.3.3 Plyta SP 26,5/8 R60

Tablica 2.21

l _{eff}	p _{d,max}	p _{cz,max}	p _{qs,max}	
			X0, XC1	XC2, XC3, XC4
[m]	[kN/m ²]			
4,50	27,66	50,44	72,61	41,63
4,80	25,62	43,43	60,54	35,54
5,10	23,82	37,64	51,00	30,52
5,40	22,23	32,79	43,35	26,30
5,70	20,80	28,68	37,13	22,73
6,00	19,51	25,18	32,02	19,70
6,30	18,35	22,17	27,78	17,09
6,60	17,29	19,54	24,22	14,80
6,90	16,33	17,26	21,21	12,82
7,20	15,44	15,27	18,64	11,10
7,50	14,63	13,50	16,44	9,56
7,80	13,88	11,93	14,54	8,20
8,10	13,18	10,54	12,89	6,99
8,40	12,53	9,28	11,45	5,89
8,70	11,93	8,16	10,18	4,93
9,00	11,37	7,21	9,06	4,04
9,30	10,85	6,52	8,06	3,25
9,60	10,35	5,89	7,18	2,53
9,90	9,89	5,32	6,39	1,87
10,20	9,46	4,80	5,69	1,27
10,50	9,04	4,33	5,05	
10,80	8,66	3,89	4,48	
11,10	8,29	3,49	3,96	
11,40	7,94	3,12	3,48	
11,70	7,61	2,78	3,06	
12,00	7,30	2,46	2,66	
12,30	7,00	2,17	2,30	
12,60	6,72	1,89	1,97	
12,90	6,45	1,64	1,67	
13,20	6,19	1,40	1,39	
13,50	5,94	1,18	1,14	

2.3.3.4 Plyta SP 26,5/10 R60

Tablica 2.22

l _{eff}	p _{d,max}	p _{cz,max}	p _{qs,max}	
			X0, XC1	XC2, XC3, XC4
[m]	[kN/m ²]			
4,50	27,66	60,21	77,87	53,41
4,80	25,63	52,01	65,16	45,88
5,10	23,83	45,24	55,09	39,68
5,40	22,23	39,57	47,00	34,47
5,70	20,81	34,78	40,40	30,09
6,00	19,52	30,67	34,97	26,31
6,30	18,36	27,15	30,45	23,08
6,60	17,30	24,09	26,64	20,28
6,90	16,33	21,42	23,43	17,83
7,20	15,45	19,09	20,68	15,69
7,50	14,63	17,01	18,32	13,79
7,80	13,88	15,18	16,28	12,11
8,10	13,18	13,55	14,50	10,62
8,40	12,54	12,08	12,95	9,27
8,70	11,94	10,77	11,58	8,06
9,00	11,37	9,59	10,37	6,98
9,30	10,85	8,52	9,30	6,00
9,60	10,36	7,55	8,34	5,11
9,90	9,89	6,66	7,49	4,30
10,20	9,46	5,85	6,72	3,55
10,50	9,05	5,11	6,03	2,88
10,80	8,66	4,57	5,40	2,26
11,10	8,29	4,13	4,83	1,68
11,40	7,95	3,73	4,32	1,15
11,70	7,62	3,35	3,85	
12,00	7,30	3,01	3,42	
12,30	7,00	2,69	3,02	
12,60	6,72	2,39	2,66	
12,90	6,45	2,11	2,32	
13,20	6,19	1,85	2,02	
13,50	5,95	1,61	1,73	
13,80	5,71	1,39	1,47	
14,10	5,48	1,17	1,23	

2.3.3.5 Plyta SP 26,5/12 R60

Tablica 2.23

l _{eff}	p _{d,max}	p _{cz,max}	p _{qs,max}	
			X0, XC1	XC2, XC3, XC4
[m]	[kN/m ²]			
4,50	27,67	69,70	82,79	64,85
4,80	25,63	60,39	69,48	55,97
5,10	23,84	52,66	58,91	48,62
5,40	22,24	46,18	50,40	42,44
5,70	20,81	40,71	43,45	37,24
6,00	19,52	36,02	37,72	32,76
6,30	18,36	32,00	32,95	28,93
6,60	17,30	28,51	28,93	25,60
6,90	16,34	25,47	25,52	22,72
7,20	15,45	22,79	22,60	20,16
7,50	14,64	20,44	20,09	17,92
7,80	13,89	18,35	17,92	15,93
8,10	13,19	16,48	16,02	14,15
8,40	12,54	14,81	14,36	12,56
8,70	11,94	13,32	12,90	11,14
9,00	11,38	11,97	11,61	9,85
9,30	10,85	10,75	10,45	8,69
9,60	10,36	9,64	9,43	7,63
9,90	9,90	8,63	8,51	6,66
10,20	9,46	7,71	7,68	5,79
10,50	9,05	6,87	6,94	4,99
10,80	8,66	6,09	6,26	4,25
11,10	8,30	5,37	5,64	3,57
11,40	7,95	4,71	5,09	2,94
11,70	7,62	4,11	4,58	2,36
12,00	7,31	3,58	4,12	1,83
12,30	7,01	3,23	3,69	1,33
12,60	6,72	2,91	3,30	
12,90	6,45	2,60	2,94	
13,20	6,20	2,32	2,60	
13,50	5,95	2,06	2,30	
13,80	5,71	1,82	2,01	
14,10	5,49	1,59	1,75	
14,40	5,27	1,37	1,50	
14,70	5,06	1,17	1,27	

2.3.4 Płyty SP 27,5 R120

2.3.4.1 Płyta SP 27,5/6 R120

Tablica 2.24

l _{eff}	p _{d,max}	p _{cz,max}	p _{qs,max}	
			X0, XC1	XC2, XC3, XC4
[m]	[kN/m ²]			
4,50	30,09	44,48	71,13	26,69
4,80	27,88	38,62	58,89	22,35
5,10	25,94	33,77	49,26	18,79
5,40	24,20	29,70	41,57	15,80
5,70	22,65	26,26	35,35	13,26
6,00	21,26	23,32	30,26	11,09
6,30	20,00	20,79	26,04	9,21
6,60	18,85	18,60	22,52	7,61
6,90	17,80	16,69	19,56	6,21
7,20	16,84	15,01	17,04	4,97
7,50	15,96	13,53	14,89	3,87
7,80	15,14	12,21	13,04	2,90
8,10	14,39	11,04	11,44	2,04
8,40	13,69	10,00	10,05	1,26
8,70	12,87	9,06	8,82	
9,00	12,03	8,21	7,75	
9,30	11,27	7,44	6,80	
9,60	10,57	6,75	5,96	
9,90	9,94	6,11	5,20	
10,20	9,36	5,53	4,53	
10,50	8,84	5,00	3,93	
10,80	8,35	4,52	3,39	
11,10	7,91	4,07	2,90	
11,40	7,50	3,65	2,46	
11,70	7,12	3,27	2,06	
12,00	6,77	2,92	1,69	
12,30	6,44	2,59	1,36	
12,60	6,14	2,29	1,05	

2.3.4.2 Plyta SP 27,5/12 R120

Tablica 2.25

l _{eff}	p _{d,max}	p _{cz,max}	p _{qs,max}	
			X0, XC1	XC2, XC3, XC4
[m]	[kN/m ²]			
4,50	30,09	67,43	86,09	60,08
4,80	27,88	58,30	72,03	51,69
5,10	25,93	50,76	60,89	44,77
5,40	24,20	44,44	51,93	38,96
5,70	22,65	39,11	44,64	34,07
6,00	21,26	34,53	38,64	29,86
6,30	19,99	30,61	33,64	26,26
6,60	18,85	27,20	29,45	23,14
6,90	17,80	24,23	25,90	20,40
7,20	16,84	21,61	22,86	18,00
7,50	15,96	19,30	20,25	15,88
7,80	15,14	17,27	18,00	14,01
8,10	14,39	15,45	16,04	12,34
8,40	13,69	13,82	14,32	10,84
8,70	13,03	12,35	12,81	9,50
9,00	12,42	11,04	11,48	8,29
9,30	11,86	9,98	10,30	7,19
9,60	11,32	9,13	9,25	6,20
9,90	10,82	8,35	8,30	5,29
10,20	10,35	7,64	7,46	4,46
10,50	9,90	6,99	6,69	3,71
10,80	9,48	6,40	6,01	3,02
11,10	9,08	5,85	5,38	2,37
11,40	8,71	5,34	4,81	1,78
11,70	8,35	4,88	4,30	1,24
12,00	8,01	4,44	3,82	
12,30	7,69	4,04	3,39	
12,60	7,38	3,67	2,99	
12,90	7,08	3,32	2,63	
13,20	6,80	3,00	2,29	
13,50	6,54	2,70	1,98	
13,80	6,28	2,41	1,69	
14,10	6,04	2,15	1,42	
14,40	5,80	1,90	1,17	

2.3.5 Płyty SP 32 R60

2.3.5.1. Płyta SP 32/5 R60

Tablica 2.26

l _{eff}	p _{d,max}	p _{cz,max}	p _{qs,max}	
			X0, XC1	XC2, XC3, XC4
[m]	[kN/m ²]			
4,50	38,63	46,45	97,32	30,19
4,80	35,89	39,86	80,66	25,43
5,10	33,47	34,42	67,56	21,52
5,40	31,32	29,88	57,12	18,27
5,70	29,40	26,00	48,67	15,47
6,00	27,67	23,00	41,77	13,10
6,30	26,11	20,50	36,07	11,05
6,60	24,03	18,33	31,32	9,29
6,90	21,99	16,44	27,32	7,75
7,20	20,19	14,78	23,93	6,39
7,50	18,61	13,32	21,03	5,21
7,80	17,21	12,02	18,54	4,15
8,10	15,96	10,86	16,39	3,20
8,40	14,84	9,83	14,51	2,36
8,70	13,83	8,90	12,88	1,58
9,00	12,92	8,06	11,44	
9,30	12,10	7,30	10,17	
9,60	11,36	6,61	9,04	
9,90	10,68	5,98	8,04	
10,20	10,06	5,41	7,15	
10,50	9,50	4,88	6,34	
10,80	8,98	4,40	5,62	
11,10	8,50	3,96	4,97	
11,40	8,06	3,55	4,39	
11,70	7,65	3,17	3,85	
12,00	7,27	2,83	3,37	
12,30	6,92	2,50	2,92	
12,60	6,59	2,20	2,52	
12,90	6,29	1,92	2,15	
13,20	6,01	1,66	1,81	
13,50	5,74	1,41	1,50	
13,80	5,50	1,19	1,21	

2.3.5.2. Płyta SP 32/8 R60

Tablica 2.27

l _{eff}	p _{d,max}	p _{cz,max}	p _{qs,max}	
			X0, XC1	XC2, XC3, XC4
[m]	[kN/m ²]			
4,50	38,98	65,54	108,59	52,47
4,80	36,21	56,67	90,54	45,06
5,10	33,77	49,31	76,30	38,90
5,40	31,60	43,16	64,90	33,76
5,70	29,66	37,91	55,65	29,37
6,00	27,92	33,45	48,06	25,64
6,30	26,34	29,63	41,77	22,45
6,60	24,90	26,31	36,51	19,68
6,90	23,59	23,41	32,07	17,25
7,20	22,39	20,85	28,29	15,11
7,50	21,28	18,61	25,05	13,23
7,80	20,26	16,62	22,26	11,57
8,10	19,31	14,83	19,84	10,07
8,40	18,44	13,25	17,72	8,75
8,70	17,62	11,82	15,87	7,56
9,00	16,86	10,54	14,24	6,49
9,30	16,14	9,38	12,79	5,52
9,60	15,47	8,32	11,51	4,63
9,90	14,84	7,35	10,36	3,82
10,20	14,25	6,52	9,33	3,09
10,50	13,70	5,93	8,41	2,41
10,80	13,17	5,39	7,58	1,80
11,10	12,67	4,90	6,83	1,23
11,40	12,20	4,44	6,14	
11,70	11,75	4,02	5,53	
12,00	11,33	3,63	4,96	
12,30	10,91	3,26	4,44	
12,60	10,40	2,93	3,97	
12,90	9,92	2,61	3,53	
13,20	9,47	2,32	3,13	
13,50	9,06	2,05	2,77	
13,80	8,67	1,79	2,43	
14,10	8,30	1,55	2,11	
14,40	7,96	1,33	1,82	
14,70	7,64	1,11	1,55	

2.3.5.3 Plyta SP 32/9 R60

Tablica 2.28

l _{eff}	p _{d,max}	p _{cz,max}	p _{qs,max}	
			X0, XC1	XC2, XC3, XC4
[m]	[kN/m ²]			
4,50	39,01	71,76	112,09	59,74
4,80	36,24	62,14	93,60	51,45
5,10	33,80	54,15	79,01	44,56
5,40	31,63	47,44	67,31	38,77
5,70	29,69	41,79	57,81	33,90
6,00	27,94	36,95	50,02	29,73
6,30	26,36	32,80	43,54	26,16
6,60	24,92	29,20	38,12	23,05
6,90	23,61	26,05	33,54	20,33
7,20	22,40	23,28	29,64	17,94
7,50	21,30	20,84	26,30	15,84
7,80	20,28	18,68	23,41	13,98
8,10	19,33	16,76	20,91	12,33
8,40	18,45	15,04	18,72	10,84
8,70	17,63	13,49	16,80	9,50
9,00	16,87	12,09	15,11	8,29
9,30	16,16	10,83	13,61	7,21
9,60	15,49	9,68	12,27	6,22
9,90	14,86	8,64	11,08	5,32
10,20	14,27	7,69	10,02	4,50
10,50	13,71	6,81	9,06	3,75
10,80	13,18	6,02	8,19	3,06
11,10	12,68	5,27	7,41	2,42
11,40	12,21	4,74	6,70	1,84
11,70	11,76	4,31	6,04	1,29
12,00	11,34	3,90	5,45	
12,30	10,93	3,52	4,91	
12,60	10,55	3,18	4,42	
12,90	10,18	2,85	3,96	
13,20	9,83	2,55	3,55	
13,50	9,49	2,26	3,16	
13,80	9,17	2,00	2,80	
14,10	8,86	1,75	2,47	
14,40	8,57	1,52	2,17	
14,70	8,29	1,30	1,88	
15,00	8,02	1,09	1,62	

2.3.5.4 Plyta SP 32/10 R60

Tablica 2.29

l _{eff}	p _{d,max}	p _{cz,max}	p _{qs,max}	
			X0, XC1	XC2, XC3, XC4
[m]	[kN/m ²]			
4,50	39,01	77,92	115,47	66,93
4,80	36,24	67,55	96,58	57,76
5,10	33,80	58,94	81,64	50,15
5,40	31,63	51,71	69,65	43,75
5,70	29,69	45,62	59,91	38,37
6,00	27,94	40,41	51,91	33,76
6,30	26,36	35,94	45,26	29,81
6,60	24,92	32,06	39,68	26,38
6,90	23,61	28,66	34,97	23,38
7,20	22,40	25,67	30,94	20,73
7,50	21,30	23,05	27,49	18,41
7,80	20,28	20,74	24,52	16,37
8,10	19,33	18,65	21,93	14,53
8,40	18,45	16,80	19,67	12,89
8,70	17,63	15,13	17,69	11,41
9,00	16,87	13,63	15,94	10,09
9,30	16,16	12,27	14,39	8,89
9,60	15,49	11,03	13,01	7,79
9,90	14,86	9,91	11,77	6,80
10,20	14,27	8,89	10,67	5,90
10,50	13,71	7,94	9,67	5,06
10,80	13,18	7,08	8,77	4,30
11,10	12,68	6,29	7,96	3,60
11,40	12,21	5,56	7,22	2,95
11,70	11,76	4,88	6,55	2,36
12,00	11,34	4,26	5,93	1,80
12,30	10,93	3,79	5,37	1,29
12,60	10,55	3,43	4,85	
12,90	10,18	3,09	4,38	
13,20	9,83	2,78	3,94	
13,50	9,49	2,48	3,54	
13,80	9,17	2,21	3,16	
14,10	8,86	1,95	2,82	
14,40	8,57	1,71	2,50	
14,70	8,29	1,48	2,20	
15,00	8,02	1,27	1,92	
15,30	7,76	1,07	1,67	

2.3.5.5 Plyta SP 32/11 R60

Tablica 2.30

l _{eff}	p _{d,max}	p _{cz,max}	p _{qs,max}	
			X0, XC1	XC2, XC3, XC4
[m]	[kN/m ²]			
4,50	39,04	83,97	118,74	73,99
4,80	36,27	72,87	99,45	63,97
5,10	33,82	63,65	84,17	55,64
5,40	31,65	55,94	71,91	48,70
5,70	29,71	49,41	61,94	42,80
6,00	27,96	43,83	53,73	37,76
6,30	26,38	39,02	46,91	33,41
6,60	24,94	34,86	41,19	29,66
6,90	23,63	31,22	36,35	26,37
7,20	22,42	28,05	32,22	23,51
7,50	21,32	25,24	28,67	20,97
7,80	20,29	22,74	25,61	18,72
8,10	19,35	20,53	22,94	16,72
8,40	18,47	18,54	20,61	14,92
8,70	17,65	16,75	18,57	13,31
9,00	16,89	15,14	16,76	11,86
9,30	16,17	13,69	15,16	10,54
9,60	15,50	12,36	13,72	9,34
9,90	14,87	11,16	12,44	8,26
10,20	14,28	10,06	11,30	7,27
10,50	13,72	9,05	10,27	6,36
10,80	13,19	8,13	9,34	5,53
11,10	12,69	7,28	8,49	4,76
11,40	12,22	6,50	7,73	4,06
11,70	11,77	5,77	7,03	3,40
12,00	11,35	5,11	6,39	2,80
12,30	10,94	4,48	5,81	2,23
12,60	10,56	3,91	5,27	1,71
12,90	10,19	3,37	4,78	1,23
13,20	9,84	3,01	4,33	
13,50	9,50	2,71	3,91	
13,80	9,18	2,42	3,52	
14,10	8,87	2,16	3,16	
14,40	8,58	1,91	2,83	
14,70	8,30	1,67	2,52	
15,00	8,03	1,45	2,23	
15,30	7,76	1,25	1,96	
15,60	7,51	1,05	1,70	

2.3.5.6 Plyta SP 32/14 R60

Tablica 2.31

l _{eff}	p _{d,max}	p _{cz,max}	p _{qs,max}	
			X0, XC1	XC2, XC3, XC4
[m]	[kN/m ²]			
4,50	38,97	98,16	124,70	78,56
4,80	36,20	85,34	104,67	68,10
5,10	33,76	74,73	88,79	59,47
5,40	31,60	65,80	76,02	52,18
5,70	29,66	58,25	65,62	46,03
6,00	27,91	51,81	57,06	40,78
6,30	26,33	46,27	49,92	36,27
6,60	24,89	41,47	43,93	32,36
6,90	23,58	37,27	38,86	28,93
7,20	22,38	33,60	34,50	25,94
7,50	21,28	30,35	30,78	23,30
7,80	20,25	27,49	27,56	20,96
8,10	19,31	24,91	24,75	18,86
8,40	18,43	22,61	22,29	16,99
8,70	17,61	20,56	20,13	15,31
9,00	16,85	18,70	18,22	13,80
9,30	16,14	17,02	16,53	12,43
9,60	15,47	15,49	15,01	11,18
9,90	14,84	14,10	13,66	10,05
10,20	14,25	12,83	12,45	9,01
10,50	13,69	11,67	11,35	8,07
10,80	13,17	10,61	10,36	7,20
11,10	12,67	9,62	9,46	6,40
11,40	12,20	8,71	8,65	5,66
11,70	11,75	7,88	7,90	4,98
12,00	11,32	7,10	7,22	4,34
12,30	10,92	6,39	6,60	3,76
12,60	10,53	5,72	6,03	3,22
12,90	10,17	5,10	5,50	2,71
13,20	9,81	4,52	5,02	2,24
13,50	9,48	3,98	4,57	1,80
13,80	9,16	3,47	4,15	1,38
14,10	8,85	3,00	3,76	1,00
14,40	8,56	2,55	3,40	
14,70	8,28	2,13	3,07	
15,00	8,01	1,83	2,76	
15,30	7,74	1,61	2,47	
15,60	7,49	1,40	2,20	
15,90	7,25	1,20	1,95	
16,20	7,02	1,02	1,71	

2.3.6. Płyty SP 33 R120

2.3.6.1. Płyta SP 33/8 R120

Tablica 2.32

l _{eff}	p _{d,max}	p _{cz,max}	p _{qs,max}	
			X0, XC1	XC2, XC3, XC4
[m]	[kN/m ²]			
4,50	40,53	65,19	114,68	48,72
4,80	37,64	56,28	95,37	41,68
5,10	35,10	48,93	80,16	35,86
5,40	32,84	42,75	68,01	30,98
5,70	30,82	37,51	58,18	26,83
6,00	29,00	33,06	50,13	23,31
6,30	27,35	29,21	43,47	20,27
6,60	25,85	25,87	37,91	17,62
6,90	24,49	22,97	33,23	15,33
7,20	23,23	20,42	29,25	13,30
7,50	22,08	18,18	25,84	11,54
7,80	21,02	16,30	22,91	9,94
8,10	20,03	14,82	20,38	8,55
8,40	19,12	13,49	18,17	7,28
8,70	18,26	12,29	16,23	6,15
9,00	17,47	11,21	14,52	5,14
9,30	16,72	10,24	13,02	4,20
9,60	16,03	9,35	11,69	3,38
9,90	15,37	8,55	10,50	2,61
10,20	14,76	7,81	9,44	1,92
10,50	14,17	7,14	8,48	1,28
10,80	13,63	6,52	7,63	
11,10	13,11	5,95	6,85	
11,40	12,46	5,43	6,15	
11,70	11,83	4,95	5,51	
12,00	11,25	4,50	4,93	
12,30	10,71	4,08	4,40	
12,60	10,20	3,69	3,91	
12,90	9,73	3,33	3,47	
13,20	9,30	3,00	3,06	
13,50	8,89	2,68	2,68	
13,80	8,51	2,39	2,33	
14,10	8,15	2,12	2,01	
14,40	7,81	1,86	1,71	
14,70	7,50	1,62	1,44	
15,00	7,20	1,39	1,18	

2.3.6.2. Płyta SP 33/14 R120

Tablica 2.33

l _{eff}	p _{d,max}	p _{cz,max}	p _{qs,max}	
			X0, XC1	XC2, XC3, XC4
[m]	[kN/m ²]			
4,50	40,47	97,35	129,99	71,59
4,80	37,59	84,60	108,81	62,00
5,10	35,05	73,96	92,07	53,99
5,40	32,79	65,07	78,63	47,31
5,70	30,77	57,57	67,71	41,67
6,00	28,96	51,16	58,74	36,85
6,30	27,31	45,62	51,28	32,69
6,60	25,82	40,85	45,01	29,09
6,90	24,45	36,67	39,73	25,95
7,20	23,20	32,99	35,22	23,18
7,50	22,05	29,76	31,36	20,76
7,80	20,98	26,89	28,02	18,60
8,10	20,00	24,32	25,12	16,66
8,40	19,09	22,04	22,59	14,94
8,70	18,23	19,98	20,36	13,40
9,00	17,44	18,13	18,40	12,01
9,30	16,70	16,46	16,66	10,75
9,60	16,00	14,93	15,11	9,60
9,90	15,35	13,55	13,72	8,56
10,20	14,73	12,28	12,48	7,61
10,50	14,15	11,13	11,35	6,74
10,80	13,60	10,07	10,35	5,94
11,10	13,08	9,09	9,43	5,20
11,40	12,59	8,18	8,60	4,52
11,70	12,13	7,35	7,85	3,89
12,00	11,68	6,58	7,16	3,32
12,30	11,26	5,87	6,53	2,78
12,60	10,86	5,20	5,95	2,28
12,90	10,48	4,58	5,42	1,81
13,20	10,11	4,14	4,92	1,38
13,50	9,76	3,77	4,47	
13,80	9,43	3,43	4,05	
14,10	9,11	3,12	3,66	
14,40	8,81	2,82	3,31	
14,70	8,51	2,54	2,97	
15,00	8,23	2,27	2,66	
15,30	7,96	2,02	2,37	
15,60	7,70	1,79	2,09	
15,90	7,45	1,57	1,84	
16,20	7,21	1,36	1,60	
16,50	6,97	1,16	1,38	

3. Zasady obliczania płyt obciążonych nierównomiernie

3.1 Zasady ogólne

Podłużne złącza pomiędzy prefabrykowanymi płytami SP, po zabetonowaniu i związaniu betonu wypełniającego, zdolne są do poprzecznego przekazywania obciążeń nierównomiernych (liniowych i skupionych) z płyty, na którą to obciążenie działa bezpośrednio na płyty sąsiednie. Zaleca się uwzględnianie współpracy poprzecznej płyt SP w obliczeniach.

Działające na strop obciążenie nierównomierne rozdziela się na sąsiadujące ze sobą płyty mnożąc wartość tego obciążenia przez współczynniki wpływu. Współczynnik wpływu dla każdej ze współpracujących płyt określać należy zgodnie z zasadami podanymi poniżej oraz w pkt. 3.2, lub pkt. 3.3, w zależności od rodzaju obciążenia nierównomiernego. Podane zasady dotyczą płyt o szerokości 120 cm.

Sprawdzenie nośności płyt obciążonych w sposób nierównomierny polega na wyznaczeniu najbardziej wytężonego przekroju i sprawdzeniu czy działający w nim maksymalny moment zginający od obciążeń całkowitych (łącznie z ciężarem własnym stropu) M_{Sd} jest mniejszy od obliczeniowej nośności na zginanie M_{Rd}^* dla tego przekroju:

$$M_{Sd}(x) \leq M_{Rd}^*(x) \quad (3.1)$$

W środowisku odpowiadającym klasom ekspozycji XC2, XC3 oraz XC4 należy ponadto wykazać, że maksymalny moment od długotrwałych obciążeń charakterystycznych (łącznie z ciężarem własnym stropu) M_{Sk} nie przekracza wartości momentu M_{dec}^* , wywołującego dekompresję we włóknach betonu oddalonych od powierzchni cięgien sprężających o 25 mm:

$$M_{Sk}(x) \leq M_{dec}^*(x) \quad (3.2)$$

Oprócz tego sprawdzić należy czy obliczeniowa siła poprzeczna przy podporach V_{Sd} nie przekracza obliczeniowej nośności na ścinanie V_{Rd} :

$$V_{Sd} \leq V_{Rd} \quad (3.3)$$

Wartość obliczeniowej nośności na zginanie przekroju $M_{Rd}^*(x)$ zależy od odległości tego przekroju od podpory. Pełną nośność obliczeniową na zginanie M_{Rd} (tabl. 2.1-2.6) uzyskują tylko przekroje położone w środkowej strefie płyty. Na odcinkach przypodporowych o długości l_1 obliczeniowa nośność na zginanie $M_{Rd}^*(x)$ jest mniejsza od M_{Rd} wskutek jednoczesnego działania momentu zginającego i siły poprzecznej oraz niepełnego zakotwienia cięgien sprężających [3]. Ogólnie obliczeniową nośność przekroju płyty na zginanie należy wyznaczać z zależności:

$$\begin{aligned} M_{Rd}^*(x) &= \frac{x}{l_1} \cdot M_{Rd} & \text{dla } x \leq l_1 \\ M_{Rd}^*(x) &= M_{Rd} & \text{dla } l_1 \leq x \leq L - l_1 \\ M_{Rd}^*(x) &= \frac{L - x}{l_1} \cdot M_{Rd} & \text{dla } x \geq L - l_1 \end{aligned} \quad (3.4)$$

Moment $M_{dec}^*(x)$ na odcinkach zakotwienia cięgien zmienia się liniowo, proporcjonalnie do rozkładu siły sprężającej [3]. Należy go wyznaczać z zależności:

$$\begin{aligned} M_{cr}^*(x) &= \frac{x}{l_{bpd}} \cdot M_{cr} & \text{dla } x \leq l_{bpd} \\ M_{cr}^*(x) &= M_{cr} & \text{dla } l_{bpd} \leq x \leq L - l_{bpd} \end{aligned} \quad (3.5)$$

$$M_{cr}^*(x) = \frac{L - x}{l_{bpd}} \cdot M_{cr} \quad \text{dla } x \geq L - l_{bpd}$$

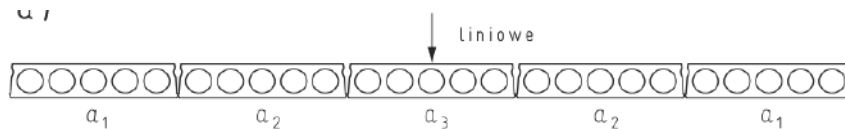
We wzorach (3.4) oraz (3.5) „x” oznacza odległość analizowanego przekroju od podpory – odpowiednio – maksymalnego momentu zginającego od obciążeń obliczeniowych i maksymalnego momentu zginającego od częstej kombinacji obciążeń.

Odległość l_1 dla płyt sprężonych SP niezależnie od wariantu zbrojenia wynosi 4,00 m [3], a odległość l_{bpd} odpowiada średniej długości zakotwienia cięgien [12]. Dla wszystkich typów zbrojenia płyt sprężonych SP wartości l_{bpd} podano w tab. 2.1-2.6.

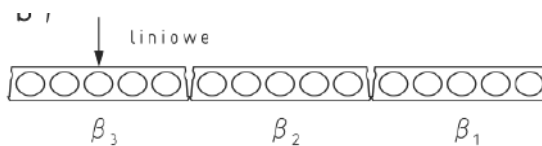
3.2 Współpraca płyt w przenoszeniu obciążenia liniowego

Działające na strop obciążenie liniowe, równoległe do żeber płyt (np. ciężar ściany działowej) przenoszone jest przez płytę bezpośrednio obciążoną oraz przez płyty z nią sąsiadujące, pod warunkiem, że styki zostały właściwie zabetonowane (pkt. 9.1). Część obciążenia przypadającą na każdą ze współpracujących płyt ustala się mnożąc wartość obciążenia liniowego przez współczynniki wpływu α_i (gdy obciążenie działa na jednej ze środkowych płyt – rys. 3.1 a) lub β_i (gdy obciążenie działa na skrajnej płycie stropu ze swobodną krawędzią – rys. 3.1 b).

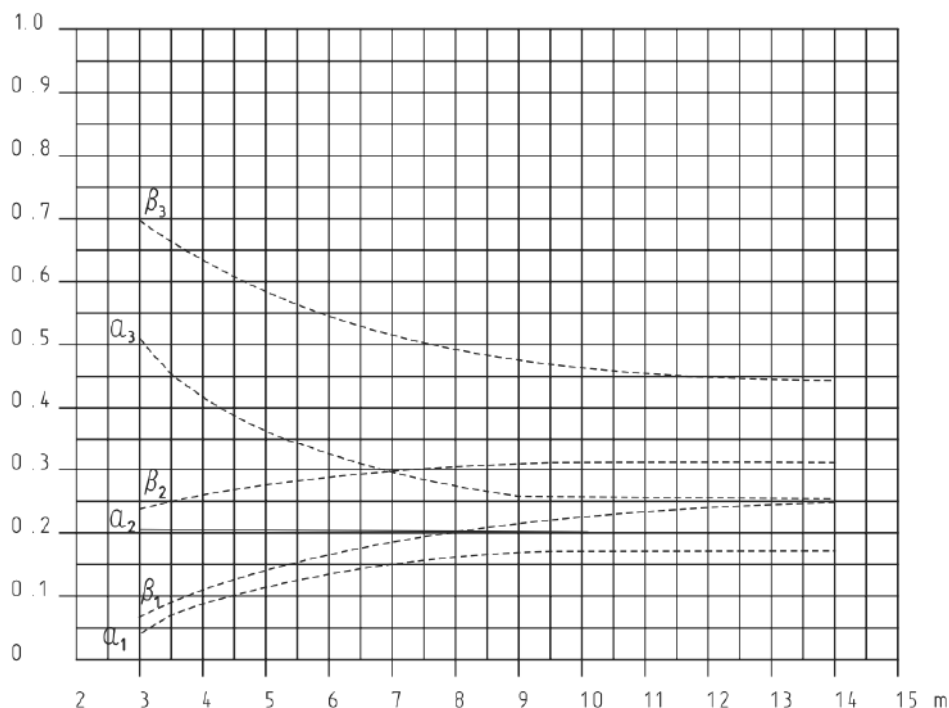
a)



b)



Rys. 3.1. Zasada ustalania współczynników wpływu przy obciążeniu liniowym.



Rys. 3.2. Współczynniki wpływu α_i i β_i przy obciążeniu liniowym.

3.3 Współpraca płyt w przenoszeniu obciążenia skupionego

Jeśli dodatkowe obciążenie skupione występuje na płycie skrajnej, nie dopuszcza się uwzględniania współpracy z płytą sąsiednią. Należy wówczas przyjąć, że całe obciążenie skupione przenoszone jest wyłącznie przez płytę, na którą ono oddziałuje.

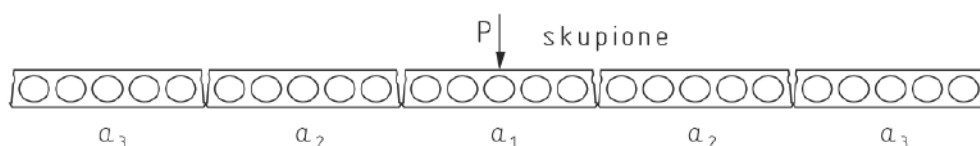
Współpracę sąsiednich płyt w przenoszeniu obciążenia skupionego można uwzględnić, gdy obciążenie działa na jedną ze środkowych płyt stropu (rys. 3.3), a styki zostały właściwie zabetonowane (pkt. 9.1). Część obciążenia skupionego przejmowaną przez każdą ze współpracujących płyt ustala się mnożąc wartość obciążenia skupionego przez współczynniki wpływu α_i . Wartości współczynników wpływu α_i ustalać należy na podstawie nomogramu na rys. 3.4, w zależności od rozpiętości stropu oraz bezwymiarowej współrzędnej przyłożenia siły skupionej ξ .

$$\xi = x/l,$$

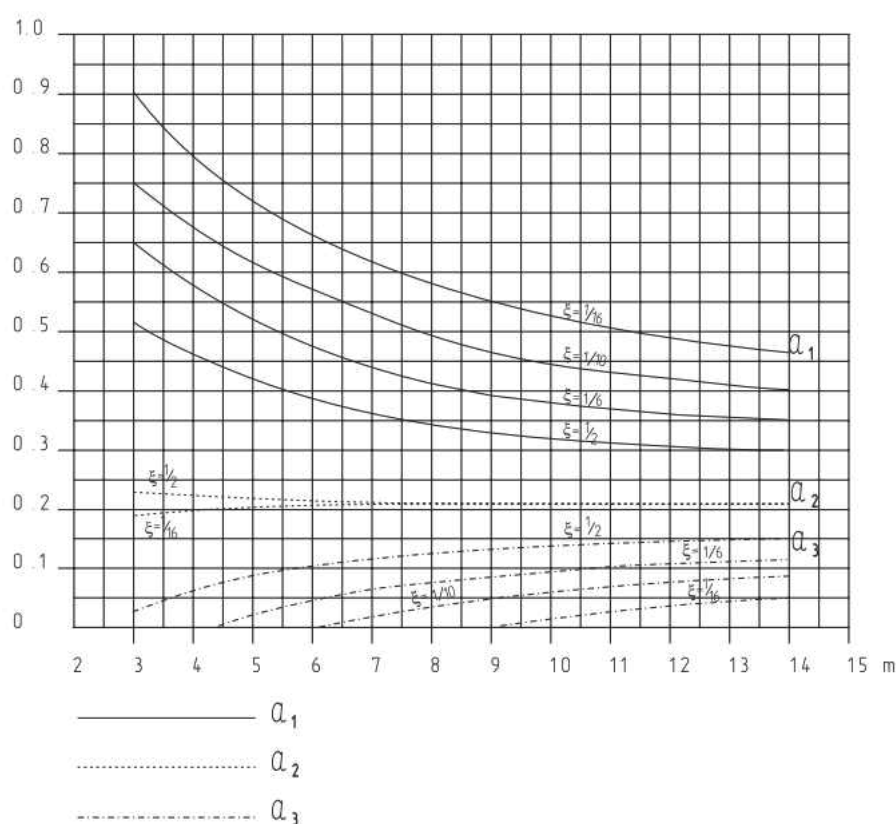
gdzie:

x – odległość przyłożenia siły skupionej do najbliższej podpory

l – rozpiętość elementu



Rys. 3.3 Zasada ustalania współczynników wpływu przy obciążeniu skupionym.



Rys. 3.4. Współczynniki wpływu α_i przy obciążeniu skupionym.

4. Wycięcia i otwory w płytach sprężonych SP.

4.1 Zasady ogólne

W płytach sprężonych SP wykonywać można okrągłe otwory o niedużej średnicy oraz cztery rodzaje prostokątnych wycięć.

Za otwory uważać należy wszelką pionową perforację, która nie przecina środników płyt (wszelkie otwory w półkach, nad i pod kanałami).

Wycięcia natomiast mają duże wymiary w stosunku do szerokości płyt i powstają w wyniku usunięcia fragmentu jednego ze środników. W sytuacji, gdy zachodzi potrzeba przecięcia płaszczyzny stropu pojedynczym przewodem instalacyjnym należy preferować otwory, wykonane pionowo przez jeden z kanałów płyty. Gdy natomiast istnieje potrzeba przeprowadzenia zblokowanych pionów instalacyjnych, wentylacyjnych lub pojedynczych przewodów o dużych gabarytach, należy stosować wycięcia.

Wycięcia mogą ponadto służyć do „ominięcia” słupów w układach szkieletowych, bez potrzeby wykonywania w słupach dodatkowych wsporników podporowych dla płyt SP.

Otwory mogą być wykonywane na budowie (techniką wiercenia), natomiast wycięcia należy wykonywać wyłącznie w wytwórni.

W zależności od rodzaju płyt sprężonych SP, a w szczególności od kształtu i rodzaju podłużnych kanałów istniejących w płycie określono maksymalne średnice otworów jakie dopuszcza się w nich wykonywać. Z tych samych względów określone są dopuszczalne szerokości wycięć w płytach sprężonych SP.

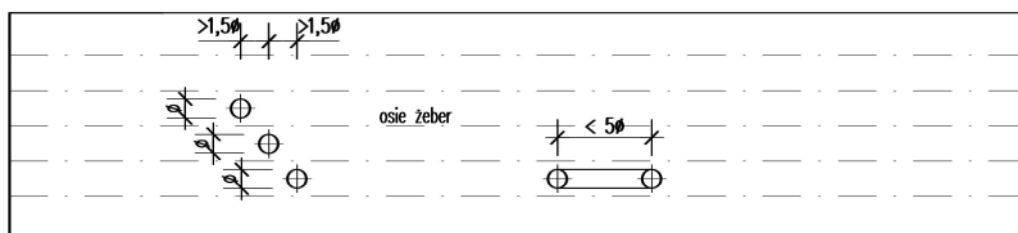
Można przyjąć, że otwory o średnicy nie większej niż wskazane poniżej dla poszczególnych rodzajów płyt sprężonych SP, wykonane i rozmieszczone zgodnie z wytycznymi podanymi nie mają wpływu na nośność płyt. Płyty takie należy obliczać analogicznie jak płyty podstawowe.

Wycięcia, niezależnie od rodzaju, mają negatywny wpływ na nośność płyt sprężonych SP, co należy uwzględnić przy sprawdzaniu ich nośności.

4.2 Otwory w płytach

W płytach sprężonych SP wykonywać można okrągłe otwory o niedużej średnicy. Za otwory uważać należy wszelką pionową perforację, która nie przecina środników płyt (wszelkie otwory w półkach, nad i pod kanałami). Otwory mogą być wykonywane na budowie techniką wiercenia.

Można przyjąć, że otwory o średnicy nie większej niż wskazane poniżej dla poszczególnych rodzajów płyt sprężonych SP, wykonane i rozmieszczone zgodnie z wytycznymi podanymi nie mają wpływu na nośność płyt. Płyty takie należy obliczać analogicznie jak płyty podstawowe. Zasady stosowania i rozmieszczania wielu otworów w płytach sprężonych SP zawarto na rys. 4.1.



Rys. 4.1 Zasady rozmieszczania otworów w płytach sprężonych SP.

Maksymalne wielkości otworów w płytach zależne są od rodzaju płyty sprężonej SP i przedstawiono je w tablicy 4.1.

Tablica 4.1

Rodzaj płyt	Maksymalna wielkość otworu w płycie
SP 20	100 mm
SP 25, SP 26,5 SP 27,5	150 mm
SP 32, SP 33	140 mm

4.3 Wycięcia przęsłowe (na krawędzi i wewnątrz płyty)

Dla wszystkich typów płyt SP długość wycięcia przęsłowego nie może przekraczać 1/3 rozpiętości płyty.

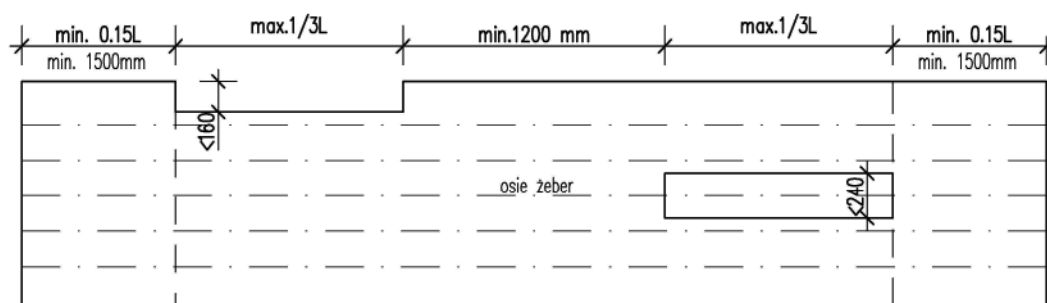
W płytach sprężonych SP wycięcia przęsłowe wewnątrz płyty należy wykonywać w środku szerokości przekroju. W obszarze przęsłowym płyty można projektować więcej niż jedno wycięcie przęsłowe (krawędziowe i wewnątrz płyty) z zachowaniem minimalnego odstępu pomiędzy zakończeniem jednego a początkiem następnego wynoszącego 120 cm - mierząc wzdłuż osi podłużnej płyty.

Dla wszystkich typów płyt SP długość wycięcia przęsłowego może być dowolna. W płytach SP 20, SP 32 i SP 33 wycięcia wewnątrz płyty należy wykonywać w środku szerokości przekroju. W płytach SP 25, SP 26,5 oraz SP 27,5 wycięcie środkowe może naruszać jedno z żeber środkowych położonych najbliżej osi symetrii przekroju. W obszarze środkowym płyty można projektować więcej niż jedno wycięcie rodzaju boczne lub wewnętrzne, z zachowaniem zasad podanych w pkt. 4.4.

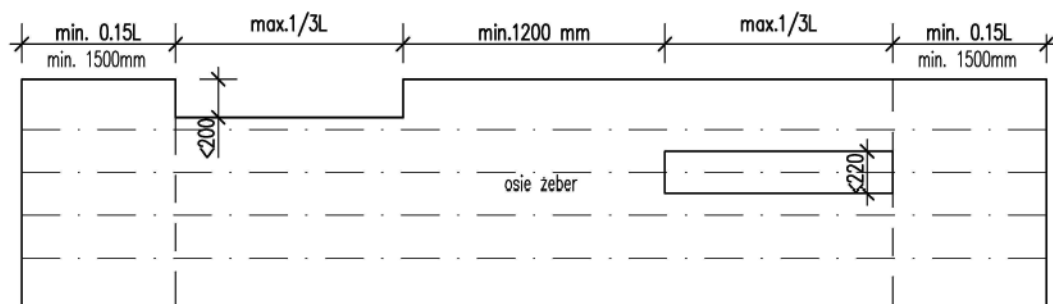
Stosuje się zunifikowane szerokości wycięć przęsłowych (skrajnych i wewnętrznych) w zależności od rodzaju płyty przedstawiono w tabeli nr 4.2.

Tablica 4.2

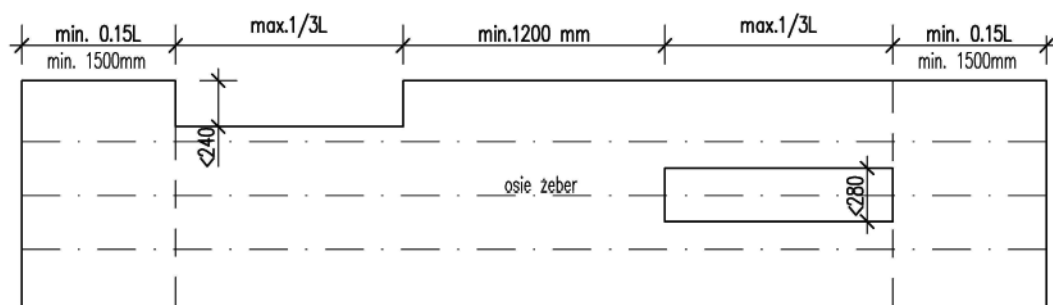
Rodzaj płyt	szerokość wycięcia bocznego	szerokość wycięcia wewnętrznego
SP 20	160 mm	240 mm
SP 25, SP 26,5 SP 27,5	200 mm	220 mm
SP 32, SP 33	240 mm	280 mm



Rys. 4.2. Dopuszczalne wycięcia przęsłowe w płytach SP 20.



Rys. 4.3. Dopuszczalne wycięcia przęsłowe w płytach SP 25, SP 26,5; SP 27,5.



Rys. 4.4. Dopuszczalne wycięcia przęsłowe w płytach SP 32 i SP 33

4.3 Wycięcia podporowe (na krawędzi i wewnątrz płyty)

Przy jednej podporze można wykonać najwyżej jedno wycięcie. Jeżeli przy jednej podporze płyty występuje wycięcie podporowe boczne to na drugiej podporze nie można stosować wycięcia podporowego wewnętrznego.

W płytach sprężonych SP wycięcia podporowe wewnątrz płyty należy wykonywać w środku szerokości przekroju. Dla wszystkich typów płyt SP długość wycięcia przęsłowego nie może przekroczyć 1,30 m. W płytach SP 20, SP 32 i SP 33 wycięcia wewnątrz płyty należy wykonywać w środku szerokości przekroju. W płytach SP 25, SP 26,5 oraz SP 27,5 wycięcie środkowe może naruszać jedno z żeber środkowych położonych najbliżej osi symetrii przekroju.

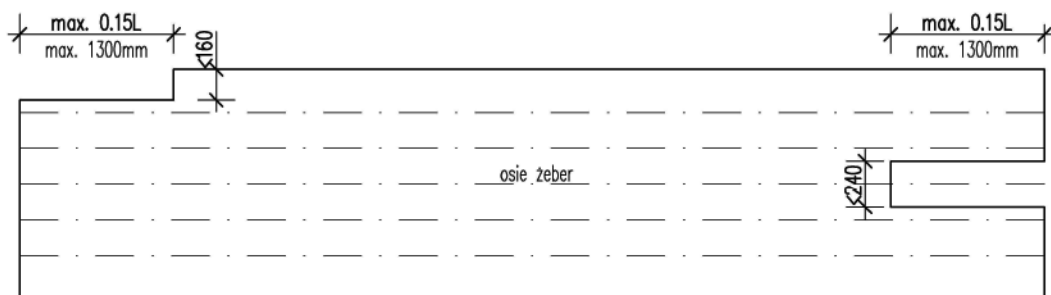
Stosuje się zunifikowane szerokości wycięć podporowych (skrajnych i wewnętrznych) w zależności od rodzaju płyty przedstawione w tablicy nr 4.3.

Tablica 4.3

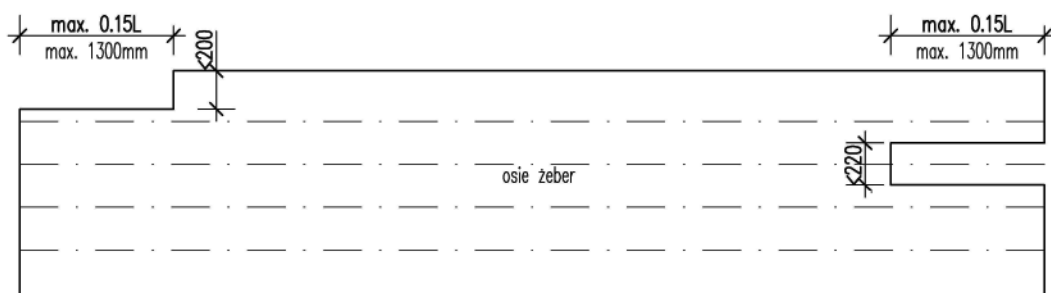
Rodzaj płyty	szerokość wycięcia bocznego	szerokość wycięcia wewnętrznego
SP 20	160 mm	240 mm
SP 25, SP 26,5 SP 27,5	200 mm	220 mm
SP 32, SP 33	240 mm	280 mm

W płytach sprężonych SP 20 możliwe jest zastosowanie wycięć podporowych skrajnych o szerokości 310 mm. Wiąże się to z usunięciem skrajnego żebra płyty sprężonej. Płyt z takim wycięciem nie można stosować w układach konstrukcyjnych ściennych.

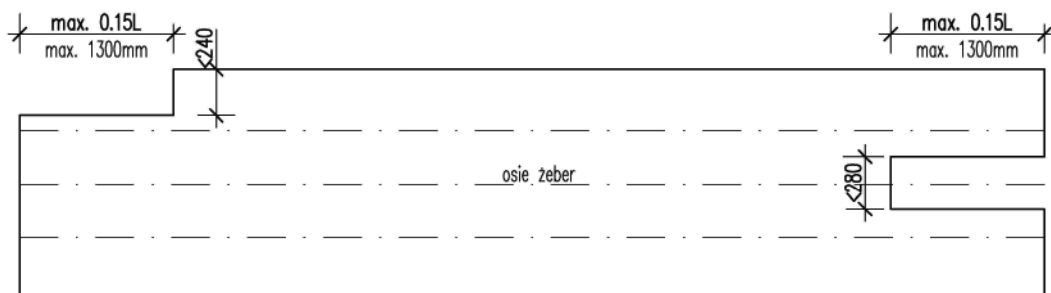
Podobnie w płytach sprężonych SP 25, SP 26,5 oraz SP 27 możliwe jest zastosowanie wycięć podporowych skrajnych o szerokości 310 mm oraz 420 mm. Wiąże się to z usunięciem skrajnego żebra płyty sprężonej. Płyt z wycięciem o szerokości 420 mm nie można stosować w układach konstrukcyjnych ściennych.



Rys. 4.5. Dopuszczalne wycięcia podporowe w płytach SP 20..



Rys. 4.6. Dopuszczalne wycięcia podporowe w płytach SP 25, SP 26,5 oraz SP 27,5



Rys. 4.7. Dopuszczalne wycięcia podporowe w płytach SP 32 oraz SP 33.

4.4 Zasady łącznego stosowania wycięć przęsłowych i podporowych

Można stosować wycięcie przęsłowe krawędziowe łącznie z wycięciem podporowym bocznym pod warunkiem że odstęp między tymi wycięciami, mierzony wzdłuż płyty będzie nie mniejszy niż 120 cm. Podobnie dopuszcza się stosowanie wycięć przęsłowych wewnątrz płyty i na podporze wewnątrz płyty pod warunkiem że odstęp między tymi wycięciami, mierzony wzdłuż płyty będzie nie mniejszy niż 120 cm.

Stosując jednocześnie kilka wycięć krawędziowych (podporowych i przęsłowych) należy wszystkie lokalizować przy tej samej krawędzi bocznej płyty. Nie dopuszcza się osłabiania wycięciami bocznymi obydwu zewnętrznych żeber płyty.

5. Obliczanie płyt z wycięciami.

5.1 Płyty z wycięciami w przęśle

Przy sprawdzaniu nośności płyt osłabionych wycięciami w przęśle, obciążonych równomiernie i w sposób nierównomierny, rozróżnić należy dwa przypadki. Przypadek I ma miejsce wówczas, gdy maksymalny moment zginający występuje w przekroju osłabionym wycięciem, a przypadek II – gdy maksymalny moment zginający działa w przekroju nieosłabionym.

Dla przypadku I sprawdzić należy, czy maksymalny moment zginający od obliczeniowych obciążeń całkowitych (łącznie z ciężarem stropu) $M_{sd}(x)$ nie przekracza nośności obliczeniowej przekroju osłabionego $M_{Rd}(x)$:

$$M_{sd}(x) \leq M_{Rd}^{**}(x) \quad (5.1)$$

W środowisku odpowiadającym klasom ekspozycji XC2, XC3 i XC4 należy ponadto wykazać, że maksymalny moment od częstej kombinacji obciążeń (łącznie z ciężarem własnym stropu) $M_{sk}(x)$ nie przekracza momentu $M_{dec}(x)$ wywołującego dekompresję we włóknach skrajny osłabionego przekroju.

$$M_{sk}(x) \leq M_{dec}^{**}(x) \quad (5.2)$$

momenty $M_{Rd}^{**}(x)$ i $M_{dec}^{**}(x)$ obliczać należy z zależności:

$$M_{Rd}^{**}(x) = \delta \cdot M_{Rd}^*(x) \quad (5.3)$$

$$M_{dec}^{**}(x) = \delta \cdot M_{dec}^*(x) \quad (5.4)$$

gdzie: δ – współczynnik osłabienia przekroju,

$M_{Rd}^*(x)$, $M_{dec}^*(x)$ – odpowiednio momenty według wzorów (3.4) i (3.5), gdzie x to odległość od podpory – odpowiednio – maksymalnego momentu zginającego od obciążeń obliczeniowych i maksymalnego momentu zginającego od częstej kombinacji obciążeń.

Współczynnik osłabienia przekroju δ , obliczyć należy z formuły [3]:

$$\delta = \left(1 - \frac{c + \Delta c}{b} \right) \quad (5.5)$$

gdzie: $b = 1200$ [mm] – szerokość płyty,

c – szerokość (głębokość) wycięcia przęsłowego

$\Delta c = 20$ [mm] – składnik poprawkowy, uwzględniający imperfekcję geometryczną szerokości wycięcia c .

Jeżeli zachodzi zależność: $l_w < l_1$ (gdzie: l_1 – zgodnie z pkt 3, l_w – odległość od początku wycięcia do najbliższej podpory), to warunek (5.2) należy sprawdzić również dla $x = l_w$.

Jeśli w płycie występuje więcej niż jedno wycięcie w przęśle, to dla pozostałych wycięć należy dokonać sprawdzenia w sposób analogiczny jak dla przypadku II.

Dla przypadku II – sprawdzić należy warunek (3.1), a w środowisku odpowiadającym klasom ekspozycji XC2, XC3 i XC4 również warunek (3.2), według zasad podanych w pkt. 3 dla płyt nieosłabionych wycięciami, obciążonych nierównomiernie, przyjmując odpowiednią wartość x . Ponadto, w sposób analogiczny jak dla przypadku I, sprawdzić należy zawsze warunek (5.1), a przy klasach ekspozycji XC2, XC3 i XC4 także warunek (5.2), w przekroju w którym następuje zmiana szerokości przekroju (początek lub koniec wycięcia przęsłowego).

Jeżeli zachodzi zależność: $l_w < l_1$ (gdzie: l_1 – zgodnie z pkt 3, l_w – odległość od początku wycięcia do najbliższej podpory), to należy sprawdzić przekrój w analogiczny sposób jak dla przypadku I przyjmując odpowiednią wartość x – odległości sprawdzanego przekroju od podpory. Jeśli w płycie występuje więcej niż jedno wycięcie w przęśle (krawędziowe lub w środku płyty), to w sposób analogiczny należy sprawdzić warunki nośności w przekrojach osłabionych tymi wycięciami.

Poza sprawdzeniem powyższych warunków nośności wynikających ze zginania należy w obydwu przypadkach sprawdzić nośność na ścinanie. I tak, jeżeli płyta posiada również wycięcia przy podporach, nośność na ścinanie należy sprawdzić wg wzoru (5.8) lub w przypadku, gdy takich wycięć nie posiada wg wzoru (3.3).

Wycięcia przeszłowe, wykonane i rozmieszczone wg zasad podanych w pkt. 3.2, nie redukują nośności na ścinanie strefy przypodporowej płyt SP.

5.2 Płyty z wycięciami na podporach

Przy sprawdzaniu nośności płyt z wycięciami przy podporach obowiązują ogólne zasady obliczeń dla płyt podstawowych. Jeśli w płycie, oprócz wycięć przy podporach, występują również wycięcia w przęśle, to przy sprawdzaniu przekrojów osłabionych tymi wycięciami należy stosować zasady podane w pkt 5.1.

Niedopuszczalne jest, by maksymalny moment zginający działał w przekroju osłabionym wycięciem na podporach.

W płytach z wycięciami przy podporach, oprócz sprawdzenia zgodnie z zasadami podanymi poniżej, należy dodatkowo w przekrojach gdzie kończą się wycięcia podporowe sprawdzić warunek zarysowania o postaci [3]:

$$M_{Sk}(x) \cdot \eta = \delta \cdot M_{cr}^*(x) \quad (5.6)$$

gdzie:

$M_{Sk}(x)$ – moment zginający od częstej kombinacji obciążeń (łącznie z ciężarem własnym stropu), gdzie x jest odległością końca wycięcia podporowego od podpory

η – współczynnik uwzględniający wpływ skręcania na redystrybucję obciążeń [4, 7],

δ – współczynnik osłabienia przekroju, wg wzoru (5.5),

$M_{cr}^*(x)$ – moment rysujący w analizowanym przekroju.

Moment rysujący $M_{cr}^*(x)$ na odcinkach zakotwienia cięgien zmienia się liniowo, odpowiednio do wartości siły sprężającej (analogicznie jak $M_{dec}^*(x)$). Należy go wyznaczyć z zależności:

$$\begin{aligned} M_{cr}^*(x) &= \frac{x}{l_{bpd}} \cdot M_{cr} & \text{dla } x \leq l_{bpd} \\ M_{cr}^*(x) &= M_{cr} & \text{dla } l_{bpd} \leq x \leq L - l_{bpd} \\ M_{cr}^*(x) &= \frac{L - x}{l_{bpd}} \cdot M_{cr} & \text{dla } x \geq L - l_{bpd} \end{aligned} \quad (5.7)$$

Dla wszystkich rodzajów i typów zbrojenia płyt sprężonych SP wartości l_{bpd} podano w tab. 2.1. do 2.6.

Wartość współczynnika η uwzględniającego wpływ skręcania uzależniona jest od szerokości i rodzaju wycięcia. Dla wycięć podporowych bocznych wartość η należy przyjmować w zależności od szerokości tego wycięcia zgodnie tabl. 5.1, zaś dla wycięć podporowych wewnętrznych można przyjąć $\eta = 1,10$, dla wszystkich rodzajów zbrojenia płyt sprężonych SP.

Poza sprawdzeniem warunków wynikających ze zginania płyty sprawdzić należy warunek nośności strefy przypodporowej na ścinanie [3]:

$$V_{sd} \leq \frac{\delta \cdot V_{Rd}}{\eta} \quad (5.8)$$

w przeciwnym przypadku nośność na ścinanie należy sprawdzić według warunku (3.3).

Tablica 5.1

c [cm]	16	20	24	31	42
η	1,25		1,35		

6. Warunki stosowania płyt w układach ściennych

6.1. Warunki częściowego zamocowania płyt

W budynkach o konstrukcji ścianowej płyty mają ograniczoną swobodę obrotu na podporach. Wskutek docisnięcia końców płyt ścianą górnej kondygnacji powstają niezamierzone momenty utwierdzenia, co powoduje że płyty pracują jak częściowo zamocowane.

Występować mogą dwa przypadki oparcia płyt na ścianach: na ścianie skrajnej (rys. 8.1) i na ścianie środkowej (rys. 8.2).

Podstawowym wyznacznikiem decydującym o możliwości wystąpienia częściowego utwierdzenia płyt w ścianach jest jednostkowy nacisk ściany na koniec płyty N_{S0} [5, 7]. Należy go obliczać z zależności:

$$N_S = N_0 \cdot \frac{a}{g} - \text{dla przypadku oparcia jednostronnego oparcia płyt}$$

$$N_S = N_0 \cdot \frac{a}{2g} - \text{dla przypadku oparcia dwustronnego płyt}$$

gdzie: a , – szerokość oparcia płyty sprężonej SP

g – grubość ściany

N_0 – całkowity nacisk ściany górnej kondygnacji, od obciążeń obliczeniowych.

Utwierdzenie stropu w ścianach może nastąpić wówczas gdy zachodzi warunek [3]:

$$N_S \geq N_{S,\text{lim}} \quad (6.1)$$

Limitowane wartości nacisku $N_{S,\text{lim}}$ dla każdego rodzaju płyt sprężonych SP bez wycięć przy podporach, obliczone dla nominalnej głębokości oparcia płyt (pkt. 8) wynosi 59,5 [kN/m]

Dla płyt z wycięciami przy podporach wartość $N_{S,\text{lim}}$ należy ustalać mnożąc wartość podaną powyżej przez współczynnik redukcyjny δ wg wzoru (5.6) (wyznaczony dla odpowiedniej wartości „c” stosownie do rodzaju wycięcia) z ograniczeniami podanymi w pkt. 3.3.

Jeśli warunek (6.1) nie jest spełniony płyty należy traktować jak swobodnie podparte i stosować oraz obliczać wg ogólnych zasad podanych w rozdz. 2. W przeciwnym wypadku płyty należy sprawdzać i stosować wg zasad podanych w pkt. 6.2.

6.2. Zasady obliczania płyt zamocowanych w ścianach

Zamocowane w ścianach płyty sprężone SP nie posiadające zbrojenia górnego są podatne na zarysowanie strefy przypodporowej pod wpływem ujemnego momentu zginającego. Górne zarysowanie strefy przypodporowej ma negatywny wpływ na nośność płyt sprężonych SP. W związku z powyższym, kryterium zarysowania górnej strefy przekroju przyjęto jako warunek decydujący o możliwości stosowania płyt sprężonych SP w układach ściennych.

Stosowanie płyt sprężonych SP jest dopuszczalne [3], jeśli zachodzi zależność:

$$M_{S0} \leq M_{\text{cr},p} \quad (6.2)$$

gdzie:

M_{S0} – moment podporowy od obliczeniowych obciążeń zewnętrznych stropu (bez ciężaru własnego stropu), obliczony dla schematu belki utwierdzonej na podporach,

$M_{\text{cr},p}$ – obliczeniowy moment rysujący górną krawędź przekroju płyty,

Jeżeli warunek (6.2) nie jest spełniony to zarysowanie, pomimo docisku ściany górnej kondygnacji, nie nastąpi. Dopuszcza się w takiej sytuacji użytkowanie płyt SP, które można

traktować umownie jako swobodnie podparte i obliczać wg zasad podanych w rozdz. 2 wytycznych.

Wartości obliczeniowego momentu rysującego $M_{cr,p}$ dla wszystkich typów płyt sprężonych SP zestawiono w tabl. 2.1-2.6. Obliczenia wykonano zgodnie z normą [9] przyjmując w miejsce średniej wytrzymałości betonu na rozciąganie f_{ctm} obliczeniowa wytrzymałość betonu na rozciąganie: $f_{ctd} = f_{ctk,0,05}/\gamma_C$, tj. jak dla konstrukcji niezbrojonych.

7. Płyty niestandardowe

7.1. Płyty cięte wzdłuż.

Na skutek podłużnego rozcięcia elementów podstawowych wszystkich rodzajów płyt sprężonych SP, można uzyskać elementy o szerokości mniejszej niż 120 cm.

Cięcie podłużne płyt sprężonych rodzaju SP 20, SP 25, SP 26,5 oraz SP 27,5 dokonuje się wzdłuż osi jednego z kanałów.

Cięcie podłużne płyt sprężonych rodzaju SP 32 i SP 33 wykonuje się w odległości 60 mm licząc od osi kanału w kierunku zebra płyty ciętej. W zależności od położenia i wielkości kanału podłużnego w danym rodzaju płyty sprężonej SP możliwe są do otrzymania ściśle określone szerokości płyt.

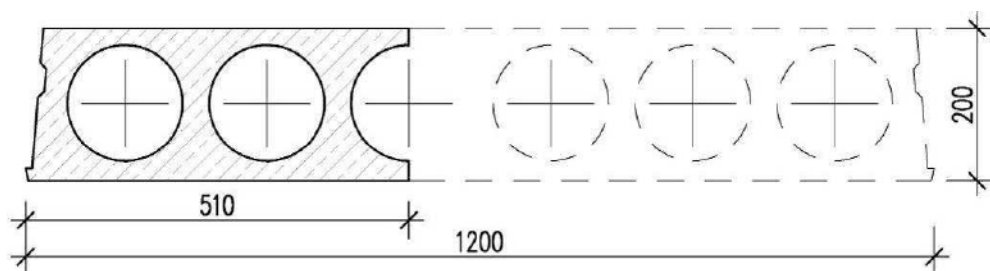
Cięcie wzdłużne można wykonać wyłącznie w wytwórni prefabrykatów.

W płytach rozciętych podłużnie nie można projektować żadnych wycięć. Można natomiast wykonać otwory, zgodnie z ogólnymi zasadami.

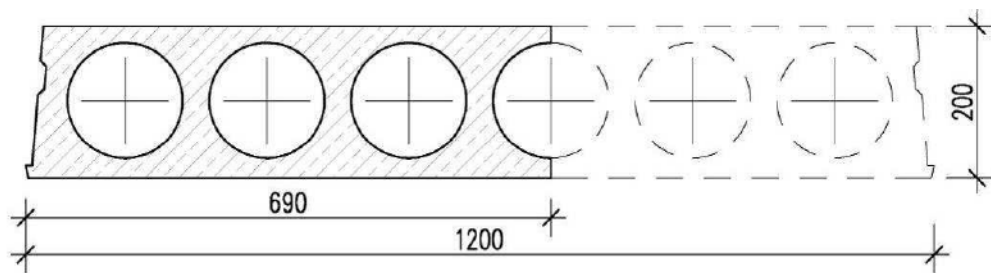
Dla płyt SP 20 R60 po podłużnym rozcięciu elementów podstawowych można otrzymać płyty o szerokości 510, 690, 880 i 1070 mm. Na rys. 7.1 do 7.4 przedstawiono przekroje tych płyt otrzymanych w wyniku podłużnego ich rozcięcia.

Dla płyt SP 25 R60, SP 26,5 R60 oraz SP 27,5 R120 po podłużnym rozcięciu elementów podstawowych można otrzymać płyty o szerokości 600, 820 oraz 1050 mm. Na rys. 7.5 do 7.7 przedstawiono przekroje tych płyt otrzymanych w wyniku podłużnego ich rozcięcia.

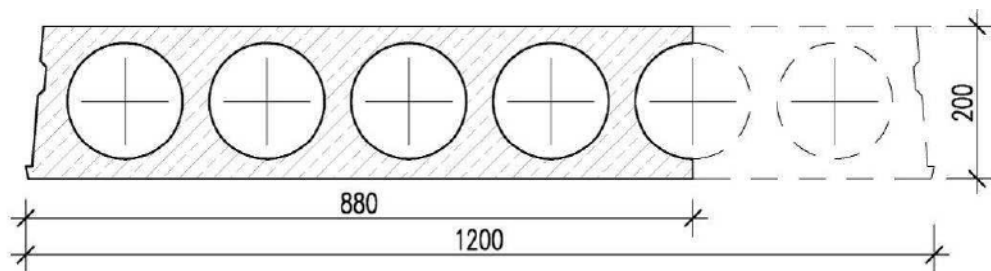
W przypadku płyt SP 32 R60 i SP 33 R120 po podłużnym rozcięciu elementów podstawowych można otrzymać płyty o szerokościach 680 i 960 mm. Na rys. 7.8 i 7.9 przedstawiono przekroje tych płyt otrzymanych w wyniku podłużnego ich rozcięcia.



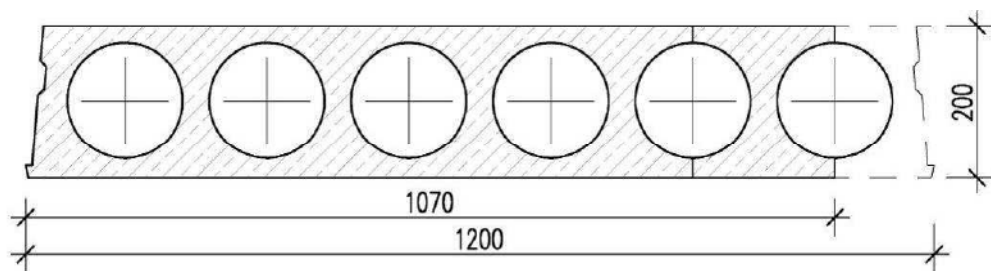
Rys. 7.1 Płyta SP 20 R60 rozcięta do szerokości 510 mm.



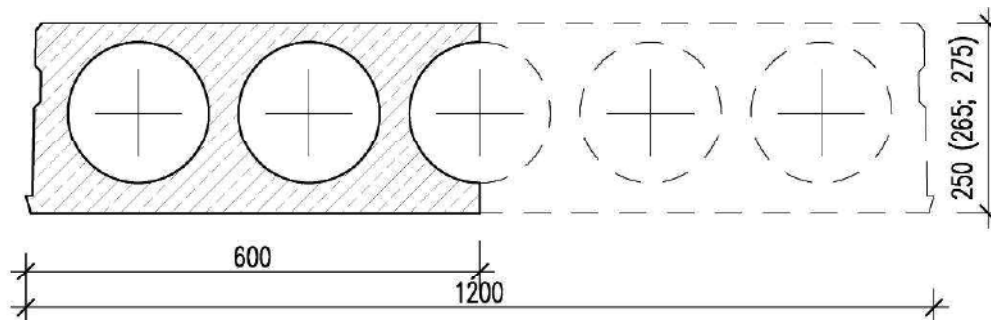
Rys. 7.2 Płyta SP 20 R60 rozcięta do szerokości 690 mm.



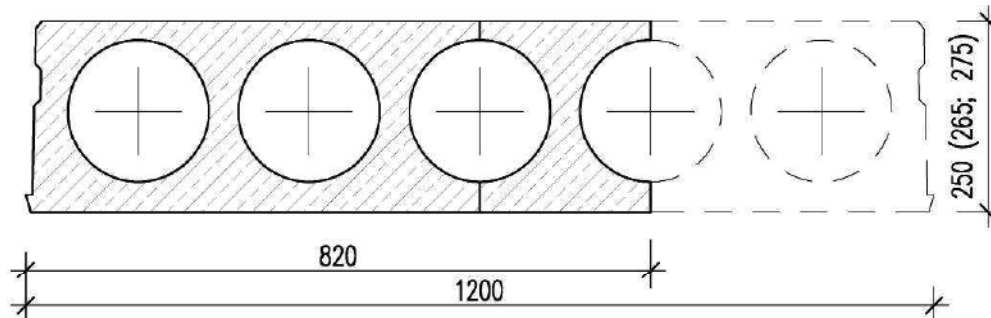
Rys. 7.3 Płyta SP 20 R60 rozcięta do szerokości 880 mm.



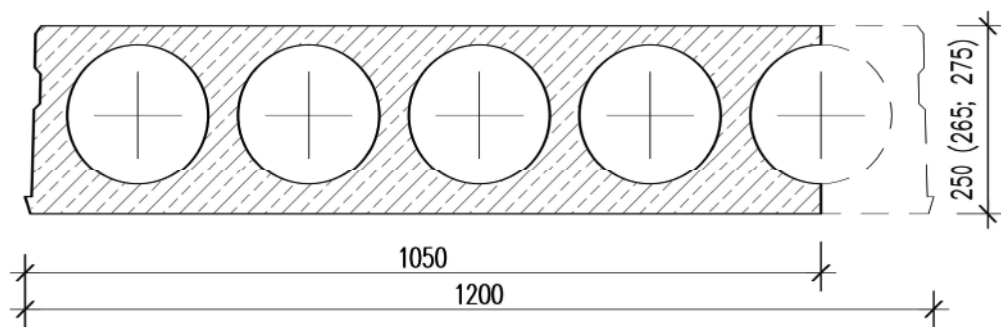
Rys. 7.4 Płyta SP 20 R60 rozcięta do szerokości 1070 mm.



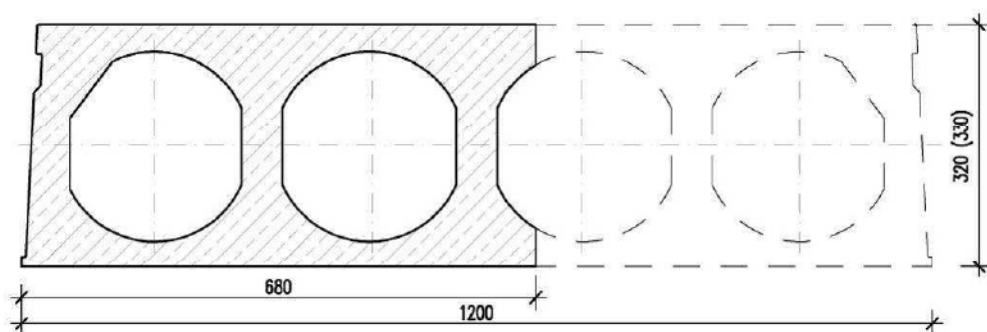
Rys. 7.5. Płyta SP 25 R60 (SP 26,5 R60; SP 27,5 R120) rozcięta do szerokości 600 mm.



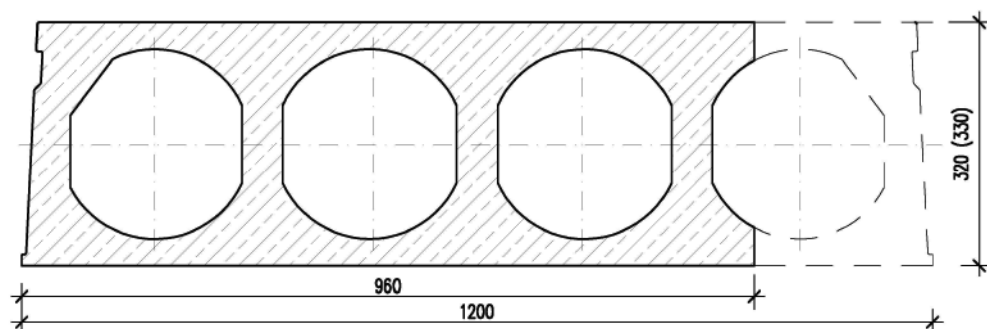
Rys. 7.6. Płyta SP 25 R60 (SP 26,5 R60; SP 27,5 R120) rozcięta do szerokości 820 mm.



Rys. 7.7. Płyta SP 25 R60 (SP 26,5 R60; SP 27,5 R120) rozcięta do szerokości 1050 mm.



Rys. 7.8. Płyta SP 32 R60 (SP 33 R120) rozcięta do szerokości 680mm.

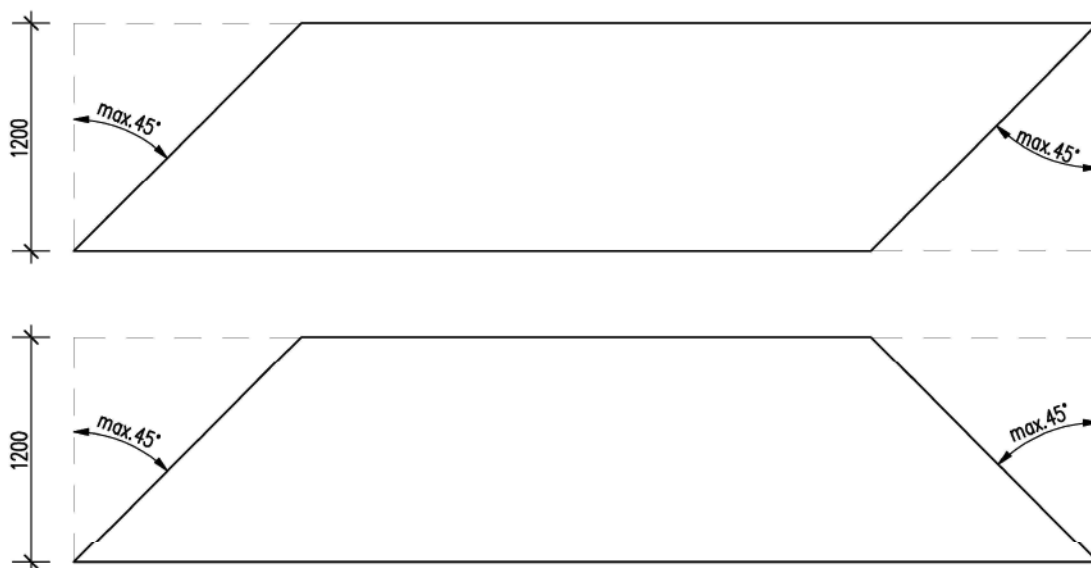


Rys. 7.9. Płyta SP 32 R60 (SP 33 R120) rozcięta do szerokości 960mm.

7.2. Płyty cięte ukośnie.

Technologia produkcji płyt SP (pkt.1.3) daje możliwość wykonania elementów, których krawędzie czołowe nie są prostopadłe do podłużnej osi prefabrykatów. Tego typu płyty mają zastosowanie w sytuacjach, gdy jedna z krawędzi podpór, lub obydwie, nie są prostopadłe do kierunku rozpięcia stropów. W płytach z ukośnymi krawędziami podparcia nie moż na projektować żadnych wycięć. Można natomiast wykonywać otwory, zgodnie z zasadami podanymi w pkt. 4.2.

Zasady kształtowania tego typu płyt ilustruje rys.7.10.



Rys. 7.10. Zasady kształtowania płyt ciętych ukośnie.

8. Odporność ogniowa, izolacyjność cieplna oraz właściwości akustyczne płyt sprężonych SP

8.1. Odporność ogniowa płyt sprężonych SP.

Na podstawie norm płyty SP 20 SP 25, SP 26,5 oraz SP 32 zakwalifikowano do klasy odporności ogniowej R60. Płyty SP 27,5 i SP 33 zakwalifikowano do klasy odporności ogniowej R120.

Zgodnie z wymaganiami normy PN-EN 1992-1-2:2008 oraz PN-EN 1168:2009 minimalna odległość osiowa zbrojenia sprężającego (ciągów) od spodu płyty wynosi

- $a = 35$ mm dla odporności ogniowej REI 60,
- $a = 55$ mm dla odporności ogniowej REI 120.

Przy prawidłowym wypełnieniu podłużnych styków między płytami stropy skonstruowane z płyt sprężonych SP będą posiadały również szczelność ogniową E60 lub E120.

Kwestię izolacyjności ogniowej stropów skonstruowanych z płyt SP należy w każdym przypadku rozważyć indywidualnie, uwzględniając istnienie warstw wykończeniowych stropu.

8.2. Izolacyjność cieplna płyt sprężonych SP

W celu scharakteryzowania izolacyjności cieplnej płyt sprężonych określono opór cieplny dla przegrody poziomej złożonej z płyt sprężonych. Z uwagi na występowanie otworów kołowych przyjęto dopuszczalne uproszczenie i sprowadzenie tych kanałów do równoważnych im kanałów prostokątnych o tożsamym polu powierzchni.

Wartości oporu cieplnego dla poszczególnych rodzajów płyt przedstawiono w tabl. 8.1

Tablica 8.1

Rodzaj płyt	opór cieplny R [m ² K/W]
SP 20	0,259
SP 25	0,323
SP 26,5	0,328

SP 27,5	0,331
SP 32	0,441
SP 33	0,443

8.3. Właściwości akustyczne płyt sprężonych SP

Zgodnie z normą PN-EN ISO 717-1:1999 do oceny izolacyjności od dźwięków powietrznych stosuje się następujące rodzaje jednoliczbowych wskaźników oceny:

- wskaźnik ważony oznaczany symbolem R_w (wskaźnik ważony izolacyjności akustycznej właściwej),
- dwa uzupełniające widmowe wskaźniki adaptacyjne C i C_{tr} , których zadaniem jest wskazanie na zdolność przegrody budowlanej lub jej elementu do izolowania hałasów o widmie płaskim w funkcji częstotliwości (wskaźnik adaptacyjny C) oraz wskaźnik o widmie niskoczęstotliwościowym (wskaźnik adaptacyjny C_{tr}).

Sposób zapisu izolacyjności od dźwięków powietrznych przegrody budowlanej lub jej elementu za pomocą powyższych wskaźników jest następujący:

$$R_w (C, C_{tr})$$

Przy projektowaniu i ocenie izolacyjności akustycznej konkretnych rozwiązań konstrukcyjnych wykorzystuje się wartości sum wskaźnika ważonego i (odpowiedniego do zakresu stosowania danego rozwiązania) jednego z dwóch wskaźników adaptacyjnych, oznaczając je odpowiednio symbolami:

$$R_{A1} = R_w + C$$

$$R_{A2} = R_w + C_{tr}$$

Utworzone w ten sposób wskaźniki noszą nazwę wskaźników oceny izolacyjności akustycznej właściwej R_{A1} , R_{A2} .

W tabl. 8.2 zestawiono podstawowe wartości wskaźników oceny izolacyjności akustycznej.

Tabl. 8.2

L.p.	Oznaczenie analizowanej płyty kanałowej	Parametry techniczne płyt		Wartość obliczeniowa R_w	Prognozowane wartości wskaźników oceny izolacyjności akustycznej				
		Grubość	Masa powierzchniowa	$R_{w\text{ obl}}$	R_w	C	C_{tr}	R_{A1}	R_{A2}
		[mm]	[kg/m ²]	[dB]	[dB]	[dB]	[dB]	[dB]	[dB]
1	SP 20	200	285	52,9	53,0 ±1	-2	-6	51 ±1	47 ±1
2	SP 25	250	312	53,7	54,0 ±1	-2	-6	52 ±1	48 ±1
3	SP 26,5	265	364	55,0	55,0 ±1	-2	-6	53 ±1	49 ±1
4	SP 27,5	275	371	55,2	55,0 ±1	-2	-6	53 ±1	49 ±1
5	SP 32	320	372	55,2	55,0 ±1	-2	-6	53 ±1	49 ±1
6	SP 33	330	396	55,7	56,0 ±1	-2	-6	54 ±1	50 ±1

9. Zasady konstruowania stropów z płyt SP

9.1. Wypełnianie szczelin między płytami

Styki podłużne między płytami należy wypełniać betonem droбноziarnistym o maksymalnym wymiarze ziaren kruszywa $d_g \leq 8$ mm, klasy betonu co najmniej B20, o konsystencji plastycznej. Wypełnianie styku betonem powinno odbywać w sposób ciągły na całej wysokości stropu i najlepiej na całej długości styku. Jeżeli wypełnianie styku wykonywane jest war-

stwami, to kolejną warstwę betonu należy ułożyć przed upływem czasu początku wiązania cementu w betonie ułożonym wcześniej, tak by była zachowana zasada ciągłości betonowania. Tylko dokładnie wypełniony styk zapewnia właściwą współpracę poprzeczną płyt w przenoszeniu obciążeń liniowych i skupionych oraz zapobiega klawiszowaniu stropu.

9.2. Oparcie płyt na podporach

9.2.1 Wymagania podstawowe

Płyty sprężone SP można opierać na ścianach oraz na ryglach żelbetowych i stalowych. Niezbędną szerokość podpory powinna być ustalona z uwzględnieniem minimalnej głębokości oparcia płyt i minimalnej szerokości styku poprzecznego pomiędzy powierzchniami czołowymi płyt. Należy ponadto uwzględnić tolerancje wykonania płyt oraz dokładność tyczenia osi budynku i dokładność montażu konstrukcji.

Styk poprzeczny (wieniec) powinien mieć szerokość nie mniejszą niż 4 cm. Należy go wykonać z betonu klasy nie niższej niż B20.

Głębokość oparcia płyt na podporach nie powinna być generalnie mniejsza niż 10 cm. Głębokość oparcia na belkach (podciągach) stalowych nie powinna być mniejsza niż 8 cm.

W budynkach o konstrukcji szkieletowej, w których płyty mają zapewnioną swobodę obrotu na podporach, podane powyżej wartości traktować należy jako minimalne, natomiast w budynkach o konstrukcji ściennej uważać je należy za nominalne i nie należy ich zwiększać, gdyż przy głębokości oparcia większej niż nominalna stopień utwierdzenia płyt w ścianach będzie większy niż przyjęty przy obliczaniu dopuszczalnego nacisku ścian $N_{S0.lim}$ (pkt 6). Może to doprowadzić do przedwczesnego zarysowania górnej powierzchni płyt w strefie przypodporowej i przedwczesnego wyczerpania nośności na ścinanie.

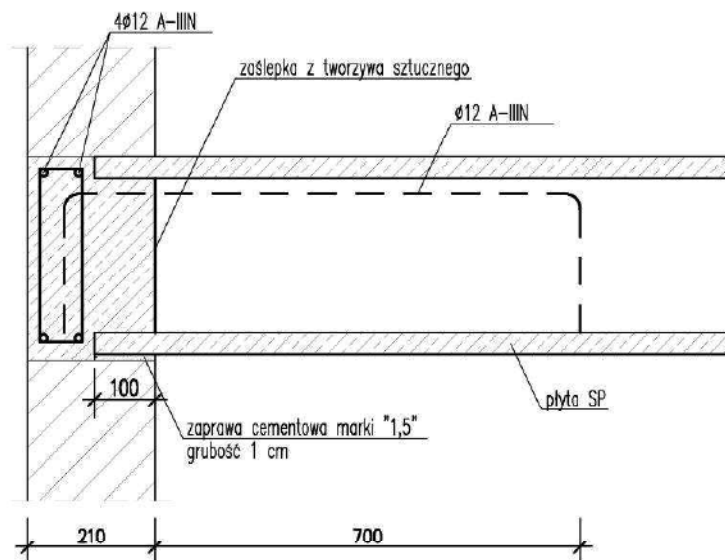
Płyty muszą być oparte równomiernie na całej długości krawędzi podporowych (po potrąceniu wycięć przypodporowych). Należy je układać na warstwie zaprawy cementowej o odpowiedniej wytrzymałości, co najmniej marki M5. Grubość warstwy zaprawy nie powinna być większa niż 1 cm. Zaleca się stosować w tym celu zaprawę o konsystencji plastycznej. Alternatywnie, w celu równomiernego rozłożenia nacisku płyt na podpory, stosować można ciągle podkładki (taśmy) z elastycznych materiałów dopuszczone dostosowania w budownictwie. Na belkach stalowych lub innych, o gładkiej i równej powierzchni wspornej, dopuszcza się bezpośrednie opieranie płyt.

Strop z płyt sprężonych SP musi być połączony konstrukcyjnie z podporami. W tym celu w każdym podłużnym styku płyt, przy podporach, umieszczać należy pręt o średnicy $\phi 12$ mm ze stali żebrowanej klasy A-II lub A-III, łączący strop z żelbetowym wieńcem. Pręt powinien mieć kształt klamry, z końcami odgiętymi w dół, w taki sposób by opierał się na dolnych wrębach bocznych powierzchni płyt.

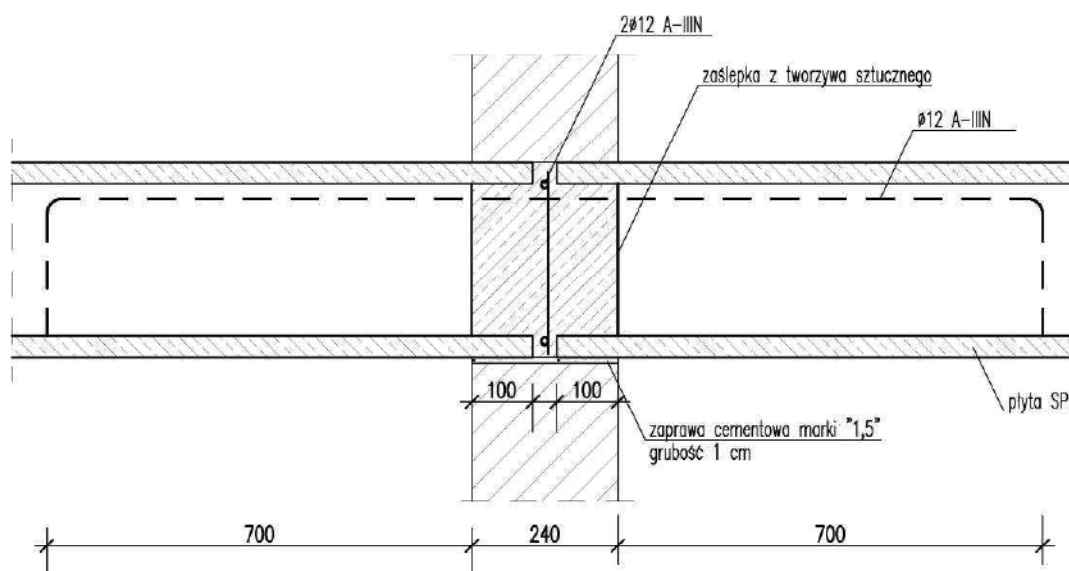
9.2.2. Oparcie na ścianach

Płyty sprężone SP można opierać na ścianach tylko wówczas, gdy spełnione są warunki podane w rozdziale 6.

Sposób skonstruowania węzła podporowego przedstawia rys. 9.1 i 9.2.



Rys. 9.1. Oparcie jednostronne płyt sprężonych SP na ścianach.



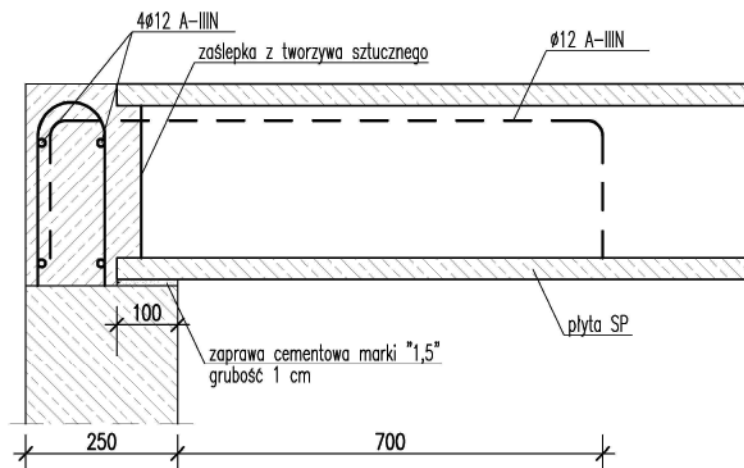
Rys. 9.2. Oparcie dwustronne płyt sprężonych SP na ścianach.

9.2.3. Oparcie na podciągach żelbetowych i stalowych

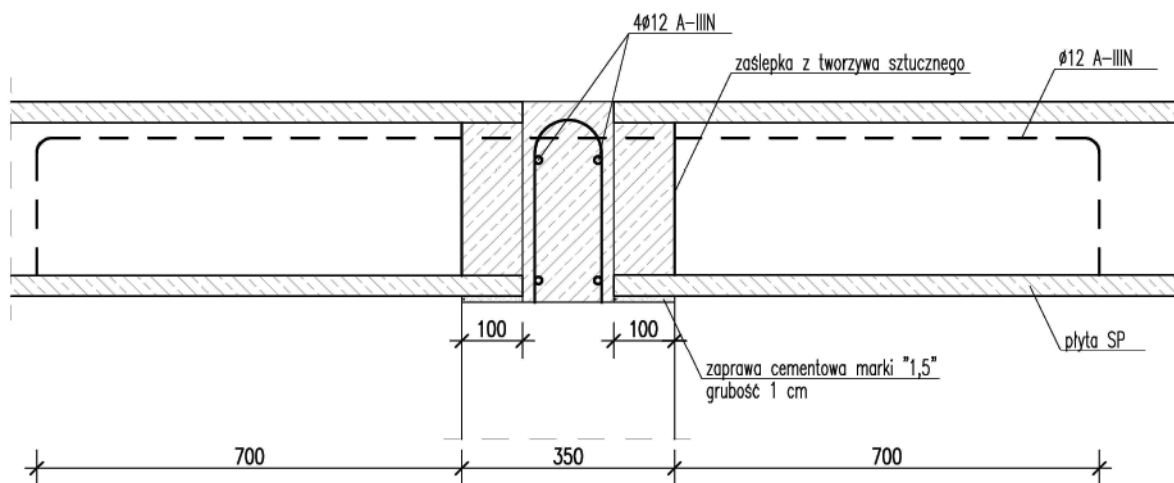
Ustroje szkieletowe są rodzajem konstrukcji, w którym płyty SP pracują optymalnie, ze względu na brak utwierdzenia na podporach.

Przykładową konstrukcję węzłów podporowych przy oparciu na ryglach podciągach żelbetowych i sprężonych przedstawiają rysunki 9.3, 9.4.

W każdym przypadku wieńiec stropowy może być niezależny (niewspółpracujący) lub też zespolony z dźwigarem głównym, współpracując z nim w przenoszeniu momentów zginających. W takim przypadku zespolenie wieńca z rygłem (podciągami) zaprojektować należy zgodnie z normą [7], przyjmując do obliczeń szerokość wieńca w świetle pomiędzy czołowymi powierzchniami płyt sprężonych SP.



Rys. 9.3. Oparcie jednostronne płyt sprężonych SP 32 na ryglach żelbetowych.



Rys. 9.4. Oparcie obu stron płyt sprężonych SP na ryglach żelbetowych.

9.3. Zasady zestawiania stropów z płyt sprężonych SP.

Ze względu na potrzebę stosowania w podłużnych stykach płyt prętów łączących strop z wieńcem, optymalnym jest taki układ elementów stropu, w którym w sąsiednich traktach budynku styki podłużne znajdują się naprzeciw siebie (w jednej linii). Można odstąpić od tej zasady wówczas, gdy na podporach wewnętrznych przewidziano wieńiec o szerokości co najmniej 15 cm, w którym istnieje możliwość zakotwienia prętów, w analogiczny sposób jak przy oparciu jednostronnym.

Płyty z wycięciami bocznymi (prześłowymi lub podporowymi) można łączyć w zestawy złożone z dwóch płyt w celu uzyskania większego otworu w stropie.

W budynkach o konstrukcji ścianowej należy ponadto przestrzegać ograniczeń podanych w pkt. 6.

10. Składowanie, transport i montaż płyt SP

10.1. Transport i składowanie

- Płyty strunobetonowe sprężonych SP mogą być podnoszone (na każdym etapie transportu) tylko za pomocą specjalnych uchwytów zaciskowych lub linowych zawiesi pętlowych (zalecane dla płyt długości powyżej 13,0 m).

- Maksymalna odległość końca zacisku lub liny do czoła płyt zbrojonych tylko dołem wynosi 50 cm. Przy podnoszeniu płyt zbrojonych dołem i górą (warianty z dodatkowymi splotkami w górnej strefie płyt sprężonych SP 32 i SP 33) uchwyty należy umieszczać symetrycznie względem środka długości płyty w rozstawie nie mniejszym niż 12,0 m.
- Jeżeli płyta posiada wycięcia przypodporowe wówczas uchwyty należy zaczepić poza strefą osłabienia tymi wycięciami.
- Uchwyty (lub liny) należy zaczepić do trawersy belkowej – o długości zależnej od długości transportowanej płyty – w sposób zapewniający pionowe ułożenie lin i poziome płyty. Niedopuszczalne jest podnoszenie płyt sprężonych SP na linach podczepionych ukośnie do powierzchni płyty
- W czasie transportu płyty przy pomocy uchwyty zaciskowego należy stosować dodatkowe zabezpieczenie przed wypadnięciem, poprzez zapięcie liny asekuracyjnej (łańcucha).
- Na placu składowym płyty sprężonych SP należy układać w stosach. Poszczególne warstwy należy oddzielać drewnianymi przekładkami wymiarach 120x5x5 cm umieszczonymi w odległości $20 \div 50$ cm od czoła płyty. Przekładki w kolejnych warstwach należy umieszczać jedną nad drugą.
- W jednym stosie mogą być układane płyty o tej samej nośności użytkowej i rozpiętości.
- Płyty sprężone SP mogą być transportowane samochodami o długości skrzyni ładunkowej nie krótszej niż długość elementu lub (oraz) transportem kolejowym.
- Płyty na środkach transportowych należy układać w stosach. Poszczególne stosy należy zabezpieczyć przed zsunieniem się z platformy środka transportu.
- Na czas transportu, poszczególne warstwy płyt w stosie należy oddzielać drewnianymi przekładkami o wymiarach 120 x 5 x 2,5 cm, rozmieszczonymi na zasadach analogicznych jak podczas składowania.
- Załadunek płyt o niestandardowych szerokościach odbywa się przy użyciu zawiesi pasowych.

10.2. Wykonywanie stropu z płyt sprężonych SP

- Płyty SP można opierać na ścianach oraz ryglach żelbetowych i stalowych. Minimalna szerokości podpory wynika z minimalnej głębokości oparcia płyt i minimalnej szerokości styłu poprzecznego pomiędzy powierzchniami czołowymi płyty. Głębokość oparcia płyt na podporach nie powinna być mniejsza niż 10 cm.
- W przypadku oparcia na belkach (podciągach) stalowych, nominalna głębokość oparcia wynosi 8 cm.
- W budynkach o konstrukcji szkieletowej, w których płyty mają zapewnioną swobodę obrotu na podporach, powyższe wartości należy traktować jako minimalne, natomiast w budynkach o konstrukcji ściennej – za nominalne i nie należy ich zwiększać.
- Płyty muszą być oparte równomiernie na całej swej szerokości. Należy je układać na warstwie zaprawy cementowej o odpowiedniej wytrzymałości, co najmniej marki M5. Grubość warstwy zaprawy nie powinna być większa niż 1 cm.

- Zaleca się stosować w tym celu zaprawę o konsystencji plastycznej. Alternatywnie można stosować ciągle podkładki (taśmy) z elastycznych materiałów dopuszczone do stosowania w budownictwie dla powyższego celu.
- Na belkach stalowych lub innych o gładkiej i równej powierzchni (np. zatartych na gładko prefabrykowanych belkach z betonu) dopuszcza się bezpośrednie opieranie płyt, bez warstwy zaprawy.
- Po ułożeniu płyt, przed wypełnieniem spoin i wieńców, należy wyrównać dolne powierzchnie prefabrykatów w środku ich rozpiętości.
- Styk poprzeczny (wieńiec) powinien mieć szerokość co najmniej 4 cm. Należy go wykonać z betonu klasy nie niższej niż B20.
- Styki podłużne między płytami należy wypełniać betonem i dobrze zawibrować. Beton do wypełniania styków powinien być drobnoziarnisty, o maksymalnym wymiarze ziaren kruszywa = 8 mm, klasy co najmniej B20 i konsystencji plastycznej. Wypełnianie styków powinno się odbywać w sposób ciągły na całej wysokości i długości. Dłuższe przerwy w betonowaniu są niedopuszczalne.
- W celu połączenia konstrukcyjnego stropu z płyt sprężonych SP z podporami należy w każdym podłużnym styku płyt, przy podporach, umieścić pręt o średnicy $\phi 12$ mm ze stali żebrowanej klasy A-II lub A-III, łączący strop z żelbetowym wieńcem. Pręt powinien mieć kształt klamry, z końcami odgiętymi w dół, w taki sposób by opierać się na dolnych wrębach bocznych powierzchni płyt.
- W przypadku występowania na dolnej powierzchni prefabrykatów przebarwień mineralnych lub (i) drobnych pęcherzyków powietrza (dopuszczalnych z uwagi na technologię wykonania) – w celu ujednolicenia faktury i koloru można zalecić szpachlowanie lub malowanie dolnej powierzchni płyt.

10.3 Warunki bezpiecznego montażu

- Prace montażowe należy prowadzić na podstawie dokumentacji projektowej, z zachowaniem warunków bezpieczeństwa, określonych ogólnymi przepisami BHP oraz warunków wynikających z przepisów szczegółowych.
- Brygada montażowa powinna zwracać uwagę na to, by:
 - montaż prefabrykatów odbywał się zgodnie z dokumentacją projektową, do montażu były stosowane urządzenia montażowe atestowane zgodnie z dokumentacją projektową.
 - wbudowywać należy tylko prefabrykaty zaopatrzone w atest producenta, będące w stanie technicznym nie budzącym żadnych wątpliwości (bez zarysowań, ubytków, itp.), zgodnie z przeznaczeniem określonym w dokumentacji projektowej.
- Prefabrykaty należy podnosić wyłącznie w pozycji poziomej. Płyty pełne za pomocą specjalnych szczęk i trawersy, a płyty „cięte” na atestowanych pasach i trawersą. Podnoszenie przy skośnym naciąganiu liny lub przesuwaniu przy pomocy obrotu wysięgnika jest niedopuszczalne.
- W czasie podnoszenia i przenoszenia prefabrykatów nikomu nie wolno znajdować się pod wysięgnikiem i zawieszonym elementem.
- W przypadku konieczności wykonywania robót montażowych przy świetle sztucznym powinno być zapewnione oświetlenie: miejsca pracy – min. 100 luksów, oraz miejsca pobierania elementów – min. 50 luksów.

- Prowadzenie montażu jest zabronione:
 - przy prędkości wiatru powyżej 10 m/s,
 - przy widoczności poniżej 30 m,
 - w czasie opadów atmosferycznych i śnieżyicy,
 - przy oblodzonych pomostach,
 - w temperaturze otoczenia poniżej -10°C .
- Montaż konstrukcji budynku powinien odbywać się w temperaturze otoczenia powyżej 0°C . W przypadku występowania temperatur niższych, dopuszcza się montaż przy zachowaniu specjalnych warunków, określonych w „Wytocznych wykonywania robót budowlano-montażowych w okresie obniżonych temperatur”, opracowanych przez Instytut Techniki Budowlanej.
- Przy montażu w okresie obniżonych temperatur należy dodatkowo przestrzegać następujących warunków:
 - oczyszczać ze śniegu i oblodzenia oraz posypywać piaskiem stanowiska pracy, przejścia oraz drogi ewakuacyjne,
 - odpowiednio ustawić i zabezpieczyć wszelkie urządzenia grzewcze,
 - wzmocnić nadzór nad robotami montażowymi.
- Wszyscy pracownicy są obowiązani do natychmiastowego zgłaszania bezpośredniemu przełożonemu dostrzeżonych wad konstrukcji, urządzeń itp. mogących zagrażać bezpieczeństwu konstrukcji lub pracowników.
- Bezpośrednio po montażu płyt stropowych powinno się zabezpieczyć wszelkie otwory za pomocą pokryw, przykrywających całą powierzchnię otworu, które mogą przenieść obciążenie człowieka z narzędziami.

11. Literatura

- [1] Ajdukiewicz A., Mames J.: Betonowe konstrukcje sprężone, Wydawnictwo Politechniki Śląskiej, Gliwice 2001
- [2] Ajdukiewicz A., Mames J.: Konstrukcje z betonu sprężonego, Wydawnictwo Polski Cement, Kraków 2004
- [3] Mianowski K., Sikora J.: Wybrane zagadnienia z dziedziny wytrzymałości stropów SP, ITB, Warszawa 1983
- [4] PN-EN 206-1:2003 Beton - Część 1. Wymagania, właściwości, produkcja i zgodność
- [5] PN-EN 1990:2004 Eurokod: Podstawy projektowania konstrukcji
- [6] PN-EN 1991-1-1:2004 Eurokod 1: Oddziaływania na konstrukcje - Część 1-1: Oddziaływania ogólne - Ciężar objętościowy, ciężar własny, obciążenia użytkowe w budynkach
- [7] PN-EN 1992-1-1:2008 Eurokod 2: Projektowanie konstrukcji z betonu - Część 1-1: Reguły ogólne i reguły dla budynków
- [8] PN-EN 1992-1-2:2008 Eurokod 2: Projektowanie konstrukcji z betonu - Część 1-2: Reguły ogólne - Projektowanie z uwagi na warunki pożarowe
- [9] PN-EN 13369:2005 Wspólne wymagania dla prefabrykatów z betonu.

- [10] PN-EN 1168+A1:2009 Prefabrykaty z betonu - Płyty kanałowe
- [11] Instrukcja ITB nr 221: Wytyczne oceny odporności ogniowej elementów konstrukcji budowlanych
- [12] Projekt techniczny strunobetonowych płyt stropowych SP 32, GJG Architektura i Budownictwo, Pracownia Projektowa s.c. Zielona Góra, grudzień 2011 rok

ZAŁĄCZNIK Nr 1 - Ocena akustyczna stropów sprężonych SP
(opracował: dr inż. Gerard Brzózka –rzeczoznawca ds. hałasu i drgań)

1. Wprowadzenie.

Niniejszy punkt opracowania dotyczy - wcześniej szczegółowo charakteryzowanych - płyt kanałowych SP 20, SP 25, SP 26,5, SP 27,5, SP 32 oraz SP 33. Obejmują one oszacowanie prognozowanych wartości wskaźników izolacyjności akustycznej tych płyt.

Praktycznie brak jest znormalizowanych metod szacowania wskaźników oceny izolacyjności akustycznej dla niejednorodnych struktur przegród budowlanych - jakie stanowią płyty kanałowe. Możliwe jest jedynie prognozowanie wartości tych wskaźników na podstawie porównania z podobnymi strukturami, dla których znane są wyniki badań empirycznych. Taka metoda oszacowania zostanie zastosowana poniżej.

Zgodnie z normą PN-EN ISO 717-1:1999 do oceny izolacyjności od dźwięków powietrznych stosuje się następujące rodzaje jednolicebowych wskaźników oceny:

- wskaźnik ważony oznaczany symbolem R_w (wskaźnik ważony izolacyjności akustycznej właściwej),
- dwa uzupełniające widmowe wskaźniki adaptacyjne C i C_{tr} , których zadaniem jest wskazanie na zdolność przegrody budowlanej lub jej elementu do izolowania hałasów o widmie płaskim w funkcji częstotliwości (wskaźnik adaptacyjny C) oraz wskaźnik o widmie niskoczęstotliwościowym (wskaźnik adaptacyjny C_{tr}).

Sposób zapisu izolacyjności od dźwięków powietrznych przegrody budowlanej lub jej elementu za pomocą powyższych wskaźników jest następujący:

$$R_w(C, C_{tr})$$

Przy projektowaniu i ocenie izolacyjności akustycznej konkretnych rozwiązań konstrukcyjnych wykorzystuje się wartości sum wskaźnika ważonego i (odpowiedniego do zakresu stosowania danego rozwiązania) jednego z dwóch wskaźników adaptacyjnych, oznaczając je odpowiednio symbolami:

$$R_{A1} = R_w + C$$

$$R_{A2} = R_w + C_{tr}$$

Utworzone w ten sposób wskaźniki noszą nazwę wskaźników oceny izolacyjności akustycznej właściwej R_{A1} , R_{A2} .

2. Metodyka oszacowania.

Do przeprowadzenia oszacowań wykorzystany zostanie empiryczny model matematyczny uzyskany w badaniach płyt kanałowych „żerańskich” [B. Szudrowicz - Podstawy kształtowania izolacyjności akustycznej pomieszczeń w budynkach mieszkalnych - ITB W-wa 1992]. Model ten bazuje na zależności od masy powierzchniowej przegrody M [kg/m²]:

$$R_w = 19,6 \cdot \lg_{10} M + 4,8$$

Weryfikacja tego modelu, na kilku przykładach przebadanych laboratoryjnie różnych rozwiązań płyt kanałowych, daje zgodność z wynikami pomiaru z dokładnością ± 1 [dB].

W wszystkich tych rozwiązaniach wartości $C = -2$ [dB], a $C_{tr} = -(4 \div 6)$ [dB]. To rozpoznanie pozwala na przyjęcie w poniższych prognozach bezpiecznych wartości wskaźników adaptacyjnych - odpowiednio: $C = -2$ [dB], a $C_{tr} = -6$ [dB].

3. Prognozowane wartości.

Prognozowane - przy wykorzystaniu przedstawionej powyżej metodyki - wartości wskaźników oceny izolacyjności akustycznej dla analizowanych płyt kanałowych zestawiono w poniższej tabeli.

Zestawienie prognozowanych obliczonych wartości wskaźników oceny izolacyjności akustycznej płyt kanałowych

L.p.	Oznaczenie analizowanej płyty kanałowej	Parametry techniczne płyt		Wartość obliczeniowa R_w	Prognozowane wartości wskaźników oceny izolacyjności akustycznej				
		Grubość	Masa powierzchniowa	$R_{w,obl}$	R_w	C	C_{tr}	R_{A1}	R_{A2}
		[mm]	[kg/m ²]	[dB]	[dB]	[dB]	[dB]	[dB]	[dB]
1	SP 20	200	285	52,9	53,0 ±1	-2	-6	51 ±1	47 ±1
2	SP 25	250	312	53,7	54,0 ±1	-2	-6	52 ±1	48 ±1
3	SP 26,5	265	364	55,0	55,0 ±1	-2	-6	53 ±1	49 ±1
4	SP 27,5	275	371	55,2	55,0 ±1	-2	-6	53 ±1	49 ±1
5	SP 32	320	372	55,2	55,0 ±1	-2	-6	53 ±1	49 ±1
6	SP 33	330	396	55,7	56,0 ±1	-2	-6	54 ±1	50 ±1