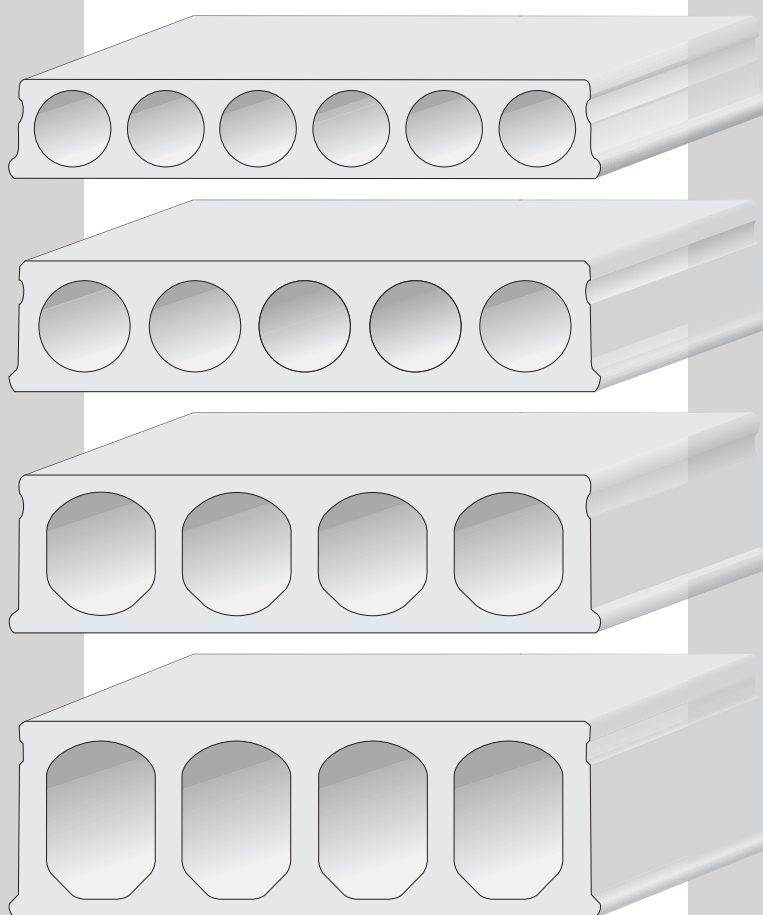


Strunobetonowe płyty stropowe kanałowe HC

Poradnik Projektanta



CONSOLIS

SWOBODA KONSTRUKCJI

Strunobetonowe płyty stropowe kanałowe HC

Poradnik Projektanta

SPIS TREŚCI

1. Opis ogólny płyt HC	5
2. Zastosowanie płyt HC	5
3. Materiały	5
4. Wymiary	6
4.1. Płyty HC-200	6
4.2. Płyty HC-265	6
4.3. Płyty HC-320	6
4.4. Płyty HC-400	7
4.5. Płyty HC-500	7
5. Zbrojenie	8
6. Tolerancje wymiarów	8
7. Obliczenia, wymiarowanie, nośności	9
7.1. Ogólne zasady obliczeń	9
7.2. Założenia do obliczeń	9
7.3. Stany graniczne nośności	9
7.4. Wymagania użytkowe	9
7.5. Wykresy obciążeń	10
7.5.1. Płyty HC-200	10
7.5.2. Płyty HC-265	12
7.5.3. Płyty HC-320	14
7.5.4. Płyty HC-400	16
7.5.5. Płyty HC-500	18
8. Otwory i wycięcia	20
8.1. Otwory	20
8.2. Wycięcia	21
8.3. Ograniczenie wielkości wycięć ze względu na obciążenia podczas montażu i podnoszenia	22
9. Zasady obliczania płyt z wycięciami i obciążonych nierównomiernie	23
9.1. Dystrybucja obciążenia spowodowana wycięciem otworów w płytach	23
9.2. Otwory z zastosowaniem krótszej płyty	24
9.2.1. Wymian stalowy	24
9.2.2. Wymian żelbetowy	26
10. OBCIĄŻENIA LINIOWE I SKUPIONE	27
10.1. Obciążenie liniowe	27
10.2. Obciążenia punktowe	28
10.3. Obciążenie podwieszane skupione	29
11. Oparcia	30
12. Płyty niestandardowe	30
12.1. Płyty cięte ukośnie	30
12.2. Płyty cięte wzdłużnie	30
13. Działanie usztywniające	31
13.1. Wymiarowanie na rozciąganie wywołane zginaniem	31
13.2. Wymiarowanie na naprężenia ścinające	32
14. Właściwości akustyczne i odporność ogniowa oraz izolacyjność cieplna płyt kanałowych HC	33
14.1. Izolacyjność akustyczna płyt HC	33
14.2. Ogniodporność płyt HC	33
14.3. Izolacyjność cieplna płyt HC	34
15. Montaż, podnoszenie, składowanie i transport płyt HC	35
15.1. Składowanie na placu budowy	35
15.2. Podstawowe zasady montażu płyt HC	35
DETALE KONSTRUKCYJNE	39-48

1. OPIS OGÓLNY PŁYT HC

Płyty HC są to strunobetonowe, kanałowe płyty stropowe o stałej wysokości i szerokości, produkowane metodą wibroprasowania w formie ślizgowej na długim torze. Nominalna szerokość płyt wynosi 1200 mm. Krawędzie płyt są profilowane w celu zapewnienia odpowiedniego przenoszenia sił ścinających pomiędzy przyległymi płytami. Płyty są produkowane w pięciu wysokościach: 200, 265, 320, 400 i 500 mm.

Płyty mogą mieć następujące maksymalne rozpiętości:

- HC-200 do 10,0 m
- HC-265 do 13,0 m
- HC-320 do 16,0 m
- HC-400 do 18,0 m
- HC-500 do 21,0 m

Rozpiętość płyt może być dowolna w podanych wyżej zakresach.

2. ZASTOSOWANIE PŁYT HC

Płyty HC należy stosować przede wszystkim w budynkach szkieletowych o konstrukcji żelbetowej lub stalowej, gdzie zachowany jest podstawowy schemat statyczny płyty jako belki swobodnie podpartej. Zalecane zastosowanie płyt HC podane jest w tabeli nr 1.

Tab. 1. Zalecane zastosowanie płyt HC

Typ płyty	Maksymalna rozpiętość płyty	Rodzaj budynku					
		mieszkalne	biurowe	użyteczności publicznej	magazynowe	przemysłowe	handlowo-usługowe
HC-200	10,0 m	X	X				
HC-265	13,0 m	X	X	X			
HC-320	16,0 m		X	X	X	X	X
HC-400	18,0 m				X	X	X
HC-500	21,0 m				X	X	X

Płyty HC można stosować także w układach ściennych jako wolnopodparte lub częściowo zamocowane, pod warunkiem zapewnienia braku zarysowania górnej strefy przekroju przypodporowego pod wpływem momentu ujemnego.

Przyjęte w płytach HC grubości otulenia cięgien sprężających określają dopuszczalny zakres ich stosowania ze względu na trwałość stropów i odporność ogniową. Mogą one być stosowane w środowisku odpowiadającym klasie ekspozycji X0, XC1-XC4 wg PN-EN 206-1:2003 i PN-EN 1992-1-1:2005. W wyższych klasach środowiska stosowanie płyt HC jest dopuszczalne pod warunkiem spełnienia wymagań, jakie stawiane są konstrukcjom strunobetonowym przez normę.

W budynkach lokalizowanych na terenach szkód górniczych oraz na terenach, na których mogą wystąpić nierównomierne osiadania podpór lub inne ruchy podłoża wywołujące w płytach siły rozciągające, możliwość zastosowania płyt HC należy rozważyć indywidualnie.

3. MATERIAŁY

Strunobetonowe płyty HC wykonywane są z betonu klasy C40/50 lub C50/60. Do sprężania używa się splotów siedmiodrutowych (Y1860S7-Ø12,5).

Sploty Y1860S7-Ø12,5 mm posiadają następujące właściwości:

- pole przekroju poprzecznego splotu: $A_{p1} = 93,0 \text{ mm}^2$,
- charakterystyczna siła zrywająca splot: $F_{pk} = 173,0 \text{ kN}$,
- obliczeniowa siła zrywająca splot: $F_{pd} = 0,9 \cdot F_{pk} / \gamma_s = 0,9 \cdot 173,0 / 1,15 = 135,4 \text{ kN}$,
- moduł sprężystości: $E_p = 195000 \text{ MPa}$,
- odkształcenie charakterystyczne odpowiadające sile F_{pk} : $\epsilon_{uk} = 3,5 \%$.

4. WYMIARY

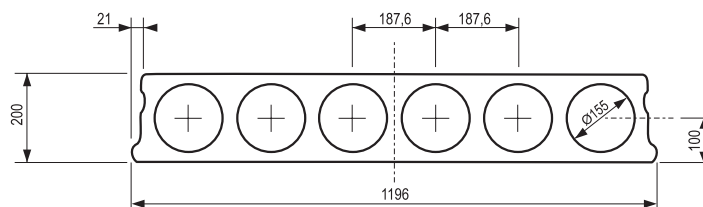
Betonowy przekrój poprzeczny płyt strunobetonowych HC ma szerokość modułową 1200 mm. Boczne powierzchnie płyt ukształtowane są w postaci podłużnych wrębów, co zapewnia sąsiadującym płytom właściwą współpracę poprzeczną po wypełnieniu na budowie styków betonem oraz zabezpiecza przed klawiszowaniem płyt w okresie użytkowania.

4.1. Płyty HC-200

Płyty kanałowe typu HC-200 mają wysokość nominalną 200 mm, rysunek 1.

Płyty HC-200 posiadają 6 podłużnych kanałów o przekroju kołowym średnicy 155 mm. Kanały umieszczone są centralnie na wysokości przekroju. Wynikająca stąd grubość półki dolnej i górnej płyt wynosi 22,5 mm. Na szerokości przekroju kanały rozmieszczone są równomiernie co 187,6 mm.

Masa 1 m² płyty HC-200 wynosi 245 kg/m², masa 1 m² stropu z wypełnionymi spoinami 260 kg/m².



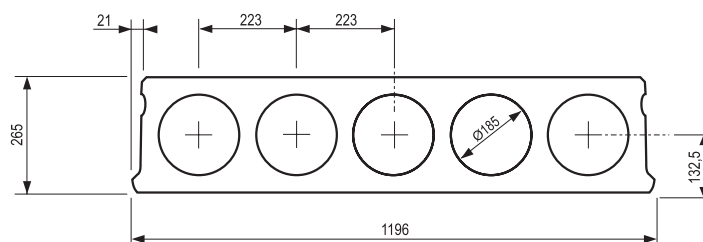
Rys. 1. Przekrój poprzeczny płyty HC-200

4.2. Płyty HC-265

Płyty kanałowe typu HC-265 mają wysokość nominalną 265 mm, rysunek 2.

Płyty HC-265 posiadają 5 podłużnych kanałów o przekroju kołowym średnicy 185 mm. Kanały umieszczone są centralnie na wysokości przekroju. Wynikająca stąd grubość półki dolnej i górnej płyt wynosi 40 mm. Na szerokości przekroju kanały rozmieszczone są równomiernie co 223 mm.

Masa 1 m² płyty HC-265 wynosi 360 kg/m², masa 1 m² stropu z wypełnionymi spoinami 380 kg/m².



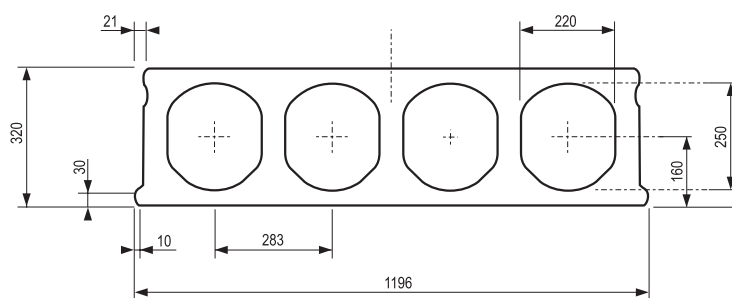
Rys. 2. Przekrój poprzeczny płyty HC-265

4.3. Płyty HC-320

Płyty kanałowe typu HC-320 mają wysokość nominalną 320 mm, rysunek 3.

Płyty HC-320 posiadają 4 podłużne kanały o przekroju owalnym o szerokości 220 mm i 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 co 283 mm.

Masa 1 m² płyty HC-320 wynosi 395 kg/m², masa 1 m² stropu z wypełnionymi spoinami 420 kg/m².



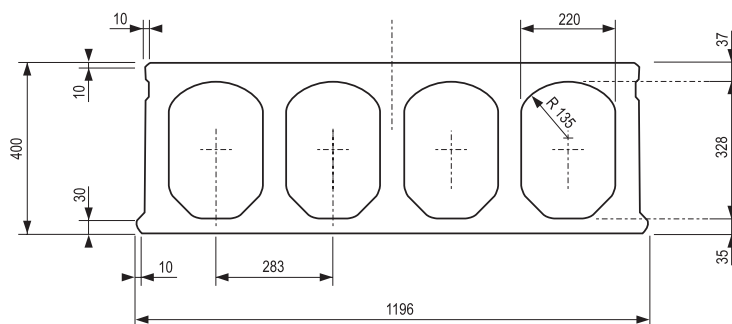
Rys. 3. Przekrój poprzeczny płyty HC-320

4.4. Płyty HC-400

Płyty kanałowe typu HC-400 mają wysokość nominalną 400 mm, rysunek. 4.

Płyty HC-400 posiadają 4 podłużne kanały o przekroju owalnym o szerokości 220 mm i wysokości 328 mm. Grubość półki dolnej płyt wynosi 35 mm, a górnej – 37 mm. Na szerokości przekroju kanały rozmieszczone są równomiernie co 283 mm.

Masa 1m² płyty HC-400 wynosi 450 kg/m², masa 1m² stropu z wypełnionymi spoinami 480 kg/m².



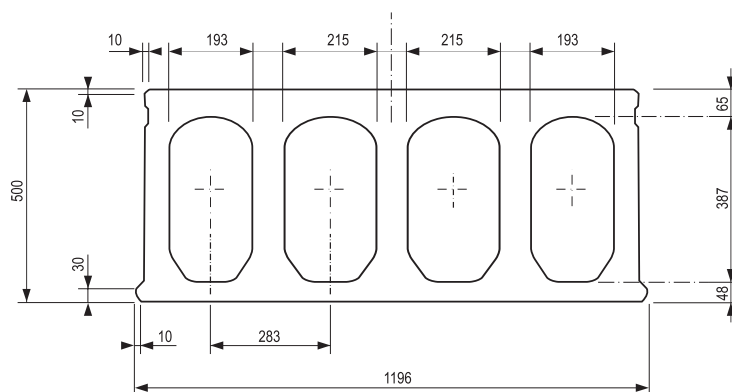
Rys. 4. Przekrój poprzeczny płyty HC-400

4.5. Płyty HC-500

Płyty kanałowe typu HC-500 mają wysokość nominalną 500 mm, rysunek. 5.

Płyty HC-500 posiadają 4 podłużne kanały o przekroju owalnym o szerokościach 215 mm i 193 mm oraz wysokości 387 mm. Grubość półki dolnej płyt wynosi 48 mm a górnej – 65 mm.

Masa 1m² płyty HC-500 wynosi 630 kg/m², masa 1m² stropu z wypełnionymi spoinami 670 kg/m².



Rys. 5. Przekrój poprzeczny płyty HC-500

5. ZBROJENIE

W tabeli nr 2 podano standardowe warianty zbrojenia dołem płyt HC-200, HC-265, HC-320, HC-400 i HC-500.

Tab. 2. Standardowe warianty zbrojenia płyt HC.

Typ płyty				
HC-200	HC-265	HC-320	HC-400	HC-500
5 \varnothing 12,5	4 \varnothing 12,5	5 \varnothing 12,5	7 \varnothing 12,5	9 \varnothing 12,5
7 \varnothing 12,5	6 \varnothing 12,5	7 \varnothing 12,5	9 \varnothing 12,5	13 \varnothing 12,5
	8 \varnothing 12,5	9 \varnothing 12,5	11 \varnothing 12,5	16 \varnothing 12,5
	10 \varnothing 12,5	11 \varnothing 12,5	13 \varnothing 12,5	19 \varnothing 12,5
	12 \varnothing 12,5	14 \varnothing 12,5	16 \varnothing 12,5	21 \varnothing 12,5

W płytach HC-200 struny są układane w jednym rzędzie, nominalna odległość osiowa od spodu płyty jest stała i wynosi 35 mm. W pozostałych typach płyt struny są układane w jednym lub dwóch rzędach, nominalna odległość osiowa dolnego rzędu strun od spodu płyty może wynosić 35, 45 lub 55 mm w zależności od wymagań odporności ogniowej i warunków środowiska.

Uwaga: w szczególnych przypadkach, np. dla płyt ze wspornikami, można stosować górne struny. W celu określenia możliwości zastosowania i nośności płyt z tym wariantem zbrojenia prosimy o kontakt z Działem Projektowania firmy Consolis Polska.

6. TOLERANCJE WYMIARÓW

Dopuszczalne odchyłki głównych wymiarów płyt HC w stosunku do wymiarów nominalnych nie przekraczają podanych niżej wartości w milimetrach:

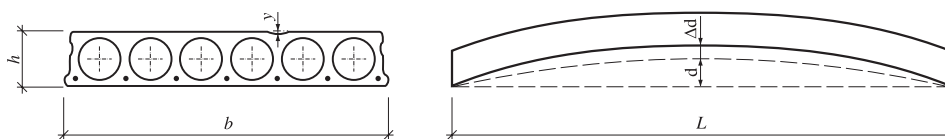
- całkowita grubość płyty: ± 10 dla HC-200, ± 15 dla pozostałych;
- szerokość płyty: ± 5 dla płyt o pełnej szerokości, ± 25 dla płyt ciętych na szerokości;
- długość płyty: ± 25 ;
- grubość żeber: -5 , $+10$ dla pojedynczego żebra, ± 20 dla sumy żeber w jednej płycie;
- grubość półek: -10 , $+15$.

Odchyłki położenia cięgien sprężających w płytach HC względem położenia nominalnego nie przekraczają następujących wartości w milimetrach:

- w kierunku pionowym: ± 5 ,
- w kierunku poziomym: ± 5 ,

Pozostałe tolerancje wymiarowe płyt:

- płaskość płyty γ (rys. 6): 8;



Rys. 6. Tolerancja wymiarów w powierzchni płyty

- wstępna strzałka ugięcia w stosunku do wartości obliczonej Δd (rys. 6): ± 20 ;
- d_i – obliczona strzałka ugięcia,
- Δd_i – odchyłka od wartości obliczonej;
- położenie otworów: ± 15 ;
- wymiar otworów:
 - 0, $+50$ przy otworach wykonywanych w świeżym betonie,
 - 0, $+30$ przy otworach wykonywanych w stwardniałym betonie.

7. OBLICZENIA, WYMIAROWANIE, NOŚNOŚCI

7.1. Ogólne zasady obliczeń

Za podstawę obliczeń wytrzymałościowych płyt HC przyjęto wymagania norm: PN-EN 1992-1-1:2005, PN-EN 1992-1-2:2005 oraz PN-EN 1168:2007. Współczynniki oraz kombinacje obciążeń przyjęto wg zaleceń normy PN-EN 1990:2004. Wszystkie te normy są już w pełni zgodne z system Norm Europejskich (tzw. Eurokodów), które od roku 2010 zastępują normy narodowe. Płyty HC produkowane przez firmę Consolis posiadają będą certyfikat umożliwiający ich oznakowanie CE, co wymaga, aby elementy były projektowane i wykonywane zgodnie z zaleceniami Norm Europejskich.

Jako podstawowe kryterium określenia dopuszczalnego (charakterystycznego) obciążenia zewnętrznego p_k [kN/m²] płyt HC zakładać należy nieprzekroczenie (spełnienie) stanów granicznych nośności (zginanie i ścinanie) oraz stanów granicznych użyteczności (ugięcie, zarysowanie) przyjętych przez normę.

7.2. Założenia do obliczeń

Do sporządzenia nomogramów przyjęto podane niżej wartości współczynników bezpieczeństwa oraz założenia dotyczące części długotrwałej obciążeń, wstępnych naprężeń strun. W konkretnych przypadkach założenia do projektu mogą się różnić od przyjętych do obliczeń, dlatego zaleca się, **aby ostateczny dobór płyt był wykonywany lub sprawdzany przez Dział Projektowania firmy Consolis.**

Założenia przyjęte przy wykonywaniu obliczeń:

- Wstępne naprężenie strun 1100 MPa.
- Współczynnik obciążenia dla ciężaru własnego i obciążeń stałych $\gamma_{fg} = 1,35$
- Współczynnik obciążenia dla obciążeń zmiennych $\gamma_{fq} = 1,5$
- Obciążenia stałe stanowią 40% dopuszczalnego obciążenia ($g/(g+q) = 0,4$)
- Część długotrwała (quasi-stała) obciążeń zmiennych wynosi 60% ($\psi_{2q} = 0,6$).
- Płyty używane w środowisku odpowiadającym klasie ekspozycji XC1
- Odporność ogniowa REI60

7.3. Stany graniczne nośności

W stanach granicznych nośności należy sprawdzić warunki nośności dla zginania:

$$M_d < M_{Rd}$$

oraz ścinania:

$$V_d < V_{Rd}$$

Nośność na ścinanie jest obliczana dla elementu bez zbrojenia poprzecznego na ścinanie

Ilości strun oraz wstępne naprężenia są dobrane tak, aby naprężenia rozłupujące od sprężenia nie powodowały rys poziomych od czoła płyty.

7.4. Wymagania użytkowe

Limitowane wartości ugięć a_{lim} płyt stropowych HC, spowodowane działaniem obciążeń długotrwałych, ograniczać należy do wartości podanych poniżej:

$$\text{dla } l_{eff} \leq 6,0 \text{ m } \quad a_{lim} = l_{eff}/200$$

$$\text{dla } 6,0 < l_{eff} < 7,5 \text{ m } \quad a_{lim} = 30 \text{ mm}$$

$$\text{dla } l_{eff} \geq 7,5 \text{ m } \quad a_{lim} = l_{eff}/250$$

Dopuszczalną szerokość rozwarcia rys prostokątnych w_{lim} w płytach HC w środowisku w środowisku odpowiadającym klasie ekspozycji X0 lub XC1, norma ogranicza do: $w_{lim} = 0,2 \text{ mm}$.

W klasach środowiska XC2, XC3, XC4 należy dodatkowo spełnić warunek braku naprężeń długotrwałych dla długotrwałej (quasi-stałej) kombinacji obciążeń.

W wyższych klasach środowiska naprężenia rozciągające w przekroju nie mogą wystąpić przy charakterystycznej kombinacji obciążeń, należy spełnić również wymogi dotyczące otuliny zbrojenia i jakości betonu.

Wobec braku zbrojenia poprzecznego w płytach HC pojawienie się rys ukośnych uznać należy za niedopuszczalne, co wynika bezpośrednio ze sposobu określania nośności obliczeniowej na ścinanie.

W stadium początkowym przy minimalnym obciążeniu niedopuszczalne jest pojawienie się rys prostopadłych w górnej strefie przekroju płyt.

7.5. Wykresy obciążeń

Poniżej przedstawiono dla różnych typów zbrojenia i rozpiętości l_{eff} dopuszczalne (charakterystyczne) obciążenie zewnętrzne płyt p_k [kN/m²]. Założono przy tym swobodne podparcie płyt HC na podporach. Jeśli dopuszczalne (charakterystyczne) obciążenie p_k wynikało ze spełnienia warunku stanu granicznego nośności na zginanie lub ścinanie, to określono je poprzez podzielenie wartości obliczeniowej p_o przez średni współczynnik obciążenia.

Wartości dopuszczalnego obciążenia płyt HC 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 tablicach jest niedopuszczalna.**

Możliwe jest wykonywanie i stosowanie płyt o parametrach wykraczających poza przedstawione nomogramy, np.: płyty ze zbrojeniem górnym, z nadbetonem konstrukcyjnym lub zaprojektowane dla wyższej odporności ogniowej. W takich przypadkach konieczne jest wykonanie indywidualnych obliczeń, pomocą służy DZIAŁ PROJEKTOWANIA firmy CONSOLIS Polska.

7.5.1. Płyty HC-200

Tab. 3. Podstawowe wyniki obliczeń wytrzymałości płyt HC-200

Oznaczenie typu zbrojenia	P_o	M_{cr}	M_{dec}	M_{Rd}	V_{Rd}
	kN	kNm	kNm	kNm	kN
5Ø12,5	511	67	42	101	55
7Ø12,5	716	80	56	136	56

P_o – początkowa siła sprężająca
 M_{cr} – moment rysujący dla dolnej krawędzi przekroju
 M_{dec} – moment zginający wywołujący dekompresję we włóknach betonu oddalonych o 25 mm od powierzchni cięgien
 M_{Rd} – obliczeniowa nośność przekroju na zginanie
 V_{Rd} – obliczeniowa nośność przekroju na ścinanie obliczona z kryterium wytrzymałości betonu na rozciąganie

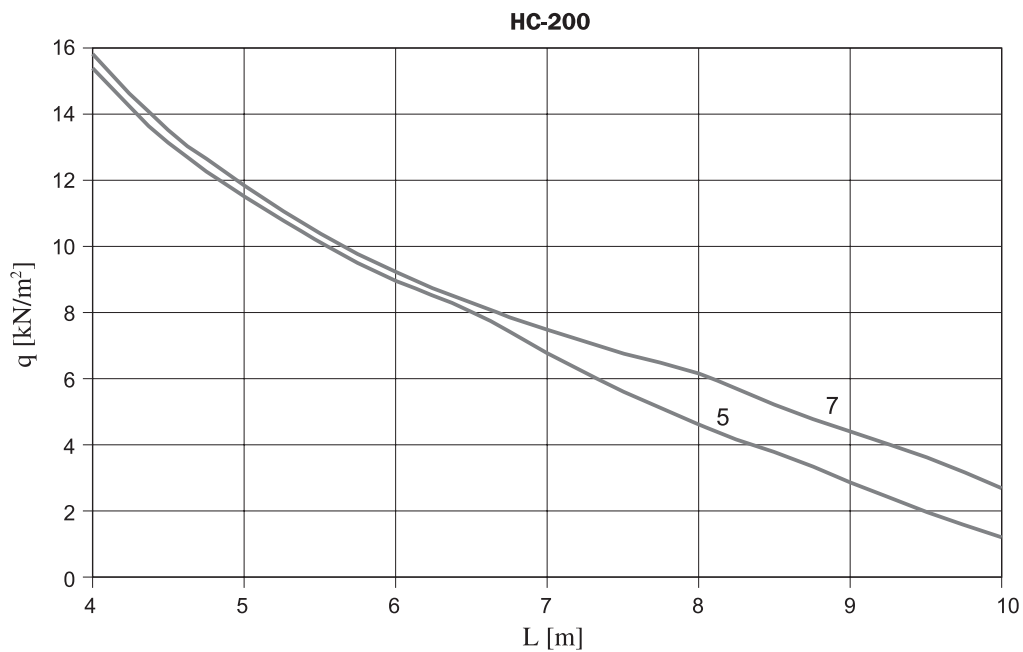
Dopuszczalne obciążenie zewnętrzne płyt HC200 zostało wyznaczone na podstawie obliczeń przeprowadzonych przy następujących założeniach:

- Współczynnik obciążenia dla ciężaru własnego i obciążeń stałych $\gamma_{fg} = 1,35$;
- Współczynnik obciążenia dla obciążeń zmiennych $\gamma_{fq} = 1,5$;
- Obciążenia stałe stanowią 40% dopuszczalnego obciążenia ($g/(g+q) = 0,4$);
- Część długotrwała (quasi-stała) obciążeń zmiennych wynosi 60% ($\psi_{2q} = 0,6$);
- Płyty użytkowane w środowisku odpowiadającym klasie ekspozycji XC1;
- Odporność ogniowa REI60.

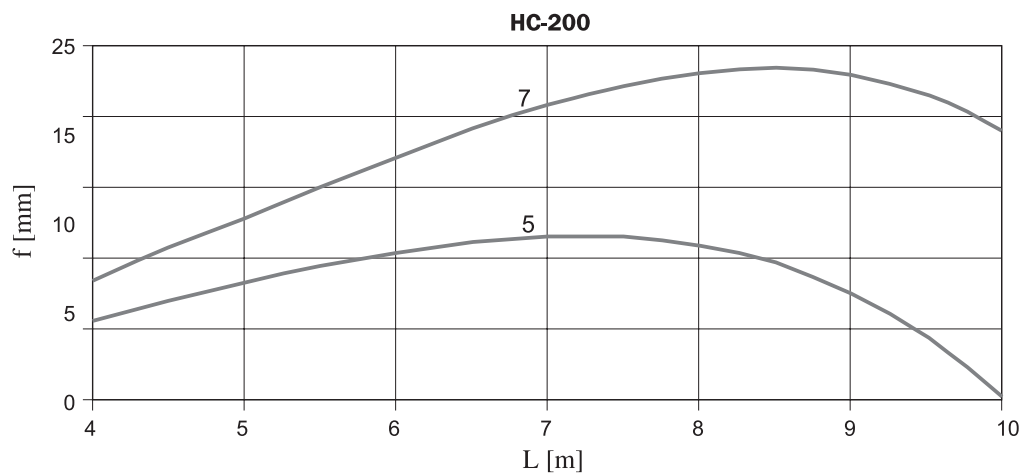
W przypadku innych założeń do projektu, np. przy zastosowaniu mniejszych współczynników obciążeń wg Polskich Norm, dopuszczalne obciążenia dla płyt mogą być większe niż pokazane w tabelach. W konkretnych przypadkach prosimy o kontakt z Działem Projektowania firmy Consolis.

Tab. 4. Dopuszczalne, charakterystyczne obciążenia zewnętrzne p_k [kN/m²] płyt HC-200

L_{eff} [m]	5Ø12,5	7Ø12,5
4	15,2	15,7
4,5	13,0	13,4
5	11,4	11,7
5,5	10,0	10,3
6	8,9	9,2
6,5	8,0	8,2
7	6,8	7,4
7,5	5,6	6,7
8	4,6	6,1
8,5	3,8	5,2
9	2,8	4,4
9,5	1,9	3,6
10	1,2	2,7



Rys. 7. Dopuszczalne, charakterystyczne obciążenia zewnętrzne p_k [kN/m²] płyt HC-200.



Rys. 8. Wstępne wygięcie płyty HC-200 – strzałka odwrotna po 28 dniach od wyprodukowania.

7.5.2. Płyty HC-265

Tab. 5. Podstawowe wyniki obliczeń wytrzymałości płyt HC-265

Oznaczenie typu zbrojenia	P_o	M_{cr}	M_{dec}	M_{Rd}	V_{Rd}
	kN	kNm	kNm	kNm	kN
4Ø12,5	409	91	51	116	75
6Ø12,5	674	113	74	171	78
8Ø12,5	818	133	93	224	81
10Ø12,5	1023	149	110	274	84
12Ø12,5	1228	172	126	320	93

P_o – początkowa siła sprężająca
 M_{cr} – moment rysujący dla dolnej krawędzi przekroju
 M_{dec} – moment zginający wywołujący dekompresję we włóknach betonu oddalonych o 25 mm od powierzchni cięgien
 M_{Rd} – obliczeniowa nośność przekroju na zginanie
 V_{Rd} – obliczeniowa nośność przekroju na ścinanie obliczona z kryterium wytrzymałości betonu na rozciąganie

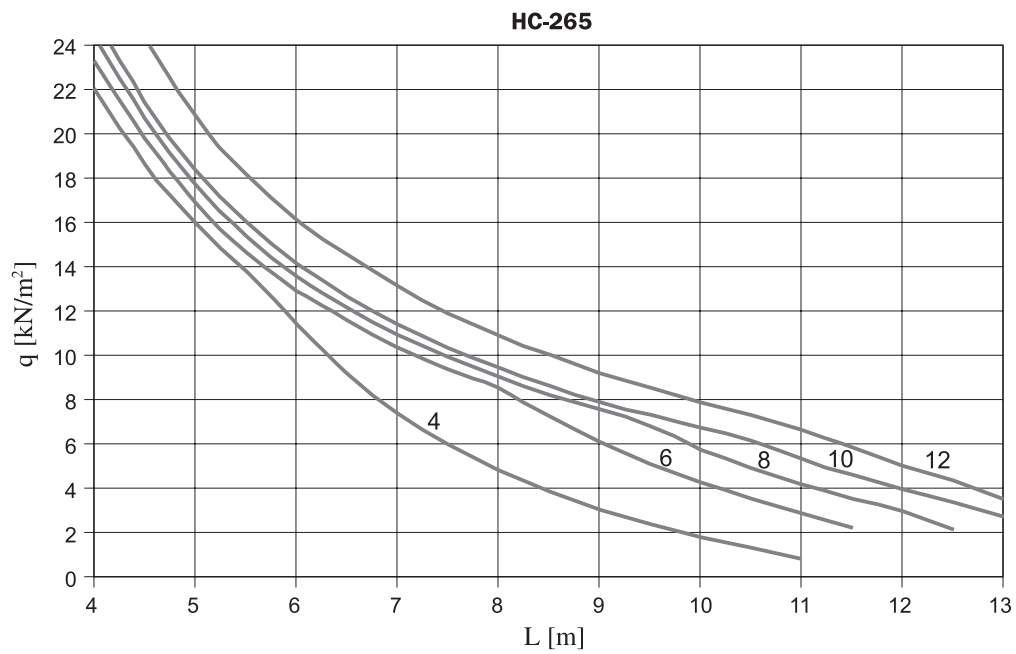
Dopuszczalne obciążenie zewnętrzne płyt HC265 zostało wyznaczone na podstawie obliczeń przeprowadzonych przy następujących założeniach:

- Współczynnik obciążenia dla ciężaru własnego i obciążeń stałych $\gamma_{fg} = 1,35$;
- Współczynnik obciążenia dla obciążeń zmiennych $\gamma_{fq} = 1,5$;
- Obciążenia stałe stanowią 40% dopuszczalnego obciążenia ($g/(g+q) = 0,4$);
- Część długotrwała (quasi-stała) obciążeń zmiennych wynosi 60% ($\psi_{2q} = 0,6$);
- Płyty użytkowane w środowisku odpowiadającym klasie ekspozycji XC1;
- Odporność ogniowa REI60.

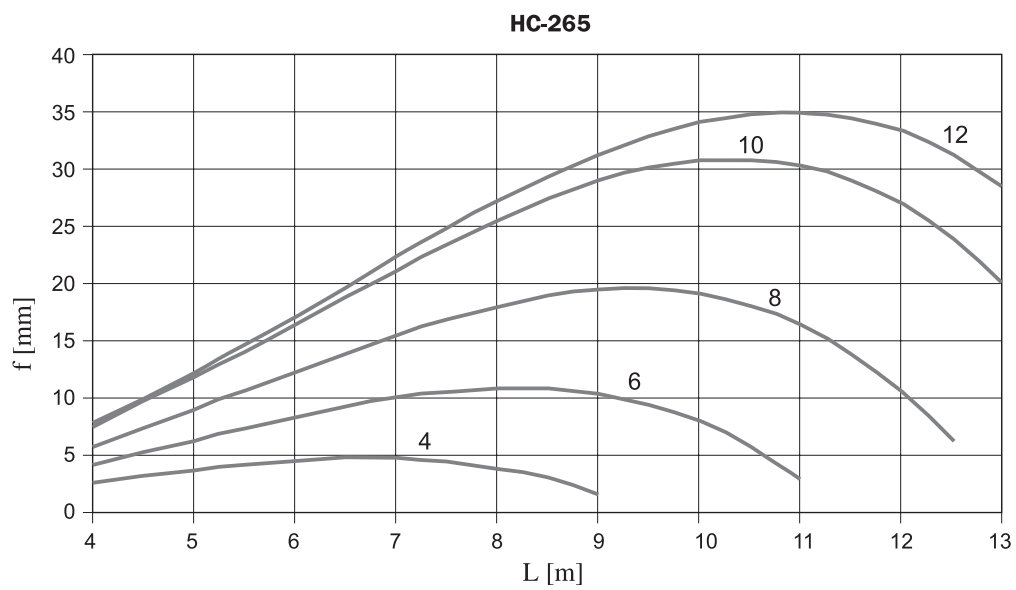
W przypadku innych założeń do projektu, np. przy zastosowaniu mniejszych współczynników obciążeń wg Polskich Norm, dopuszczalne obciążenia dla płyt mogą być większe niż pokazane w tabelach. W konkretnych przypadkach prosimy o kontakt z Działem Projektowania firmy Consolis.

Tab. 6. Dopuszczalne, charakterystyczne obciążenia zewnętrzne p_k [kN/m^2] płyt HC-265

L_{eff} [m]	4Ø12,5	6Ø12,5	8Ø12,5	10Ø12,5	12Ø12,5
4	21,9	23,1	24,2	25,1	28,3
4,5	18,5	19,6	20,5	21,3	24,0
5	15,8	16,8	17,6	18,3	20,7
5,5	13,7	14,5	15,2	15,8	18,0
6	11,3	12,8	13,4	14,0	16,0
6,5	9,1	11,4	12,0	12,5	14,4
7	7,3	10,3	10,8	11,3	13,0
7,5	5,9	9,3	9,8	10,2	11,8
8	4,8	8,4	8,9	9,3	10,8
8,5	3,8	7,0	8,2	8,5	9,9
9	3,0	5,9	7,5	7,8	9,1
9,5	2,4	4,9	6,6	7,2	8,4
10	1,8	4,1	5,6	6,6	7,8
10,5	1,3	3,4	4,8	6,1	7,2
11	0,8	2,7	4,0	5,2	6,5
11,5	0,5	2,2	3,4	4,5	5,6
12		1,4	2,8	3,8	4,9
12,5		0,7	2,1	3,3	4,3
13			1,4	2,7	3,5



Rys. 9. Dopuszczalne, charakterystyczne obciążenia zewnętrzne p_k [kN/m²] płyt HC-265.



Rys. 10. Wstępne wygięcie płyty HC-265 – strzałka odwrotna po 28 dniach od wyprodukowania.

7.5.3. Płyty HC-320

Tab. 7. Podstawowe wyniki obliczeń wytrzymałości płyt HC-320

Oznaczenie typu zbrojenia	P_o	M_{cr}	M_{dec}	M_{Rd}	V_{Rd}
	kN	kNm	kNm	kNm	kN
5Ø12,5	511	140	89	179	96
7Ø12,5	716	171	121	248	99
9Ø12,5	921	197	148	314	101
11Ø12,5	1125	235	178	385	120
14Ø12,5	1432	261	203	463	120

P_o – początkowa siła sprężająca
 M_{cr} – moment rysujący dla dolnej krawędzi przekroju
 M_{dec} – moment zginający wywołujący dekompresję we włóknach betonu oddalonych o 25 mm od powierzchni cięgien
 M_{Rd} – obliczeniowa nośność przekroju na zginanie
 V_{Rd} – obliczeniowa nośność przekroju na ścinanie obliczona z kryterium wytrzymałości betonu na rozciąganie

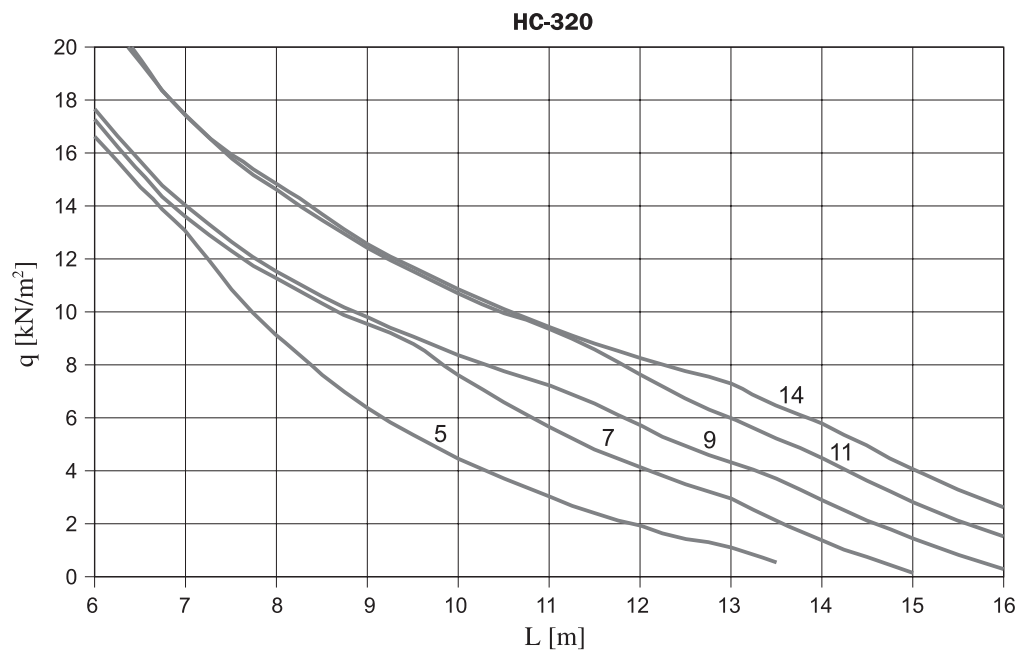
Dopuszczalne obciążenie zewnętrzne płyt HC320 zostało wyznaczone na podstawie obliczeń przeprowadzonych przy następujących założeniach:

- Współczynnik obciążenia dla ciężaru własnego i obciążeń stałych $\gamma_{fg} = 1,35$;
- Współczynnik obciążenia dla obciążeń zmiennych $\gamma_{fq} = 1,5$;
- Obciążenia stałe stanowią 40% dopuszczalnego obciążenia ($g/(g+q) = 0,4$);
- Część długotrwała (quasi-stała) obciążeń zmiennych wynosi 60% ($\psi_{2q} = 0,6$);
- Płyty użytkowane w środowisku odpowiadającym klasie ekspozycji XC1;
- Odporność ogniowa REI60.

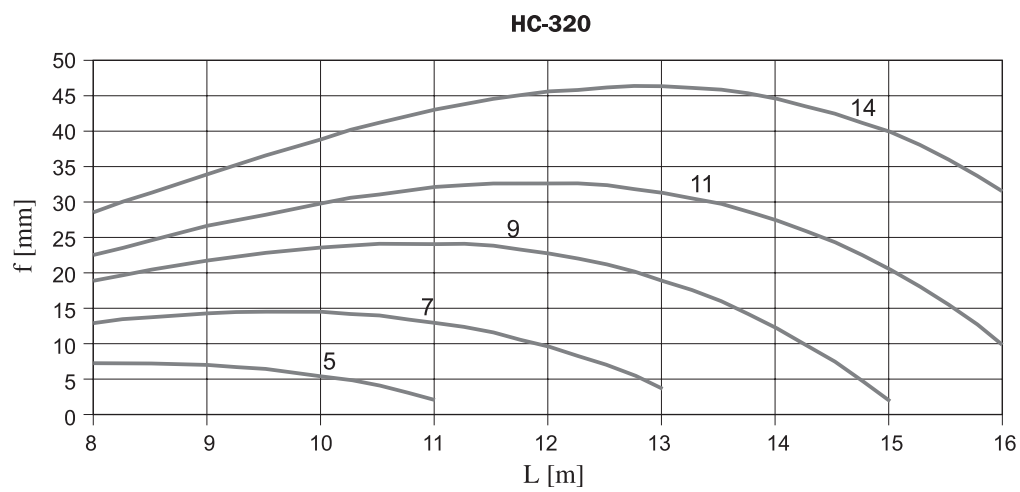
W przypadku innych założeń do projektu, np. przy zastosowaniu mniejszych współczynników obciążeń wg Polskich Norm, dopuszczalne obciążenia dla płyt mogą być większe niż pokazane w tabelach. W konkretnych przypadkach prosimy o kontakt z Działem Projektowania firmy Consolis.

Tab. 8. Dopuszczalne, charakterystyczne obciążenia zewnętrzne p_k [kN/m^2] płyt HC-320

L_{eff} [m]	5Ø12,5	7Ø12,5	9Ø12,5	11Ø12,5	14Ø12,5
6	16,6	17,2	17,7	21,8	21,9
6,5	14,7	15,3	15,7	19,4	19,5
7	13,1	13,6	14,0	17,4	17,5
7,5	10,9	12,3	12,7	15,8	16,0
8	9,1	11,2	11,6	14,6	14,8
8,5	7,6	10,3	10,6	13,5	13,7
9	6,4	9,5	9,8	12,5	12,6
9,5	5,3	8,8	9,1	11,5	11,7
10	4,5	7,6	8,4	10,7	10,9
10,5	3,7	6,6	7,8	10,0	10,1
11	3,0	5,7	7,2	9,3	9,5
11,5	2,4	4,8	6,6	8,6	8,8
12	1,9	4,1	5,7	7,6	8,3
12,5	1,5	3,5	5,0	6,7	7,8
13	1,1	2,9	4,3	6,0	7,3
13,5	0,5	2,1	3,7	5,3	6,5
14		1,4	2,9	4,5	5,8
14,5		0,7	2,1	3,6	5,0
15		0,2	1,4	2,8	4,1
15,5			0,8	2,2	3,3
16			0,3	1,5	2,6



Rys. 11. Dopuszczalne, charakterystyczne obciążenia zewnętrzne p_k [kN/m^2] płyt HC-320.



Rys. 12. Wstępne wygięcie płyty HC-320 – strzałka odwrotna po 28 dniach od wyprodukowania.

7.5.4. Płyty HC-400

Tab. 9. Podstawowe wyniki obliczeń wytrzymałości płyt HC-400

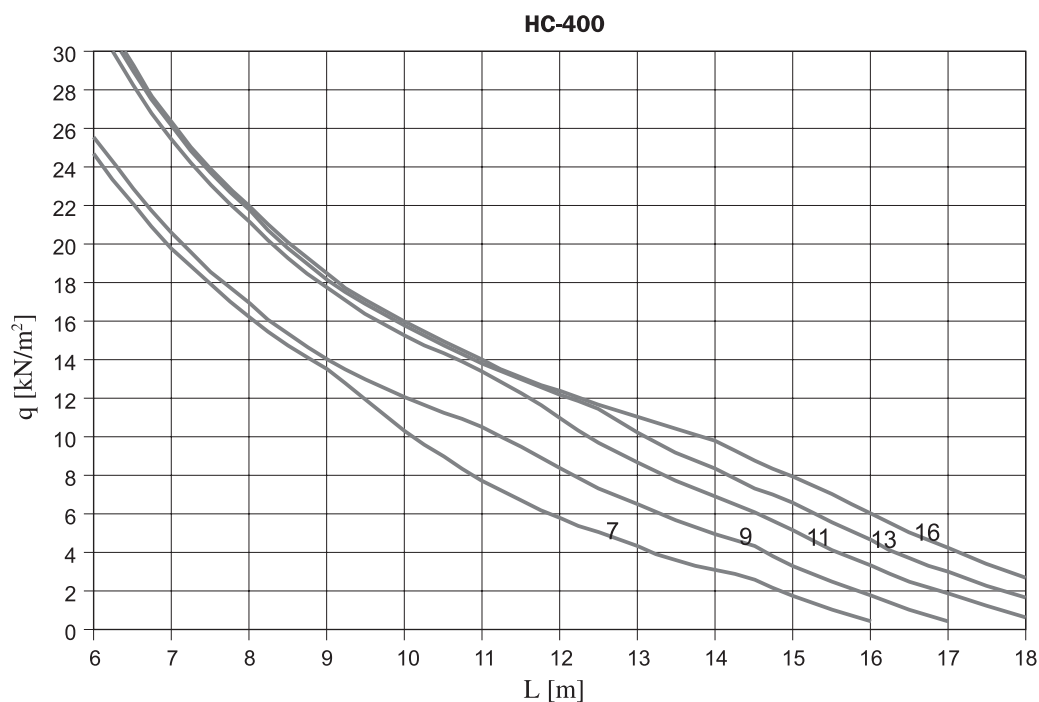
Oznaczenie typu zbrojenia	P_o	M_{cr}	M_{dec}	M_{Rd}	V_{Rd}
	kN	kNm	kNm	kNm	kN
7Ø12,5	716	234	154	321	131
9Ø12,5	921	270	192	408	135
11Ø12,5	1125	322	233	500	162
13Ø12,5	1330	354	265	584	165
16Ø12,5	1637	389	300	682	166

P_o – początkowa siła sprężająca
 M_{cr} – moment rysujący dla dolnej krawędzi przekroju
 M_{dec} – moment zginający wywołujący dekompresję we włóknach betonu oddalonych o 25 mm od powierzchni cięgien
 M_{Rd} – obliczeniowa nośność przekroju na zginanie
 V_{Rd} – obliczeniowa nośność przekroju na ścinanie obliczona z kryterium wytrzymałości betonu na rozciąganie

Dopuszczalne obciążenie zewnętrzne płyt HC400 zostało wyznaczone na podstawie obliczeń przeprowadzonych przy następujących założeniach:

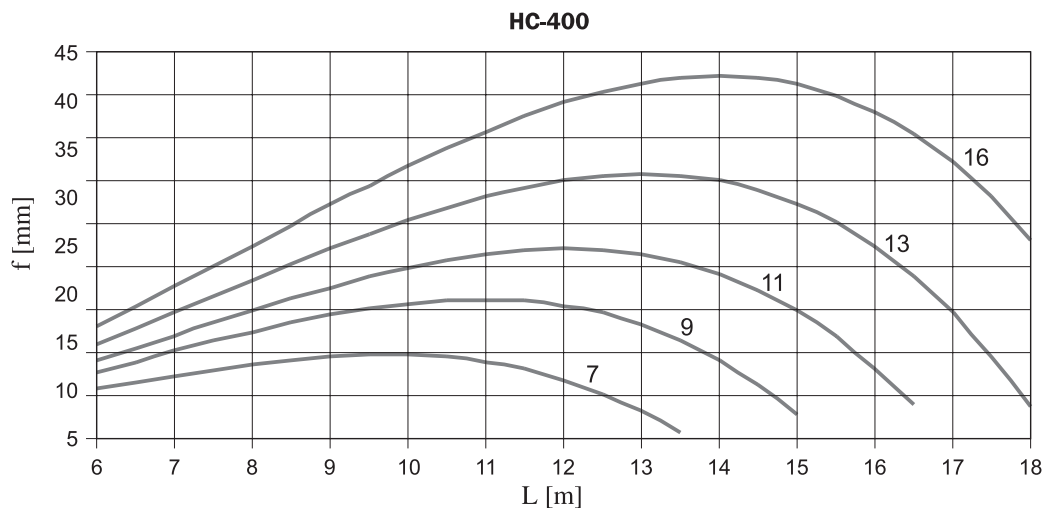
- Współczynnik obciążenia dla ciężaru własnego i obciążeń stałych $\gamma_{fg} = 1,35$;
- Współczynnik obciążenia dla obciążeń zmiennych $\gamma_{fq} = 1,5$;
- Obciążenia stałe stanowią 40% dopuszczalnego obciążenia ($g/(g+q) = 0,4$);
- Część długotrwała (quasi-stała) obciążeń zmiennych wynosi 60% ($\psi_{2q} = 0,6$);
- Płyty użytkowane w środowisku odpowiadającym klasie ekspozycji XC1;
- Odporność ogniowa REI60.

W przypadku innych założeń do projektu, np. przy zastosowaniu mniejszych współczynników obciążeń wg Polskich Norm, dopuszczalne obciążenia dla płyt mogą być większe niż pokazane w tabelach. W konkretnych przypadkach prosimy o kontakt z Działem Projektowania firmy Consolis.

Rys. 13. Dopuszczalne, charakterystyczne obciążenia zewnętrzne p_k [kN/m²] płyt HC-400.

Tab. 10. Dopuszczalne, charakterystyczne obciążenia zewnętrzne p_k [kN/m^2] płyt HC-400

L_{eff} [m]	7Ø12,5	9Ø12,5	11Ø12,5	13Ø12,5	16Ø12,5
6	24,7	25,6	31,5	32,3	32,7
6,5	22,1	22,9	28,3	29,0	29,3
7	19,8	20,6	25,5	26,2	26,4
7,5	17,9	18,6	23,1	23,7	23,9
8	16,2	16,9	21,1	21,7	22,0
8,5	14,7	15,3	19,3	19,8	20,1
9	13,5	14,1	17,7	18,2	18,4
9,5	12,0	13,0	16,4	16,9	17,1
10	10,4	12,1	15,3	15,7	16,0
10,5	9,0	11,2	14,3	14,7	14,9
11	7,8	10,5	13,4	13,8	14,0
11,5	6,7	9,5	12,3	13,0	13,1
12	5,8	8,4	11,0	12,2	12,4
12,5	5,0	7,4	9,7	11,4	11,7
13	4,3	6,5	8,7	10,2	11,0
13,5	3,7	5,7	7,7	9,2	10,4
14	3,1	5,0	6,9	8,3	9,8
14,5	2,6	4,3	6,1	7,4	8,8
15	1,8	3,3	5,1	6,6	8,0
15,5	1,0	2,5	4,2	5,6	7,0
16	0,4	1,7	3,3	4,6	6,0
16,5		1,0	2,5	3,8	5,1
17		0,4	1,8	3,0	4,2
17,5			1,2	2,3	3,4
18			0,6	1,6	2,7



Rys. 14. Wstępne wygięcie płyty HC-400 – strzałka odwrotna po 28 dniach od wyprodukowania.

7.5.5. Płyty HC-500

Tab. 11. Podstawowe wyniki obliczeń wytrzymałości płyt HC-500

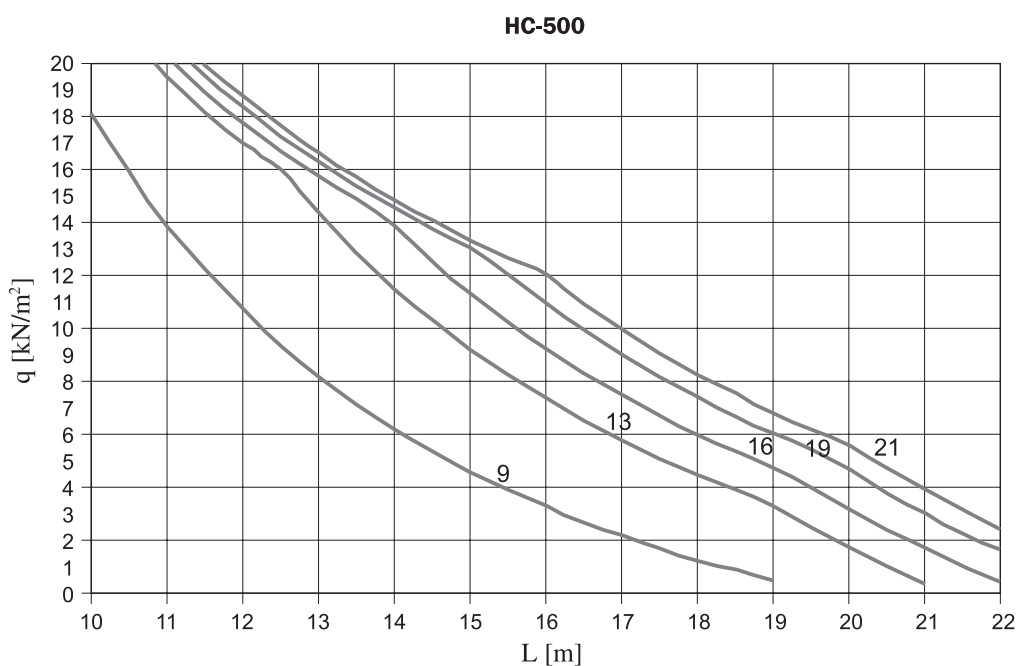
Oznaczenie typu zbrojenia	P_o	M_{cr}	M_{dec}	M_{Rd}	V_{Rd}
	kN	kNm	kNm	kNm	kN
9Ø12,5	921	412	266	527	224
13Ø12,5	1330	511	369	753	228
16Ø12,5	1637	570	430	903	234
19Ø12,5	1944	622	480	1048	238
21Ø12,5	2148	653	509	1142	241

P_o – początkowa siła sprężająca
 M_{cr} – moment rysujący dla dolnej krawędzi przekroju
 M_{dec} – moment zginający wywołujący dekompresję we włóknach betonu oddalonych o 25 mm od powierzchni cięgien
 M_{Rd} – obliczeniowa nośność przekroju na zginanie
 V_{Rd} – obliczeniowa nośność przekroju na ścinanie obliczona z kryterium wytrzymałości betonu na rozciąganie

Dopuszczalne obciążenie zewnętrzne płyt HC500 zostało wyznaczone na podstawie obliczeń przeprowadzonych przy następujących założeniach:

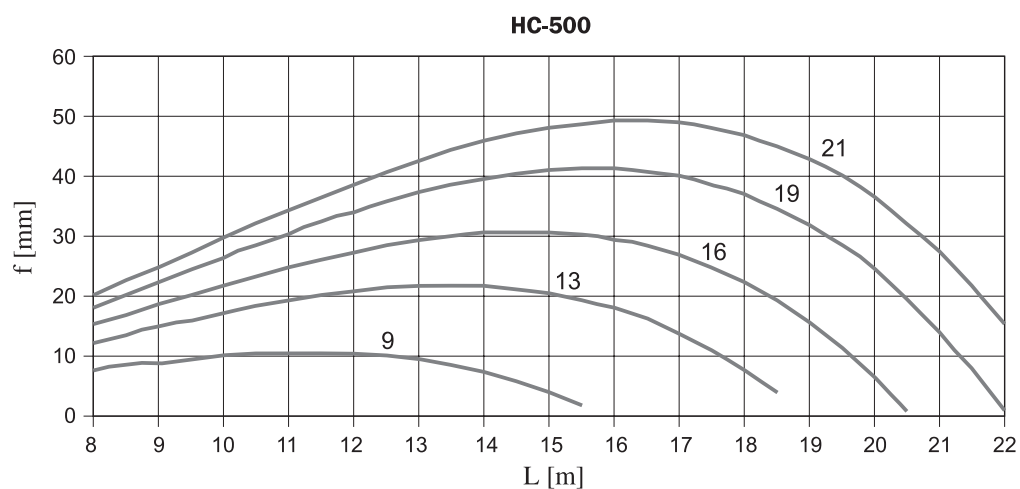
- Współczynnik obciążenia dla ciężaru własnego i obciążeń stałych $\gamma_{fg} = 1,35$;
- Współczynnik obciążenia dla obciążeń zmiennych $\gamma_{fg} = 1,5$;
- Obciążenia stałe stanowią 40% dopuszczalnego obciążenia ($g/(g+q) = 0,4$);
- Część długotrwała (quasi-stała) obciążeń zmiennych wynosi 60% ($\psi_{2q} = 0,6$);
- Płyty użytkowane w środowisku odpowiadającym klasie ekspozycji XC1;
- Odporność ogniowa REI60.

W przypadku innych założeń do projektu, np. przy zastosowaniu mniejszych współczynników obciążeń wg Polskich Norm, dopuszczalne obciążenia dla płyt mogą być większe niż pokazane w tabelach. W konkretnych przypadkach prosimy o kontakt z Działem Projektowania firmy Consolis.

Rys. 15. Dopuszczalne, charakterystyczne obciążenia zewnętrzne q [kN/m²] płyt HC-500.

Tab. 12. Dopuszczalne, charakterystyczne obciążenia zewnętrzne p_k [kN/m^2] płyt HC-500

L_{eff} [m]	9Ø12,5	13Ø12,5	16Ø12,5	19Ø12,5	21Ø12,5
8	30,7	31,6	32,8	33,8	34,5
8,5	27,5	29,0	30,1	31,0	31,6
9	23,9	26,6	27,7	28,5	29,1
9,5	20,8	24,6	25,5	26,3	26,8
10	18,2	22,7	23,6	24,3	24,8
10,5	15,9	21,0	21,8	22,5	23,0
11	13,9	19,5	20,3	20,9	21,3
11,5	12,2	18,1	18,9	19,5	19,9
12	10,7	17,0	17,7	18,3	18,7
12,5	9,4	16,0	16,7	17,3	17,7
13	8,2	14,4	15,8	16,3	16,7
13,5	7,1	12,9	14,9	15,4	15,7
14	6,2	11,5	13,9	14,6	14,9
14,5	5,4	10,3	12,5	13,8	14,1
15	4,6	9,2	11,3	13,1	13,3
15,5	3,9	8,2	10,2	12,0	12,7
16	3,3	7,4	9,2	10,9	12,0
16,5	2,7	6,5	8,3	9,9	11,0
17	2,2	5,8	7,5	9,0	10,0
17,5	1,7	5,1	6,7	8,2	9,1
18	1,3	4,5	6,0	7,4	8,3
18,5	0,9	3,9	5,4	6,7	7,5
19	0,5	3,3	4,8	6,0	6,8
19,5		2,5	4,0	5,4	6,2
20		1,7	3,2	4,7	5,6
20,5		1,0	2,4	3,8	4,8
21		0,4	1,7	3,0	3,9
21,5			1,0	2,3	3,2
22			0,4	1,6	2,4

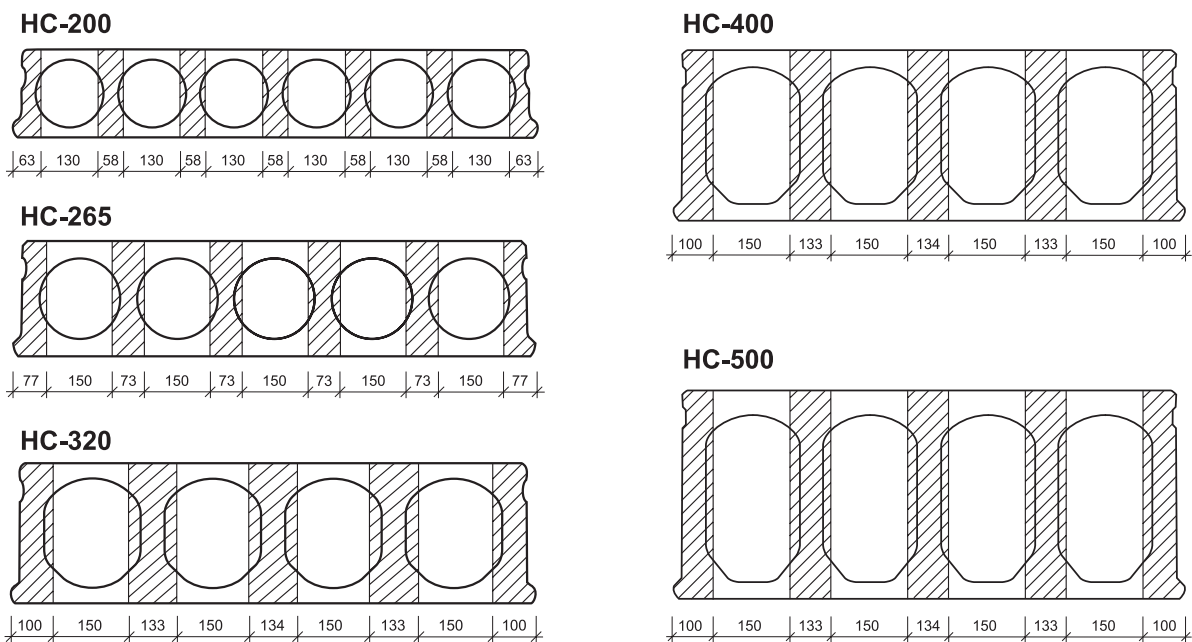


Rys. 16. Wstępne wygięcie płyty HC-500 – strzałka odwrotna po 28 dniach od wyprodukowania.

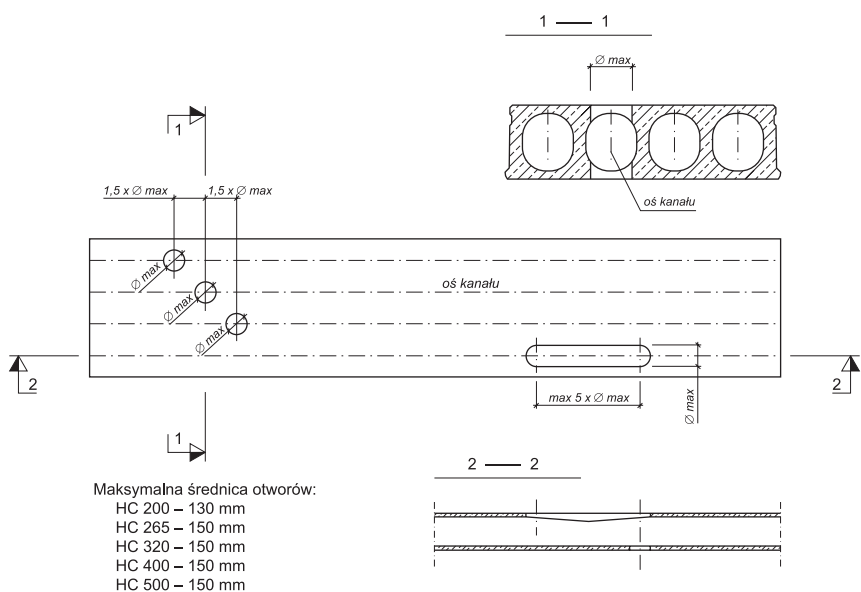
8. OTWORY I WYCIĘCIA

W płytach stropowych wykonuje się otwory okrągłe i wycięcia do prowadzenia przejść instalacyjnych i przewodów wentylacyjnych. Otwory można wykonywać na budowie. Podstawową techniką wykonania otworów jest wiercenie. Otwory należy wykonywać ze szczególną starannością, tak aby nie uszkodzić żeber płyty. Wycięcia wykonuje się podczas produkcji płyt HC.

8.1. Otwory



Rys. 17. Maksymalna wielkość otworów wykonywanych w osi kanałów płyty



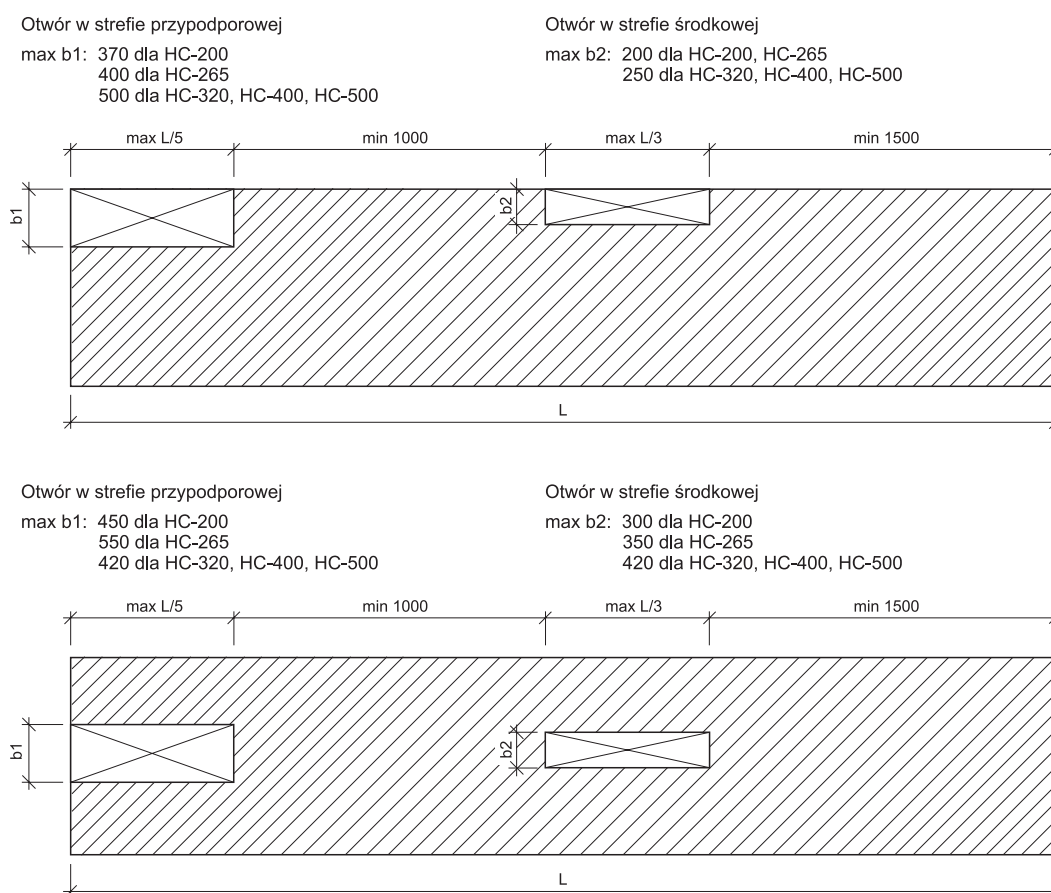
Rys. 18. Schemat rozmieszczenia otworów w płytach strunobetonowych HC

Otworki w płytach kanałowych powinny być wykonywane tak jak na rys. 18, o wymiarach ograniczonych do podanych wartości. Otworki mogą być wykonane w osi kanałów. Możliwe jest wykonanie otworków podczas procesu produkcji, krawędzie otworków są wówczas nieobrobione.

8.2. Wycięcia

Wycięcia wykonywane w płytach mają większe wymiary niż otworki i naruszają podłużne żebra płyt HC. Możliwe jest zestawianie płyt z wycięciami obok siebie w celu uzyskania większych otworków. Dopuszczalna lokalizacja wycięć w płytach HC pokazana jest na rysunku 19. Ostateczne rozmieszczenie, ilość i wielkość wycięć w płytach stropowych należy ustalić w porozumieniu z Działem Projektowania firmy CONSOLIS Polska.

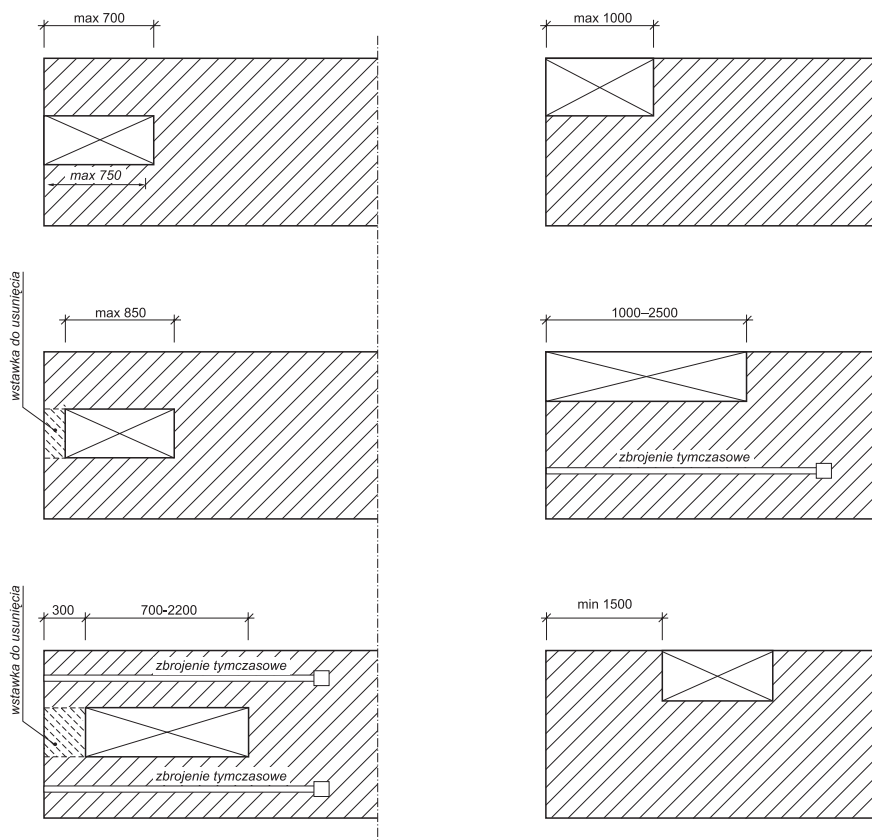
Zasady obliczeń płyt z wycięciami podano na dalszych stronach Poradnika



Rys. 19. Dopuszczalna lokalizacja wycięć w płytach HC

8.3. Ograniczenie wielkości wycięć ze względu na obciążenia podczas montażu i podnoszenia

W płytach z dużymi wycięciami przekraczającymi długości podane na rysunku 20 konieczne jest, z uwagi na obciążenia montażowe podczas podnoszenia, stosowanie tymczasowych wstawek płyt do usunięcia na budowie lub tymczasowego zbrojenia na powierzchni płyty.



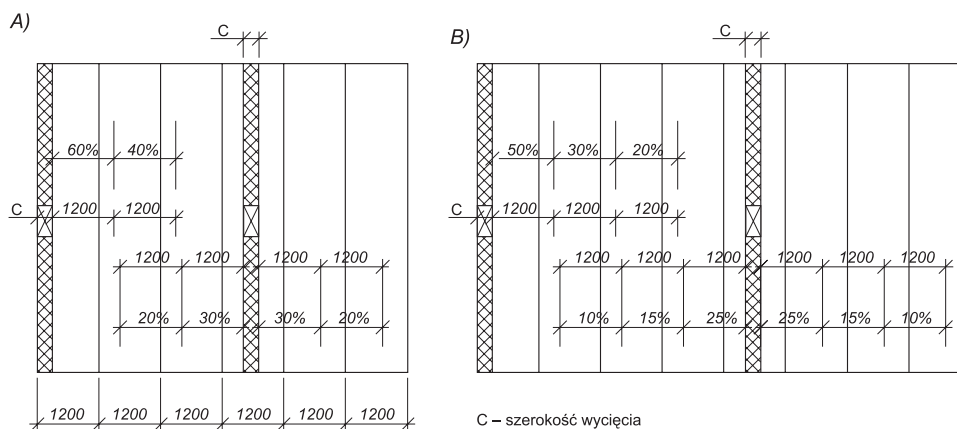
Rys. 20. Ograniczenie wielkości otworów z uwagi na obciążenia montażowe

9. ZASADY OBLICZANIA PŁYT Z WYCIĘCIAMI I OBCIĄŻONYCH NIERÓWNOMIERNIE

9.1. Dystrybucja obciążenia spowodowana wycięciem otworów w płytach

Nośność płyt osłabionych wycięciami można sprawdzać w uproszczony sposób przyjmując wycięcie w płycie jako równoważne dodatkowemu obciążeniu działającemu na płytę osłabioną oraz sąsiednie. Jako szerokość otworu należy przyjmować maksymalną dopuszczalną szerokość otworu b_1 lub b_2 , w zależności od ilości przeciętych żebrowych płyt, wg rys. 19.

W przypadku wycięć w części środkowej płyty dodatkowe obciążenie można rozłożyć na kilka pasm o szerokości 1200 mm, zgodnie ze współczynnikami podanymi na rysunku poniżej.



Rys. 21. Rozkład obciążeń: a) dla płyt HC-200; b) dla płyt HC-265, HC-320, HC-400, HC-500

Przykładowo: dla wycięcia usytuowanego przy krawędzi stropu z płyt HC-200 dodatkowe obciążenie na płytę z wycięciem oraz sąsiednią w pierwszym paśmie o szerokości 1200 mm wynosi:

$$q_z = 60\% \times (p+g) \times c/120$$

gdzie: q_z – dodatkowe obciążenie sąsiednich płyt w paśmie o szerokości 1200 mm [kN/m²]

p – istniejące obciążenie zewnętrzne na stropie [kN/m²]

g – ciężar płyty HC

c – szerokość wycięcia [cm]

Sumując: całkowite obciążenie zewnętrzne działające na sąsiednie płyty HC w paśmie 1200 mm wynosi: $p+q_z$ i taka wartość musi być porównana z wartością odczytaną z nomogramu.

W przypadku wycięć w strefie przypodporowej należy sprawdzić nośność na ścinanie. Nośność na ścinanie płyty osłabionej otworem można obliczyć przyjmując, że jest ona obniżona w stosunku do pełnej płyty proporcjonalnie do liczby wyciętych żebrowych płyt. Nośność płyty pełnej można odczytać z odpowiednich tabel w rozdziale 7.

Przykładowo: nośność na ścinanie płyty HC-200/5 z wycięciem o szerokości 350 mm (2 żebra) wynosi:

$$V_{Rd,red} = (7 - 2) / 7 \times 55 \text{ kN} = 39,3 \text{ kN}$$

Tak obliczoną nośność płyty osłabionej należy porównać z wartością obliczeniową siły ścinającej przy podporze

Jeśli nośność na ścinanie jest niewystarczająca, płytę można wzmocnić wypełniając jeden lub kilka kanałów betonem.

Nośność na ścinanie płyty kanałowej z wypełnionymi kanałami można obliczać według wzoru:

$$V_{RdI} = 2/3 \times n \times b_c \times d \times f_{ctd}$$

f_{ctd} – wytrzymałość obliczeniowa betonu wypełniającego na rozciąganie;

b_c – szerokość wypełnionych kanałów dla: HC-200 $b_c = 155$ mm; HC-265 $b_c = 185$ mm,

HC-320 i HC-400 $b_c = 220$ mm; HC-500 $b_c = 220$ mm lub 193 mm;

d – wysokość użyteczna płyty.

n – liczba wypełnionych kanałów

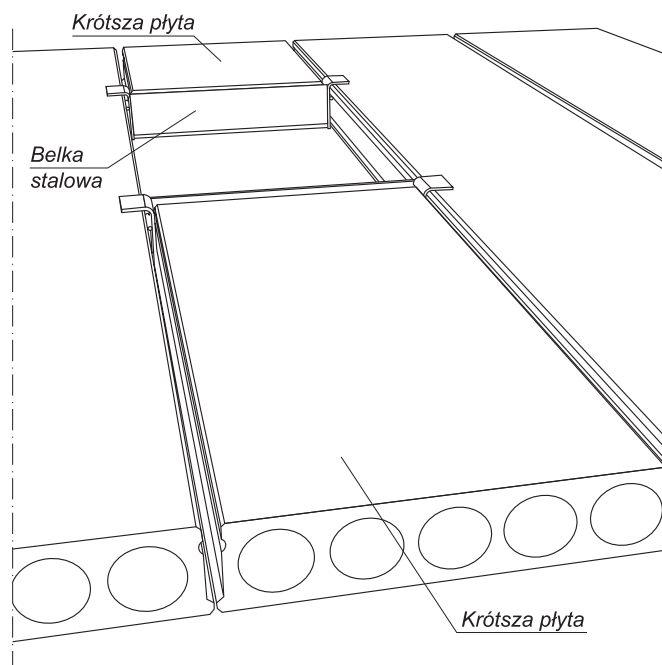
Gdy wycięcie obejmuje strefę środkową i przypo podporową lub gdy obciążenie nie jest równomiernie rozłożone, należy przeprowadzić bardziej szczegółowe obliczenia. Pomocą służy Dział Projektowania firmy CONSOLIS.

9.2. Otwory z zastosowaniem krótszej płyty

W przypadku, gdy szerokość otworu przekracza wartość podaną w punkcie 8.2, konieczne jest zastosowanie dodatkowej belki żelbetowej lub stalowej, na której opiera się krótsza płyta.

9.2.1. Wymian stalowy

Krótszą płytę można oprzeć na sąsiednich za pomocą belki stalowej, rys. 22.



Rys. 22. Otwór w stropie z zastosowaniem belki stalowej

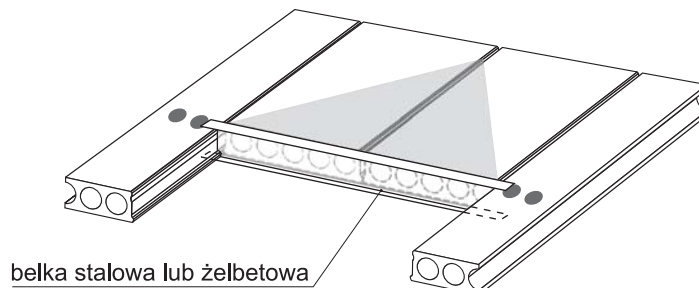
Belka stalowa ma najczęściej długość 1200 lub 2400 mm i może być dostarczona jako gotowy element katalogowy, lub zaprojektowana indywidualnie. Zastosowanie belki stalowej nie wymaga dodatkowych podpór w czasie montażu.

Sprawdzenie nośności dotyczy samego wymianu oraz płyt sąsiednich i należy je przeprowadzić w dwóch etapach:

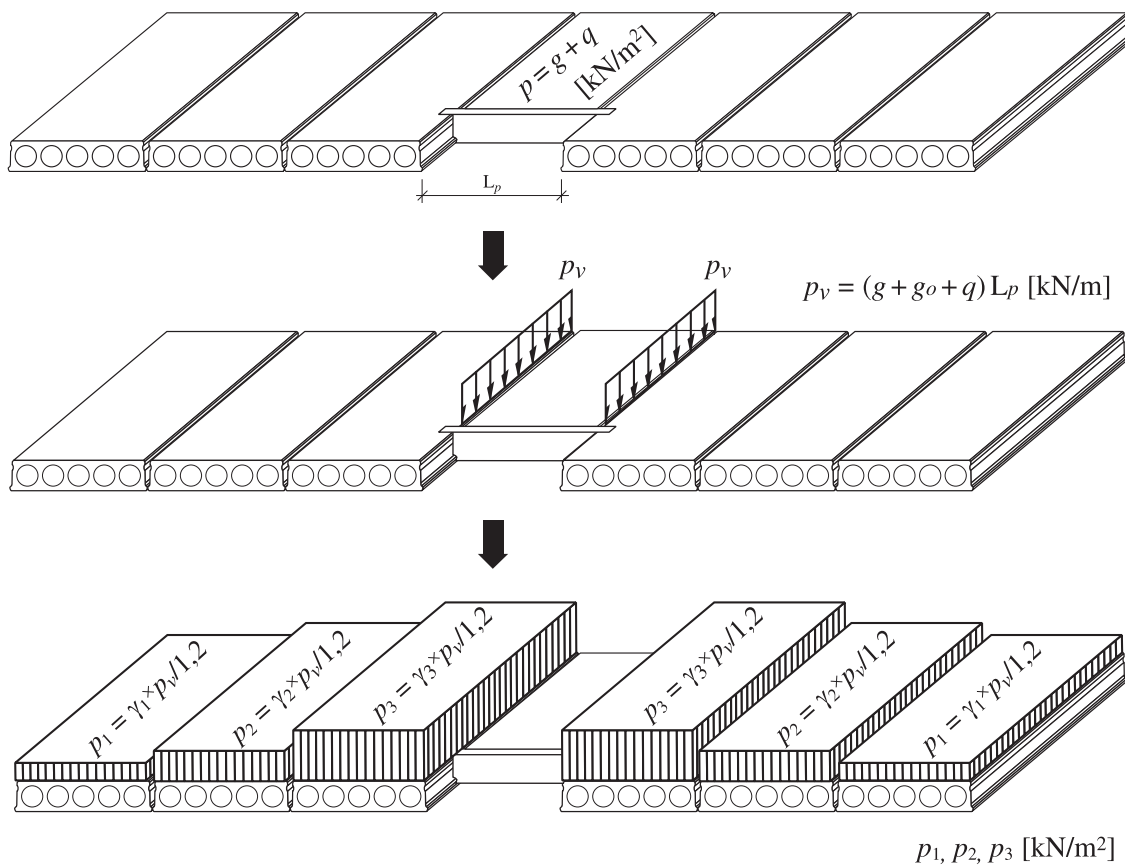
- w fazie montażu: wymian jest obciążony równomiernie połową ciężaru własnego płyty krótszej, natomiast płyty sąsiednie obciążone są reakcjami z wymianu.
- w fazie użytkowania: na wymian działa obciążenie trójkątne wg rys 23 natomiast pozostałe obciążenie z płyty krótszej jest przenoszone przez spoiny na płyty podpierające wg rys 24.

Tab. 13. Wartość współczynnika rozdziału obciążenia

Typ płyty	Wartość współczynnika rozdziału obciążenia [%]		
	γ_1	γ_2	γ_3
Wszystkie płyty / wycięcie w strefie podporowej	-	-	50
HC-200 / wycięcie w strefie środkowej	-	20	30
HC-265, HC-320, HC-400, HC500 / wycięcie w strefie środkowej	10	15	25



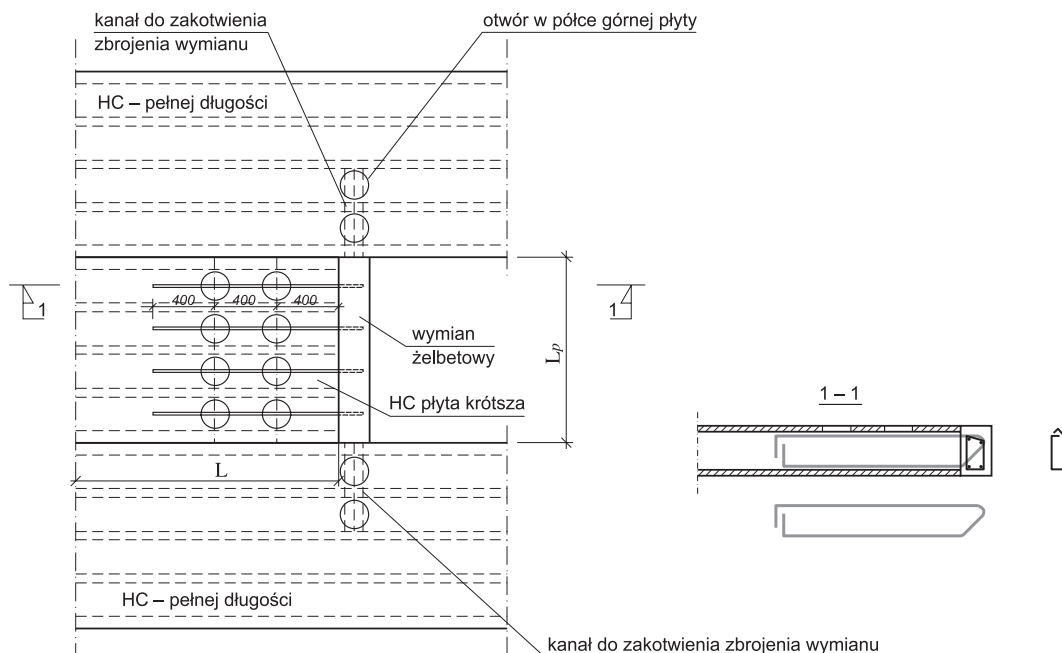
Rys. 23. Schemat obszaru obciążenia przenoszonego przez wymian



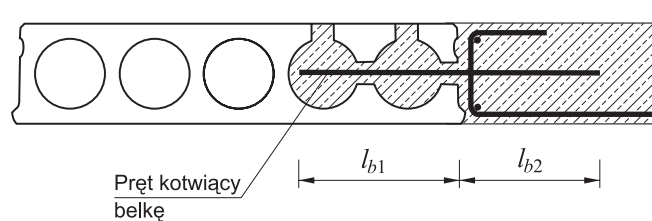
Rys. 24. Rozdział obciążenia z płyty podpieranej na płyty sąsiadujące

9.2.2. Wymian żelbetowy

Belka żelbetowa jest wykonywana na budowie. Konieczne jest w takim wypadku podparcie płyty krótszej podczas montażu do chwili, kiedy beton monolityczny osiągnie wystarczającą wytrzymałość.



Rys. 25. Konstrukcja otworu w stropie z zastosowaniem wymianu żelbetowego



Rys. 26. Zbrojenie podpory wymianu

Sprawdzenie nośności przeprowadza się tylko w fazie użytkowania. Rozkład obciążeń można przyjmować w analogiczny sposób, jak dla wymianu stalowego.

10. OBCIĄŻENIA LINIOWE I SKUPIONE

Stropy z płyt HC pracują jako jednolita struktura płytowa efektywnie dystrybuująca obciążenia liniowe i punktowe. Dystrybucja obciążeń w strefie otworów oznacza, że wszystkie obciążenia są przekazywane poprzez sąsiadujące płyty szerokości 1,2 m na kolejne elementy płytowe stropu.

Aby obciążenie liniowe mogło zostać rozłożone na kilka płyt, nośność spoin oraz póltek pomiędzy żebrami musi być wystarczająca. Dla spoin wykonanych z betonu C25/30 i płyt z betonu C40/50 nośność spoin i póltek przedstawiono w tabeli 14.

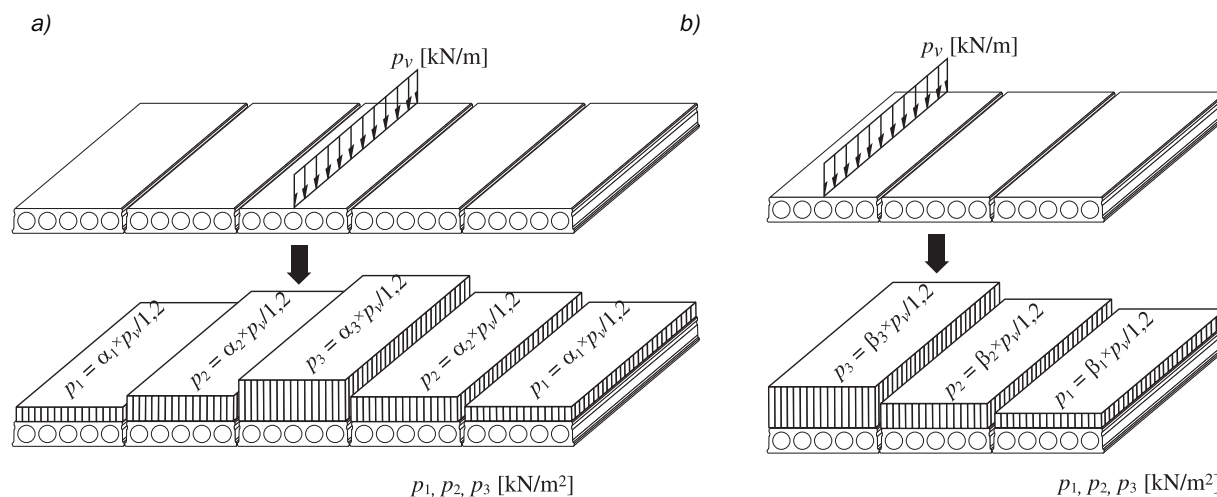
Tab. 14. Nośność spoiny pomiędzy płytami

Typ płyty	Nośność spoiny na ścinanie [kN/m]	Nośności póltek płyty na ścinanie [kN/m]
HC-200	17,0	13,5
HC-265	23,5	24,0
HC-320, HC-400	36,9	24,0
HC-500	47,0	30,0

Maksymalne dopuszczalne obciążenia pokazane w tabelach od 14 do 18 określone zostały dla płyty bez nadbetonu lub innych elementów konstrukcji rozkładających obciążenie na większą powierzchnię.

10.1. Obciążenie liniowe

Na rysunkach 27 i 28 przedstawiono współczynniki rozkładu obciążeń na sąsiednie płyty od obciążenia liniowego.



Rys. 27. Obciążenie stropu: a) w strefie środkowej, b) na krawędzi stropu

α_i, β_i – współczynniki rozdziału obciążenia liniowego

Dla poszczególnych płyt szerokości 1,2 m wielkość obciążenia przekazanego wynosi:

$$p_i = p \times \alpha_i \quad \text{lub} \quad p_i = p \times \beta_i$$

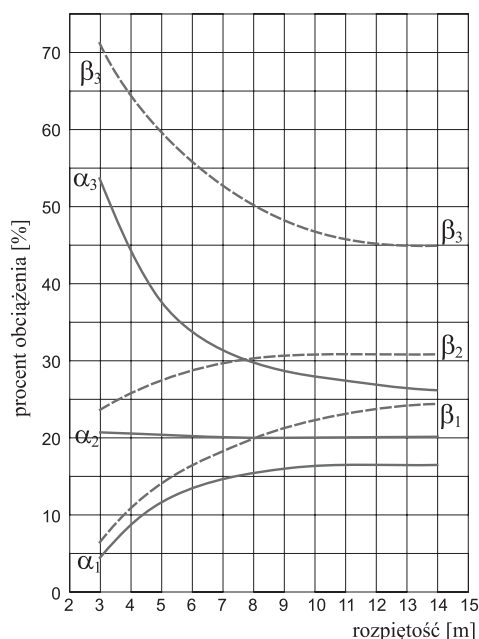
obciążenie zastępcze równomiernie rozłożone wynosi $p_i/1,20$

gdzie 1,20 = szerokość płyty [m]

W tablicy 15 podano maksymalne charakterystyczne obciążenia liniowe wynikające np. z ustawienia ściany równoległe do długości płyty.

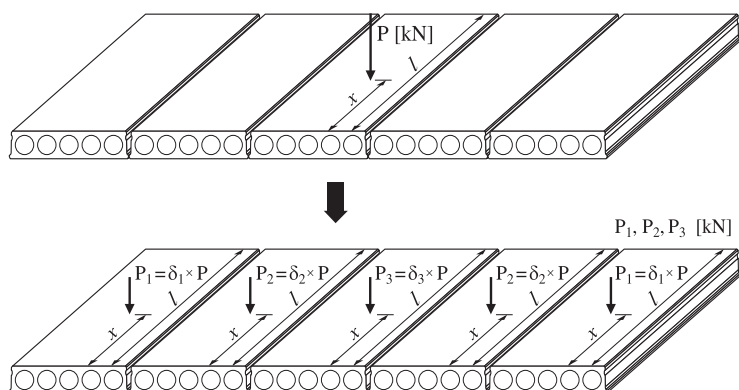
Tab. 15. Dopuszczalne obciążenie liniowe

Typ płyty	Krawędź [kN/m]	W środku płyty [kN/m]
HC-200	5	18
HC-265	10	23
HC-320	10	23
HC-400, HC-500	12	30



Rys. 28. Współczynniki rozdziału obciążenia liniowego

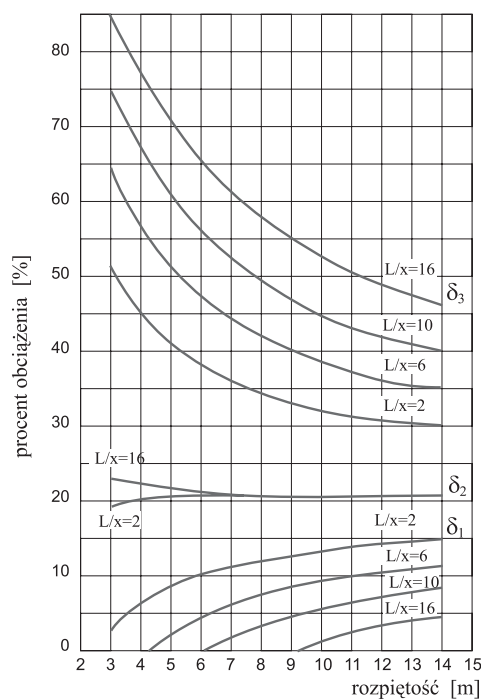
10.2. Obciążenia punktowe



Rys. 29. Rozdział obciążenia punktowego na płyty sąsiadujące

Tab. 16. Dopuszczalna wielkość siły skupionej

Typ płyty	Wielkość siły skupionej [kN] w zależności od średnicy powierzchni obciążonej		
	Ø50 [mm]	Ø100 [mm]	Ø200 [mm]
HC-200	20	30	-
HC-265, HC-320	40	60	-
HC-400, HC-500	-	45	65



Rys. 30. Współczynnik rozdziálu obciążenia punktowego

10.3. Obciążenie podwieszane skupione

Ciężkie podwieszania można mocować za pomocą kotew zabetonowanych w spoinach płyt lub za pomocą śrub przelotowych przez kanały.

W tabeli 17 przedstawiono maksymalne dopuszczalne obciążenie skupione podwieszane dla kotew ze stali $R_e = 370$ MPa.

Tab. 17. Dopuszczalna wielkość obciążenia podwieszanego

Średnica kotwy [mm]	Maksymalne obciążenie [kN]
Ø6	4,1
Ø8	7,2
Ø10	11,3
Ø12	16,2

Lekkie podwieszania mogą być mocowane do otworów wierconych w dolnej powierzchni płyty w kanale.

W tabeli 18 przedstawiono kilka przykładowych dopuszczalnych obciążeń podwieszanych nie powodujących uszkodzenia kanałów płyt.

Tab. 18. Dopuszczalna wielkość obciążenia podwieszanego

Kotwa	Głębokość wiercenia [mm]	Maksymalne podwieszenie [kN]
Kotwa przelotowa M4	Na wylot przez dolną półkę	0,3
Kotwa przelotowa M6	Na wylot przez dolną półkę	1,0
Kotwa rozprężna M6	30	1,7
Kotwa rozprężna M8	30	2,2
Kotwa rozprężna M10	40	2,7

11. OPARCIA

Minimalną głębokość oparcia płyt kanałowych na podporze przedstawiono w tabeli 19. **Podane w tabeli wartości są wielkościami nominalnymi, które należy przyjmować do projektowania stropów.**

W przypadku opierania płyt na prefabrykacie betonowym (belce lub ścianie) zaleca się stosowanie neoprenowej podkładki w celu zabezpieczenia krawędzi prefabrykatu przed uszkodzeniem.

Na ścianach murowanych płyty HC należy układać na świeżej warstwie zaprawy cementowej.

W układach ścianowych, gdzie na płytach montowane są bezpośrednio ściany wyższych kondygnacji, podane głębokości oparcia nie powinny być przekroczone, należy również odpowiednio ukształtować połączenie stropu ze ścianą, pomocą służy tu Dział Projektowania firmy Consolis Polska.

Tab. 19. Głębokość oparcia płyt

Rodzaj podpory	Typ płyty		
	HC-200	HC-265	HC-320, HC-400 i HC-500
Ściany murowane	120 mm	120 mm	150 mm
Elementy żelbetowe	70 mm	80 mm	100 mm
Belki stalowe	70 mm	80 mm	100 mm
Wymiany stalowe	40 mm	40 mm	80 mm

12. PŁYTY NIESTANDARDOWE

12.1. Płyty cięte ukośnie

Płyty HC mogą być produkowane z ukośną krawędzią czołową. Kąt cięcia płyt pomiędzy osią podłużną a krawędzią może zawierać się między 45° a 90°.

12.2. Płyty cięte wzdłużnie

Standardowe szerokości modularne płyt wynoszą 1,2 m, co powinno być brane pod uwagę przy projektowaniu szerokości budynku i lokalizacji klatek schodowych. Stosowanie w szerokościach stropu modułów 1,2 m jest bardziej ekonomiczne. Jeśli jednak zachodzi potrzeba, można stosować płyty stropowe o innych szerokościach.

Płyty o szerokościach innych niż 1,2 m są wykonywane poprzez cięcie wzdłużne. **Zalecane jest, aby przycinane wzdłużnie płyty były stosowane wzdłuż krawędzi stropu z krawędzią ciętą przylegającą do ściany (wieńca).** Szerokości płyt ciętych wzdłużnie wynikają z lokalizacji kanałów w płycie – cięcie odbywa się poprzez kanał.

Dopuszczalne jest wykonanie cięcia w odległości 65 mm, licząc od osi kanału w obie strony. Cięcie wzdłużne płyt można wykonywać wyłącznie u producenta. W płytach rozciętych podłużnie nie można wykonywać żadnych wycięć.

13. DZIAŁANIE USZTYWNIAJĄCE

W wielokondygnacyjnych budynkach prefabrykowanych obciążenia poziome wywołane wiatrem lub innymi siłami poziomymi są przenoszone na elementy usztywniające poprzez działanie stropów jako sztywnej tarczy. Podporami takich sztywnych tarcz w kierunku poziomym są elementy usztywniające w postaci ścian (szyby wind, klatki schodowe i inne ściany). Siły rozciągające, ściskające i ścinające są przenoszone przez obwodowe zbrojenie wieńców i zabetonowane spoiny wzdłużne płyt. Schemat działania sił wewnętrznych w tarczy stropu pokazany jest na rysunku 31.

Dla zapewnienia prawidłowej pracy konstrukcji wszystkie stropy konstruuje się w ten sposób, aby w swej płaszczyźnie miały jak największą sztywność. Tarcza taka, przy przenoszeniu obciążeń na pionowe przepony usztywniające, pracuje jak element zginany w swej płaszczyźnie.

Przy scalanej z elementów tarczy stropowej ważne jest, aby:

- poszczególne elementy nie mogły się względem siebie przesuwać,
- styki pomiędzy elementami powinny być wypełnione i niezarysowane (w przypadku zarysowania styków sztywność tarczy spada kilkakrotnie).

W przypadku założenia nieodkształconej tarczy wartość siły przekazywanej z niej na poszczególne elementy podpierające – usztywniające jest proporcjonalna do sztywności tych elementów. Im element bardziej sztywny, tym większą część obciążenia musi przenieść.

13.1. Wymiarowanie na rozciąganie wywołane zginaniem

Tarcza stropu wykonanego z płyt HC może pracować jako element sztywny zginany w swej płaszczyźnie parciem i ssaniem wiatru przekazywanym na krawędź stropu z elementów obudowy oraz innymi siłami poziomymi. Poziome obciążenia wywołują w stropie siły rozciągające, ściskające oraz ścinające. Siły ściskające przenoszone są przez beton wieńców, belek stropowych i płyt. Siły wywołane naprężeniami rozciągającymi przenoszone są przez zbrojenie wieńców. Na skutek działających obciążeń ścinaniu ulegają spoiny pomiędzy płytami oraz spoiny pomiędzy płytą i belką. Ścinanie musi być przeniesione przez odpowiednio skonstruowane zbrojenie kotwione w spoinach płyt oraz zbrojenie spoin (wieńców) wzdłuż belek stropowych.

P_d – obciążenie wiatrem [kN/m] zebrane z pasma wysokości jednej kondygnacji

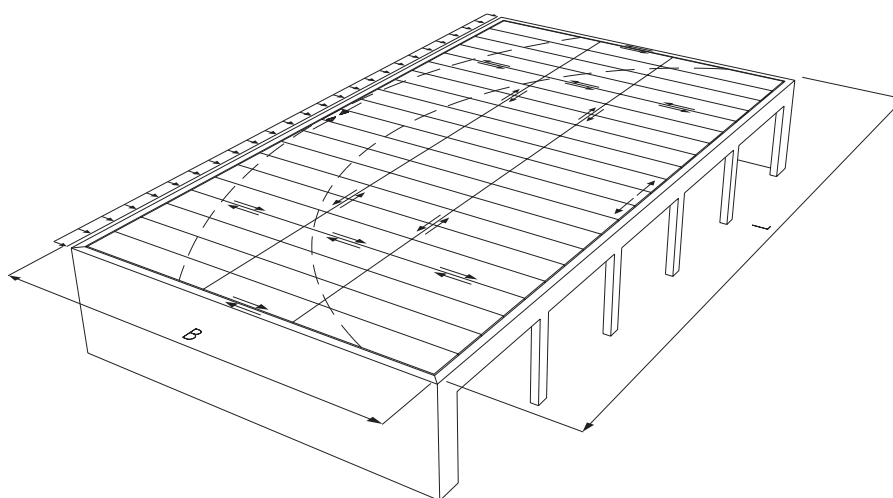
$$M_d = \frac{P_d \times L^2}{8} \text{ [kNm]} \text{ – moment zginający wywołany parciem/ssaniem wiatru w płaszczyźnie poziomej.}$$

Ramię działania sił wywołujących rozciąganie wieńca można określić w przybliżeniu jako:

$$z = 0,6 \times B \text{ [m]}$$

$$A_s = \frac{M_d}{z \times f_{yd}} \text{ [cm}^2\text{]} \text{ – minimalne zbrojenie wieńca}$$

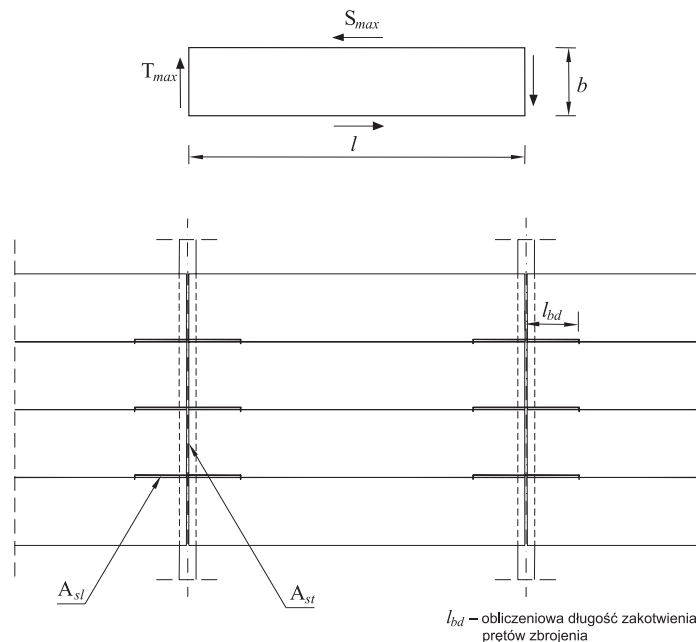
f_{yd} – wytrzymałość stali zbrojeniowej na rozciąganie.



Rys. 31. Obciążenia tarczy stropu i siły wewnętrzne w stropie od obciążeń poziomych

13.2. Wymiarowanie na naprężenia ścinające

Wydzielona z całego stropu płyta prefabrykowana obciążona jest naprężeniami ścinającymi po swoim obwodzie. Naprężenia te wywołują siły poprzeczne S_{max} i T_{max} , porównaj z rysunkiem 32.



Rys. 32. Siły wewnętrzne i zbrojenie stropu na naprężenia ścinające

$$V = \frac{L \times p_d}{2} \text{ [kN]} \quad \text{– maksymalna reakcja podporowa płyty stropu w kierunku poziomym}$$

$$\tau_{max} = \frac{V_{dmax}}{B \times t} \text{ [MPa]} \quad \text{– maksymalne naprężenia ścinające w płycie stropu}$$

$$t_u = 0,1 \text{ MPa} \quad \text{– dopuszczalne naprężenia ścinające w spoinie między płytami}$$

$$t \text{ [m]} \quad \text{– grubość płyty}$$

$$T_{max} = b \times t \times \tau_{max} \text{ [kN]} \quad \text{– maksymalna siła ścinająca spoinę belka-płyta}$$

$$S_{max} = l \times t \times \tau_{max} \text{ [kN]} \quad \text{– maksymalna siła ścinająca spoinę pomiędzy płytami}$$

$$A_{sl} = \frac{T_{max}}{f_{yd}} \text{ [cm}^2\text{]} \quad \text{– przekrój zbrojenia kotwiącego płyty}$$

$$A_{st} = \frac{S_{max}}{f_{yd}} \text{ [cm}^2\text{]} \quad \text{– przekrój zbrojenia spoiny belka-płyta}$$

14. WŁAŚCIWOŚCI AKUSTYCZNE I ODPORNOŚĆ OGNIOWA ORAZ IZOLACYJNOŚĆ CIEPLNA PŁYT KANAŁOWYCH HC

14.1. Izolacyjność akustyczna płyt HC

W tabeli 20 przedstawiono wskaźniki izolacyjności akustycznej dla płyt kanałowych HC bez żadnych warstw wykończeniowych.

Tab. 20. Charakterystyka izolacyjności akustycznej płyt HC

Typ płyty	Płyta prefabrykowana bez warstw wykończeniowych		Strop HC z posadzką i sufitem podwieszanym	
	R' _w [db]	L' _{n,w} [db]	R' _w [db]	L' _{n,w} [db]
HC-200	53	83	55÷60	51÷53
HC-265	57	80	≥55	48÷50
HC-320	≥57	77	≥55	48÷50
HC-400	≥57	74	69÷72	42÷44

R'_w – ważony wskaźnik izolacyjności akustycznej właściwej

L'_{n,w} – ważony wskaźnik znormalizowanego poziomu uderzeniowego

* Dla płyt HC-500 brak jest wyników badań, natomiast można przyjmować, że właściwości tych płyt nie są gorsze niż HC-400.

14.2. Ognioodporność płyt HC

Odporność ogniową płyt HC określono na podstawie następujących dokumentów:

- **PN-EN 1992-1-2:2005 Eurokod 2: Projektowanie konstrukcji z betonu – Część 1-2: Reguły ogólne – Projektowanie na warunki pożarowe,**
- **PN-EN 1168:2005 Prefabrykowane elementy z betonu. Płyty stropowe kanałowe.**

Zgodnie z wymienionymi powyżej normami, odporność ogniowa strunobetonowych płyt stropowych HC uzależniona jest od dwóch wielkości geometrycznych:

- odległości osi zbrojenia (wypadkowego ciągu sprężającego) od dolnej, nagrzewanej podczas pożaru, powierzchni płyty *a* (otulina brutto),
- całkowitej grubości płyty *h*.

Zginaną płytę z betonu klasyfikuje się do najwyższej z serii klas odporności ogniowej, dla której spełnione są jednocześnie dwa warunki:

- warunek pierwszy: $a \geq a_{min}$,
- warunek drugi: $h \geq h_{min}$.

Szczegółowe wymagania co do tych dwóch wielkości decydujących o odporności ogniowej żelbetowych (niesprężonych) płyt kanałowych podane są w załączniku G (tabela G.1) normy PN-EN 1168:2005.

Zgodnie z przypisem w ww. tabeli, dla płyt sprężonych minimalną grubość otuliny brutto należy zwiększyć odpowiednio do ustaleń pkt. 5.2(5) w PN-EN 1992-1-2:2005.

Wymagania dotyczące minimalnej grubości płyt masywnych (bez pustych przestrzeni wewnątrz) są określone w tabeli 5.8 w normie PN-EN 1992-1-2:2005. Grubości płyt kanałowych nie można jednak bezpośrednio porównywać z wymaganiami dla płyt masywnych, gdyż istnienie kanałów zmniejsza masę konstrukcji i ogranicza jej zdolność do wchłaniania i magazynowania ciepła podczas pożaru. Miarodajną do określania nośności ogniowej płyt kanałowych może być wyłącznie grubość efektywna (zastępcza), którą wyznaczyć można z formuły (PN-EN 1168:2005):

$$t_e = h \sqrt{\xi}$$

w której:

$$\xi = \frac{A_c}{b h}$$

gdzie: *A_c* – pole powierzchni betonu w przekroju płyty (stropu).

Obliczone z przekształcenia powyższych wzorów minimalne całkowite wysokości płyt kanałowych h dla poszczególnych klas odporności ogniowej, przy założeniu $\xi = 0,55$, podaje tabela G.1 w PN-EN 1168:2005.

W załączonej poniżej tabeli zestawiono wartości współczynnika ξ i efektywnej grubości t_e , dla płyt HC, obliczone na podstawie podanych wyżej wzorów.

Tab. 21. Zestawienie wartości współczynnika ξ i efektywnej grubości t_e płyt HC

Typ płyty	h [mm]	ξ	t_e [mm]
HC-200	200	0,528	145
HC-265	265	0,577	201
HC-320	320	0,520	231
HC-400	400	0,476	276
HC-500	500	0,507	356

Dla $\xi > 0,55$ można bezpośrednio porównywać wysokości tych płyt z podaną w tabeli G.2 w PN-EN 1168:2005 wymaganą grubością dla płyt kanałowych HC. Dla $\xi < 0,55$ należy porównać wartości t_e z wymaganiami dla płyt masywnych podanymi w tabeli 5.8 w normie PN-EN 1992-1-2:2005.

Przy ustaleniu odporności ogniowej REI należy wziąć pod uwagę łącznie obydwa warunki decydujące o nośności ogniowej płyt stropowych z betonu.

Zamieszczone w katalogu tabele nośności płyt HC zostały określone dla otuliny brutto $a = 35$ mm, czyli spełniającej wymagania REI 60 wg cytowanych powyżej norm. CONSOLIS Polska Sp. z o.o. produkuje również płyty HC o odporności ogniowej REI 90 ($a = 45$ mm) i REI 120 ($a = 55$ mm). W takich przypadkach konieczne jest wykonanie indywidualnych obliczeń nośności płyt HC, w Dziale Projektowania firmy CONSOLIS.

Istotne dla zapewnienia odporności ogniowej stropu jest prawidłowe wykonanie zbrojenia wieńcowego stropu oraz zbrojenia kotwiącego strop na podporze. W celu prawidłowego wykonania projektu stropu należy stosować rozwiązania pokazane na rysunkach detali znajdujące się w załączniku do niniejszego opracowania.

14.3. Izolacyjność cieplna płyt HC

W tabeli 22 przedstawiono obliczeniowy opór cieplny „R” płyt kanałowych HC bez warstw wykończeniowych.

Tab. 22. Obliczeniowy opór cieplny „R” płyt HC

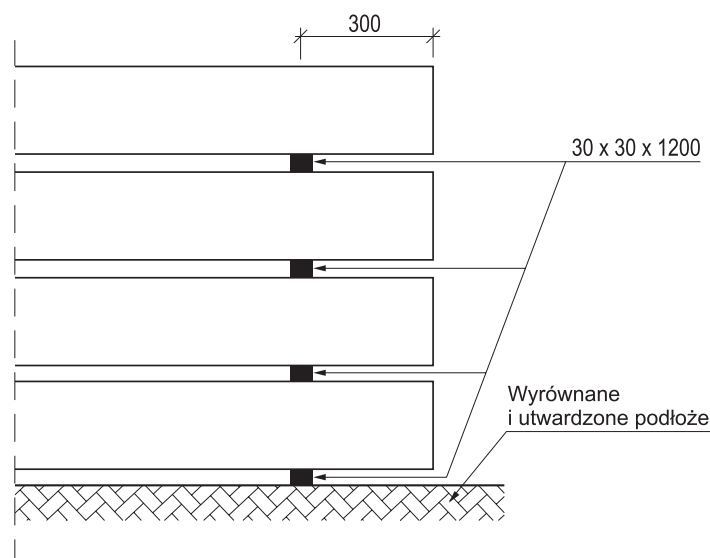
Typ płyty	Opór cieplny R [m ² K/W]
HC-200	0,29
HC-265	0,36
HC-320	0,36
HC-400	0,65
HC-500	0,69

15. MONTAŻ, PODNOSZENIE, SKŁADOWANIE I TRANSPORT PŁYT HC

15.1. Składowanie na placu budowy

Sprężone płyty HC powinny być składowane w pozycji wbudowania, na wyrównanym i utwardzonym podłożu z zastosowaniem podkładek drewnianych, umieszczanych 30 cm od końca płyt, prostopadłe do ich długości. Podkładki powinny znajdować się jedna nad drugą tak, aby nie nastąpiło obciążanie elementów niższych elementami ułożonymi wyżej (rys. 33). W jednym stosie należy składować płyty o tej samej długości. Wysokość podkładek należy dobrać z uwzględnieniem stosowanego zawiesia tak, aby można je było wygodnie układać i pobierać ze stosu. Zaleca się stosować podkładki o przekroju 30 x 30 mm i długości 1,10, 1,20 m.

Składowane płyty należy dzielić na grupy elementów o tych samych parametrach. Wysokość stosu uwarunkowana jest swobodnym dostępem do wierzchniej płyty osób obsługujących chwytaکی. Pomiedzy poszczególnymi stosami płyt należy pozostawić przerwy o szerokości min. 60 cm w celu umożliwienia dostępu montażysty do każdego stosu i dokonania operacji założenia zawiesia montażowego.



Rys. 33. Schemat ułożenia płyt HC w stosie.

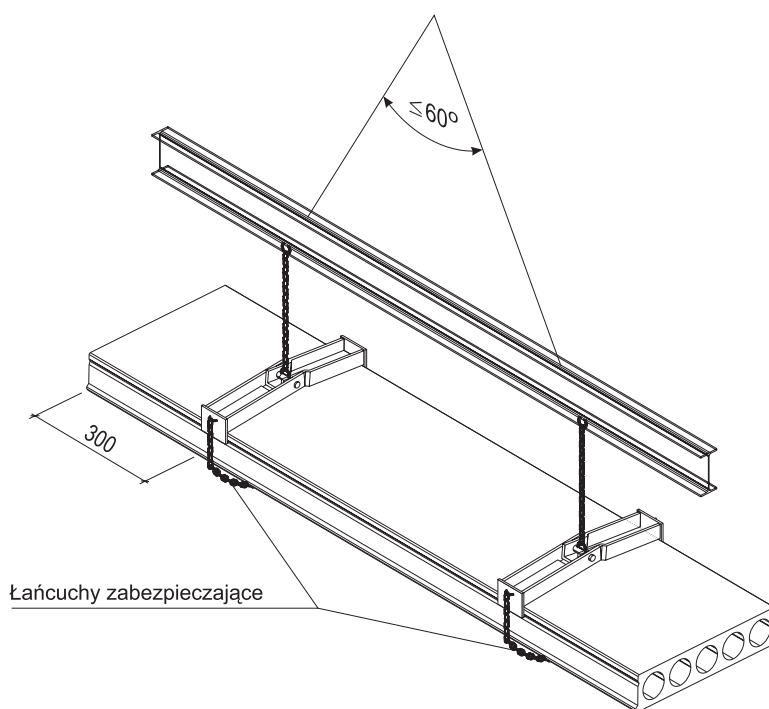
15.2. Podstawowe zasady montażu płyt HC

Montaż sprężonych płyt kanałowych powinien odbywać się zgodnie z opracowanym wcześniej projektem technologii montażu.

W trakcie rozładunku i montażu sprężone płyty kanałowe nie mogą być narażone na działanie żadnych sił i wywołanych tymi siłami naprężeń, na które nie były projektowane.

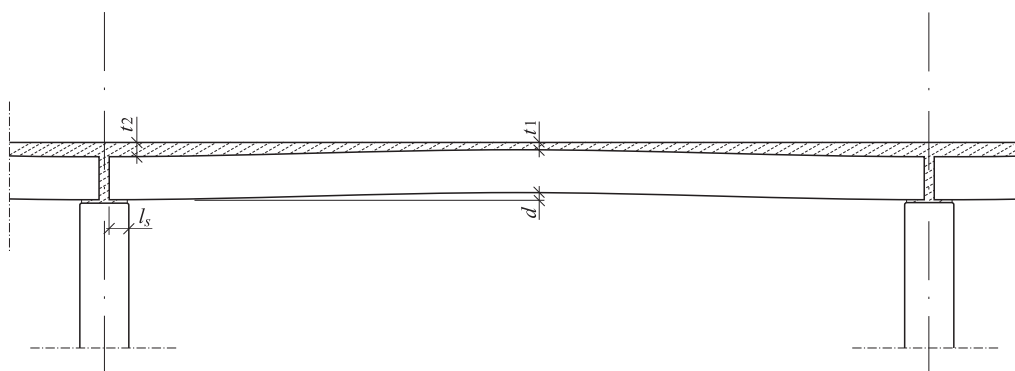
Sprężone płyty kanałowe są podnoszone za pomocą dwóch samozakleszczających się o boki płyty uchwytów szczękowych umieszczonych 30 cm od czoła płyty (rys. 33). Uchwyty należy podczepić do trawersy belkowej, zapewniającej pionowe podnoszenie płyty. Niedopuszczalne jest podnoszenie płyt HC na linach podczepianych ukośnie w stosunku do powierzchni płyt. Jeżeli w płytach wykonane są wycięcia w strefie podporowej to uchwyty należy zaczepić poza strefą wycięć. W przypadkach wątpliwych, miejsca lokalizacji chwytaków montażowych określa firma CONSOLIS.

Podczas przenoszenia, sprężone płyty kanałowe należy dodatkowo zabezpieczyć od spodu łańcuchami tak jak pokazano na rys. 34.



Rys. 34. Podnoszenie płyt HC za pomocą uchwytu szczękowego i zawiesia belkowego.

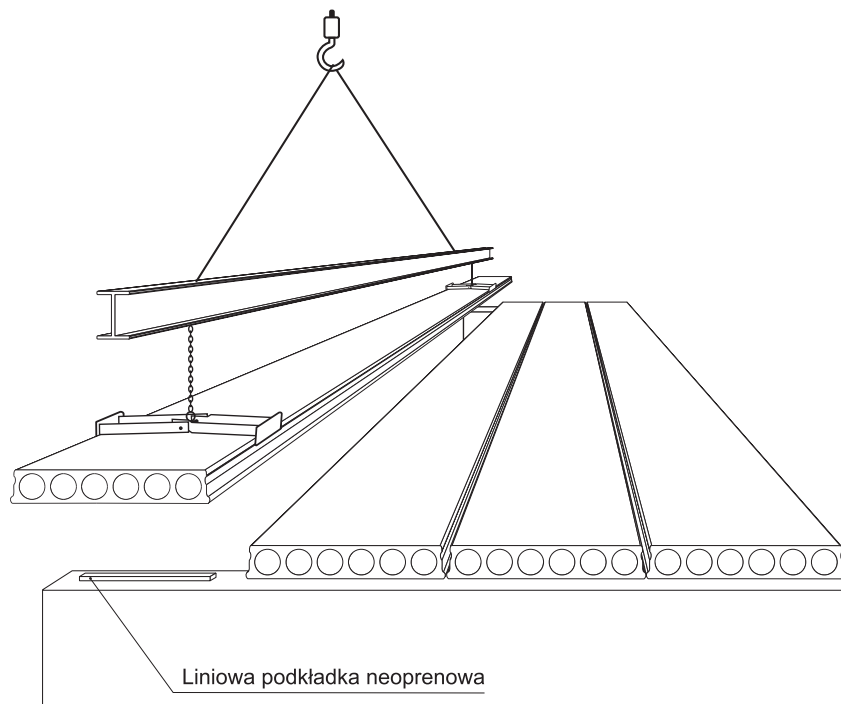
Sprężone płyty stropowe HC posiadają ujemną strzałkę ugięcia, która powinna być uwzględniona na etapie projektowania i wykonawstwa przy określaniu i wykonywaniu grubości nadbetonu jak również poziomów po wykończeniu obiektu np. dla progów drzwiowych (rys. 35).



Rys. 35. Wykonanie warstwy wyrównawczej na powierzchni płyty z uwzględnieniem ujemnej strzałki ugięcia.

W celu uzyskania równomiernego oparcia płyty na podporze zaleca się montaż z zastosowaniem liniowych podkładek neoprenowych, umożliwiających wypełnienie zaprawą przestrzeni pomiędzy spodem płyty a podporą (rys. 36). Przestrzeń tę, o wysokości około 1 cm wypełnia się zaprawą cementową klasy określonej w projekcie wykonawczym, nie mniej jednak niż M8.

Zaprawa powinna wypełniać całkowicie całą powierzchnię styku. Płyty sprężone można również opierać bezpośrednio na zaprawie klasy nie niższej niż M8. Dopuszcza się także bezpośrednie opieranie płyt, bez warstwy zaprawy i podkładek, na belkach stalowych lub innych o gładkiej, równej powierzchni.

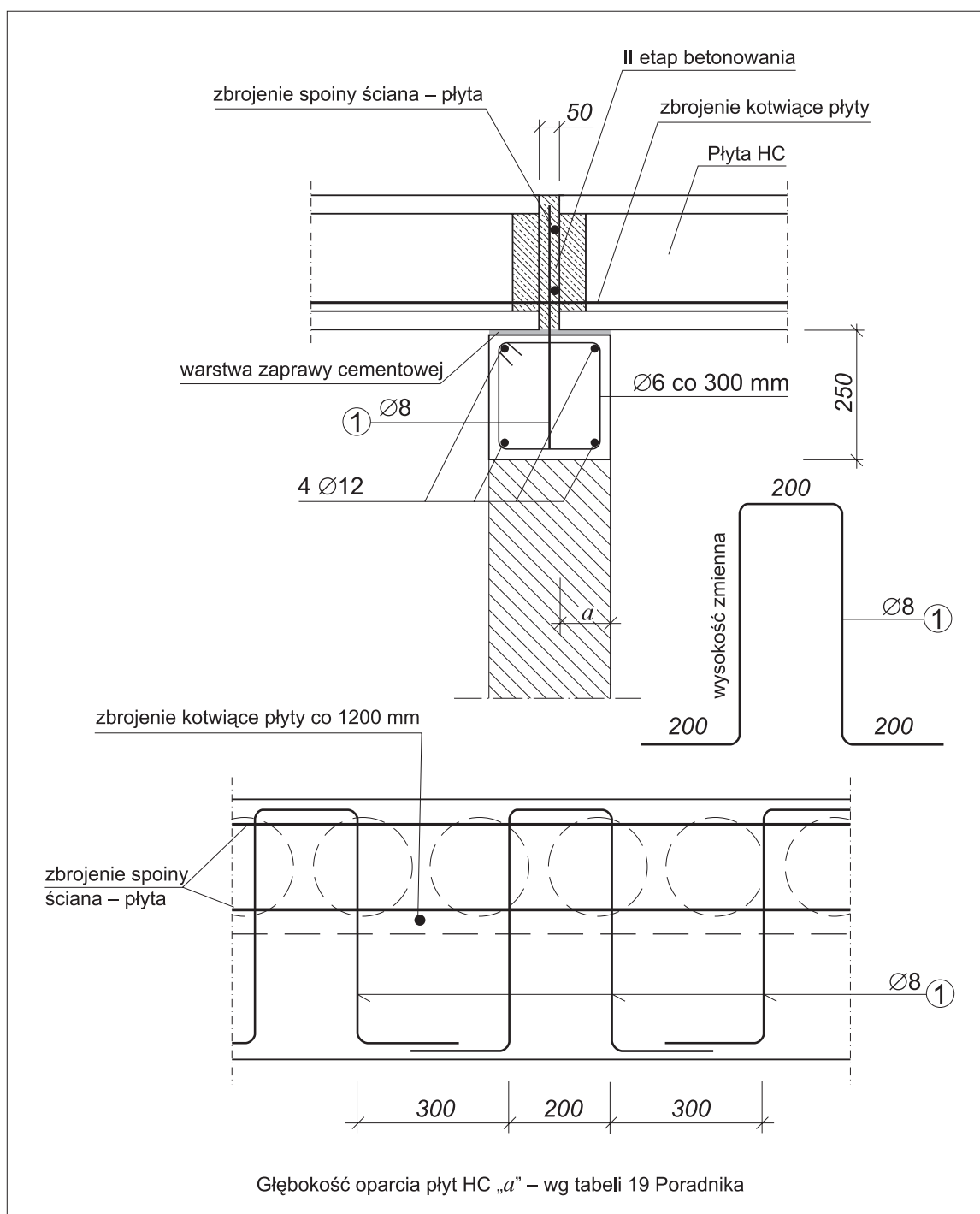


Rys. 36, Montaż płyt HC z zastosowaniem podkładek neoprenowych.

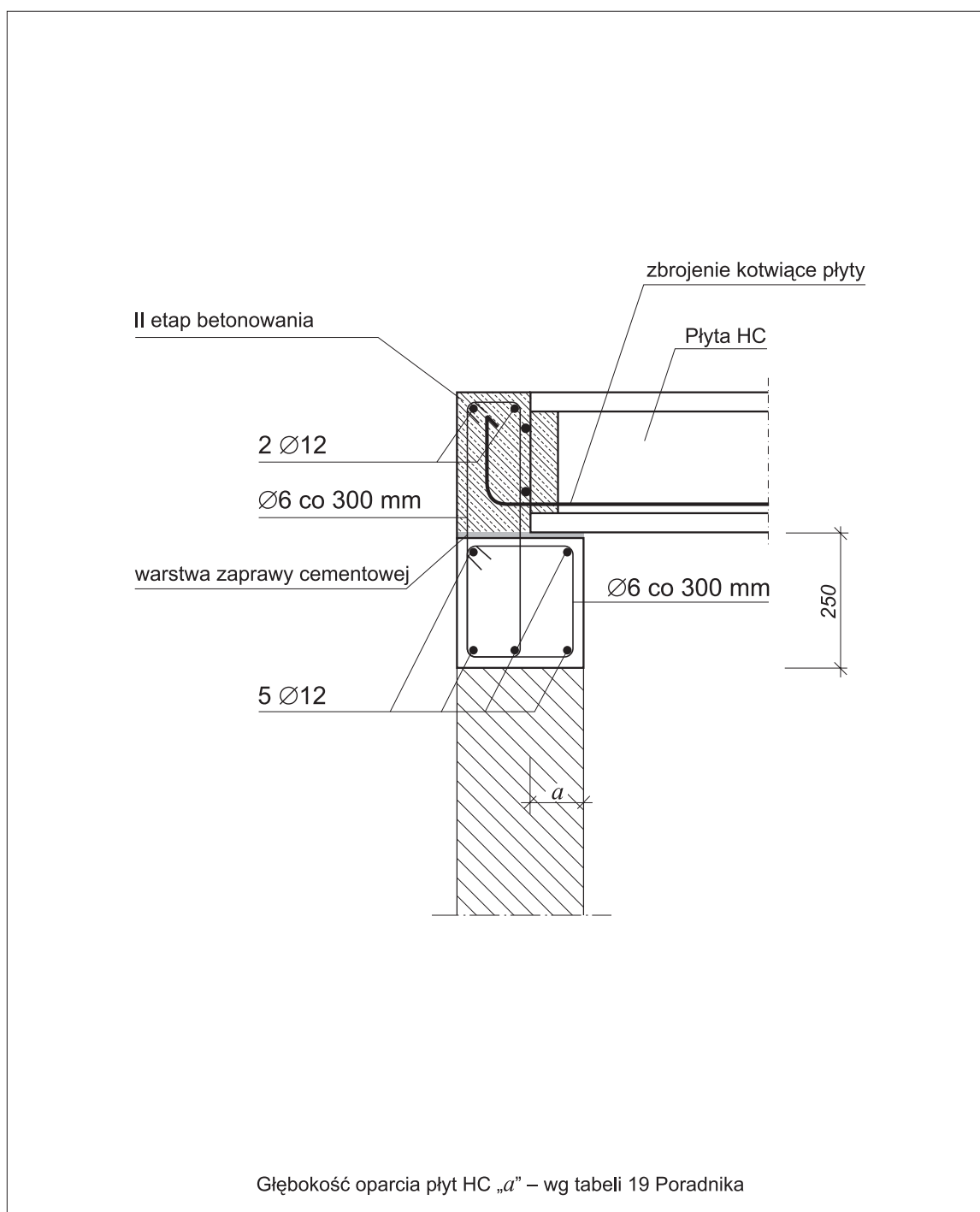
W celu utworzenia jednolitej tarczy stropowej umożliwiającej przeniesienie obciążeń poziomych i współpracę płyt sąsiednich przy przenoszeniu obciążeń pionowych, wszystkie wieńce (po uprzednim ich zbrojeniu zgodnie z projektem wykonawczym) oraz styki między płytami, należy zabetonować betonem drobnoziarnistym klasy B25.

Przed zabetonowaniem spoin wzdłużnych między płytami, powierzchnia betonu powinna być oczyszczona i nawilżona. Spoiny wzdłużne powinny być zbrojone, jeżeli przewiduje to projekt wykonawczy. Dokładne wypełnienie styków jest gwarancją prawidłowej współpracy sąsiadujących płyt, zapobiega również ich „klawiszowaniu”. Beton do wypełniania styków wzdłużnych powinien być wykonany na bazie kruszywa o maksymalnym uziarnieniu 8 mm.

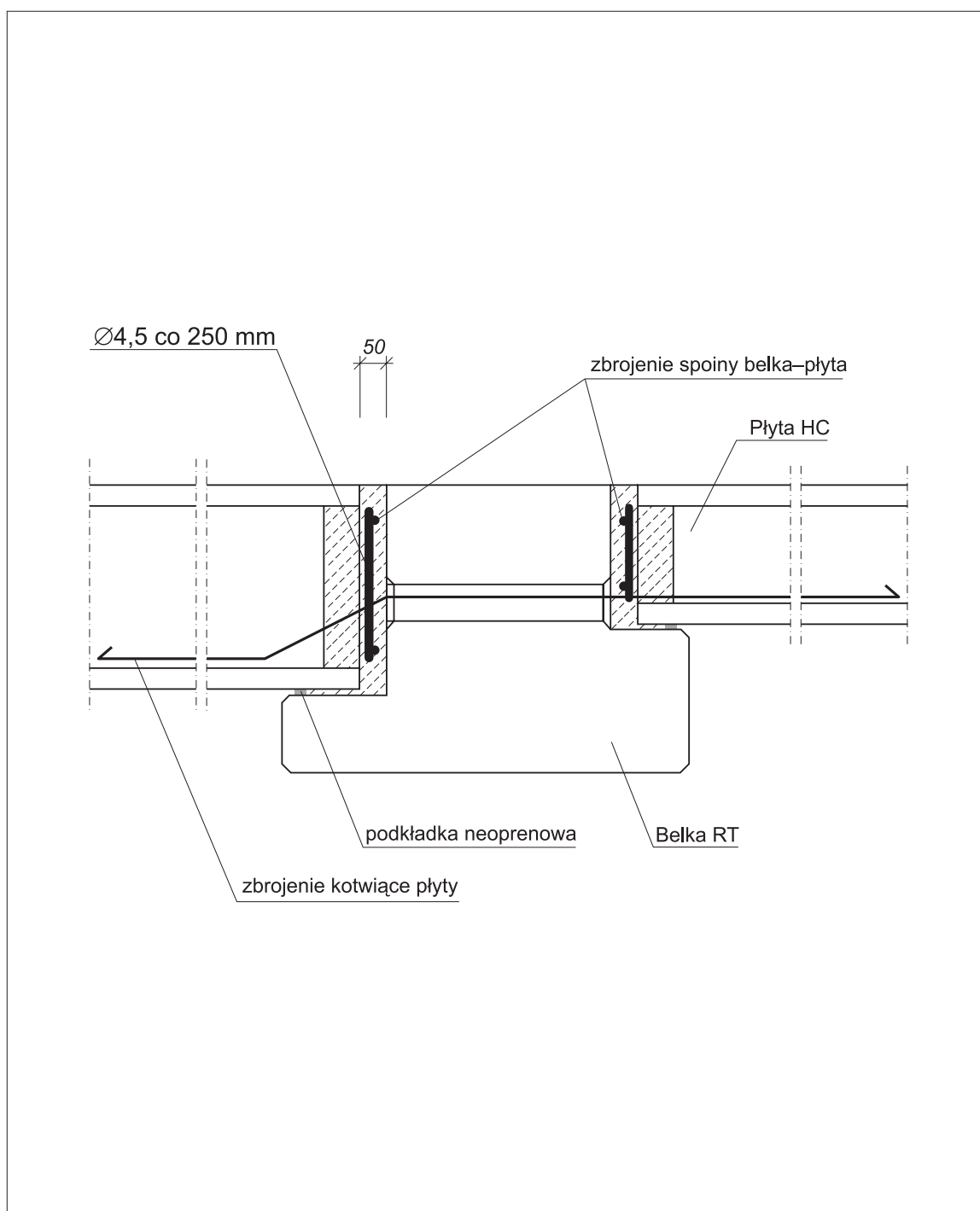
OPARCIE PŁYT HC NA ŚCIANIE MUROWANEJ



OPARCIE PŁYT HC NA ŚCIANIE MUROWANEJ

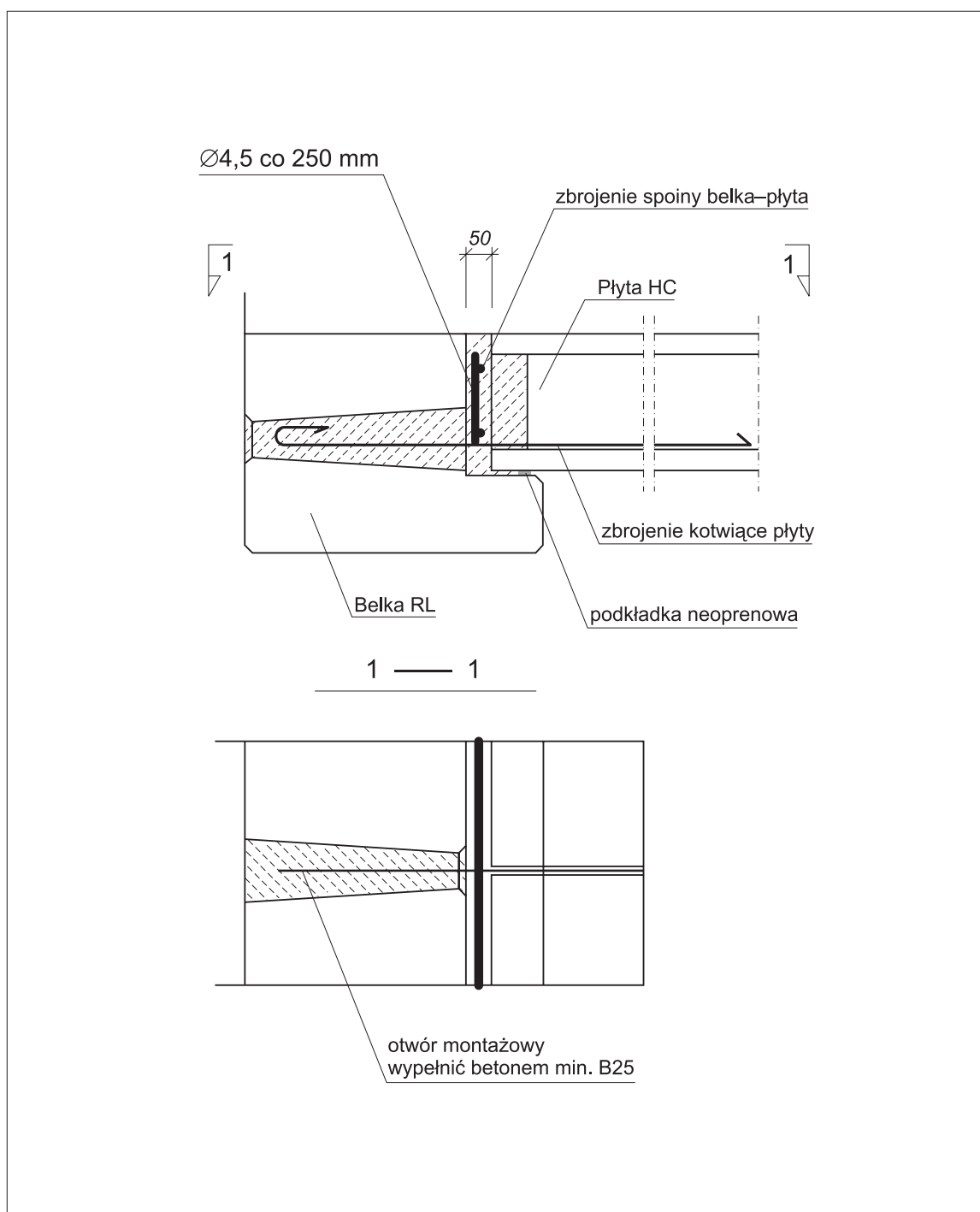
**CONSOLIS**

POŁĄCZENIE PŁYT HC Z BELKĄ TYPU „RT”

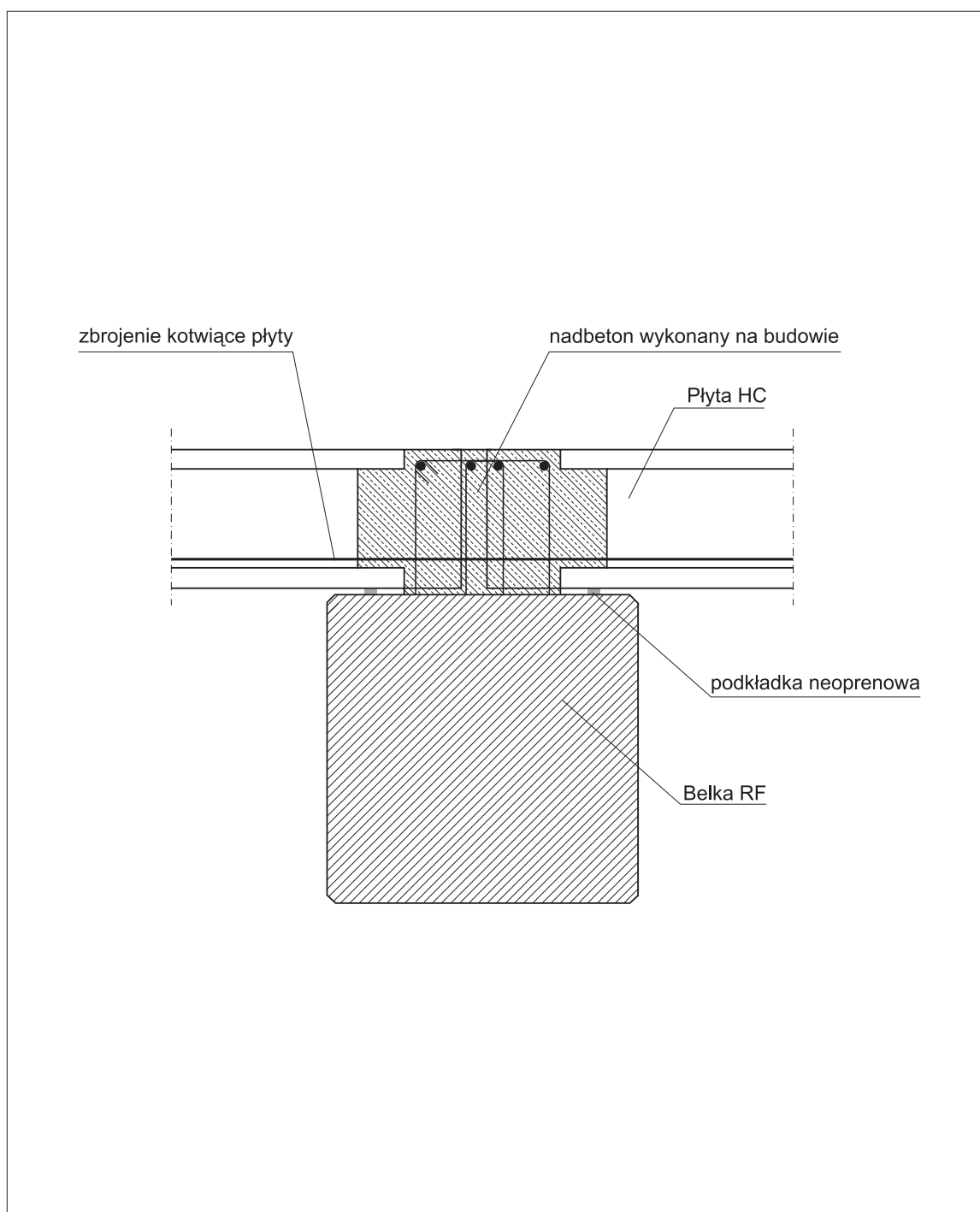


CONSOLIS

POŁĄCZENIE PŁYT HC Z BELKĄ TYPU „RL”

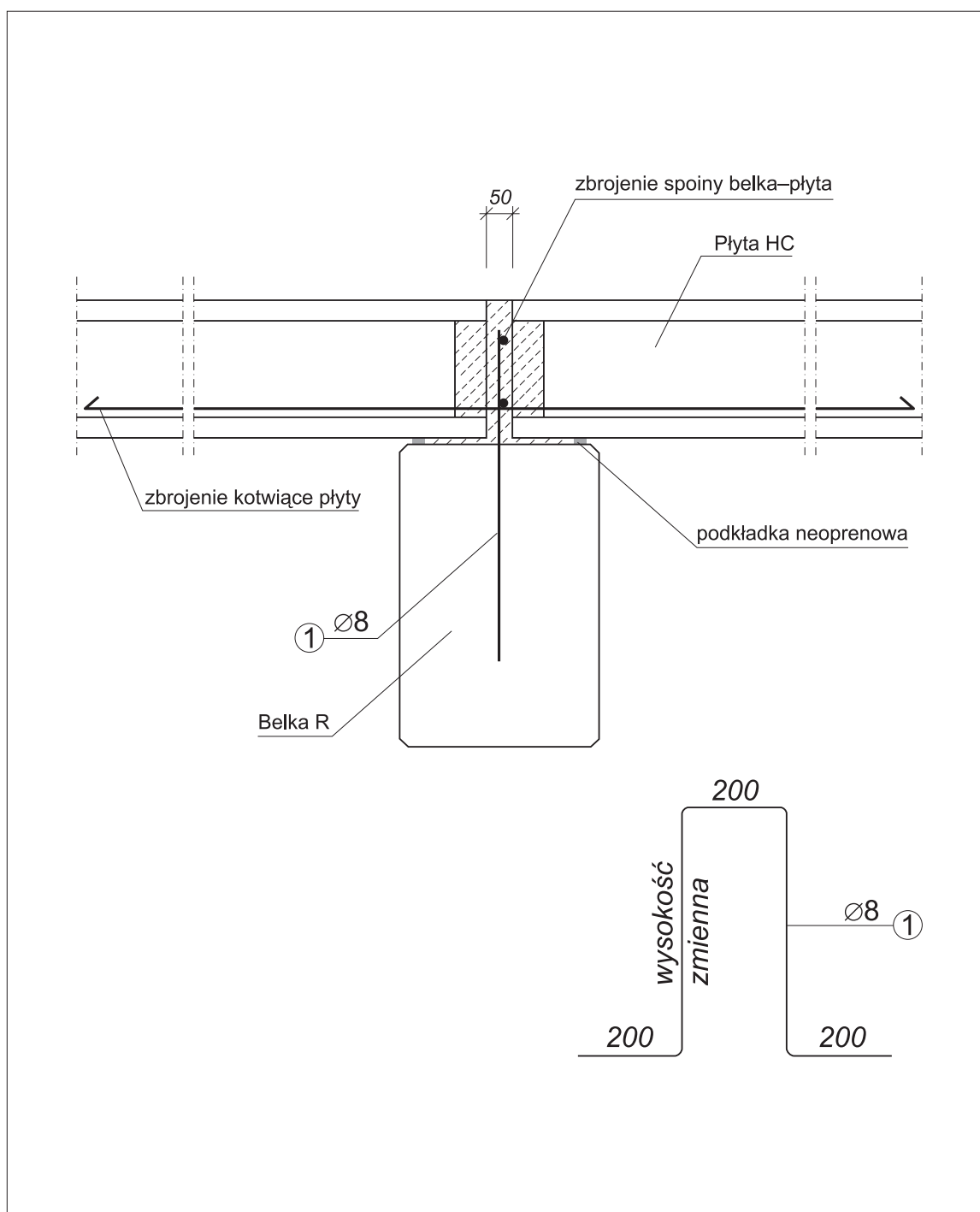
**CONSOLIS**

POŁĄCZENIE PŁYT HC Z BELKĄ TYPU „RF”

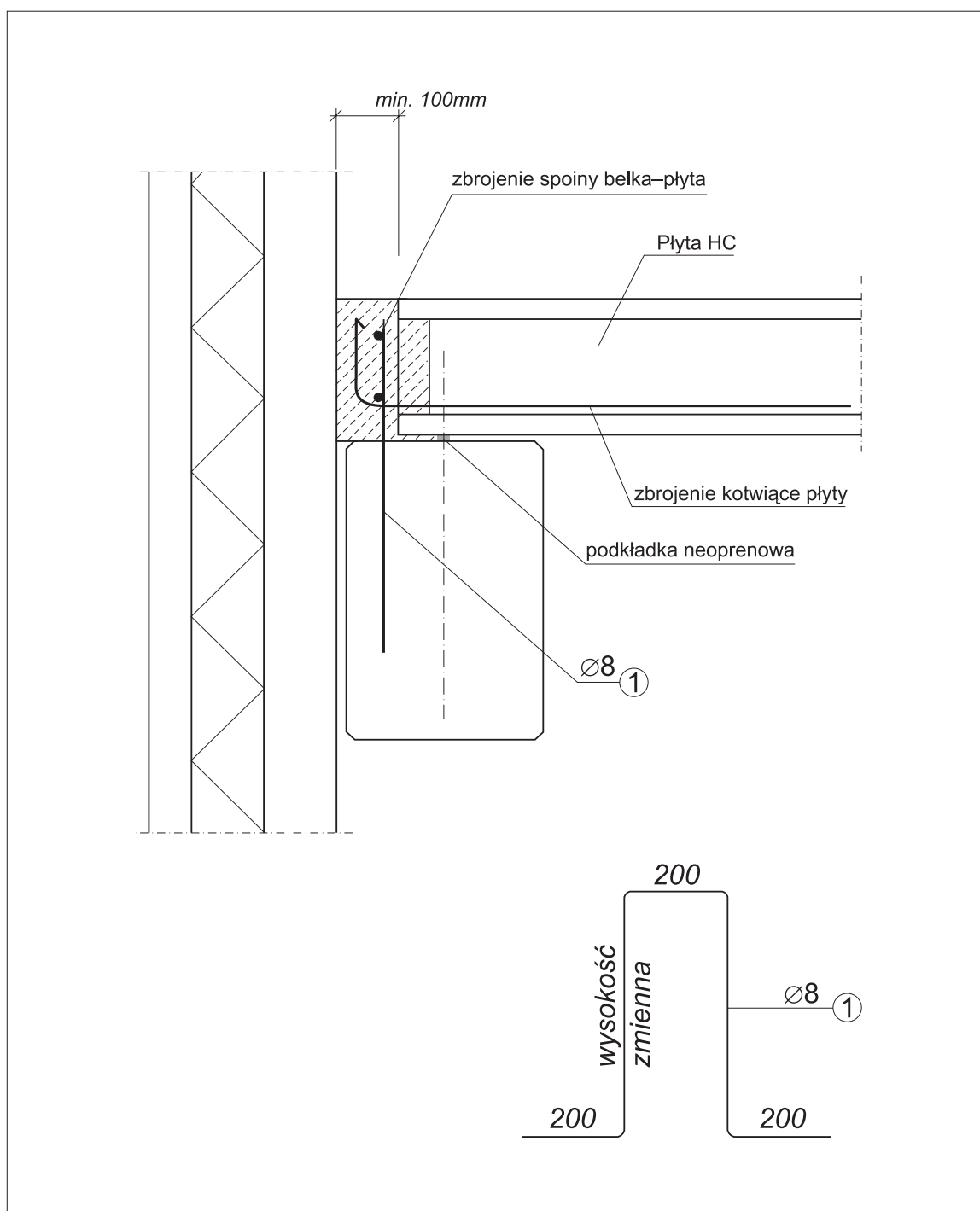


CONSOLIS

POŁĄCZENIE PŁYT HC Z BELKĄ TYPU „R”

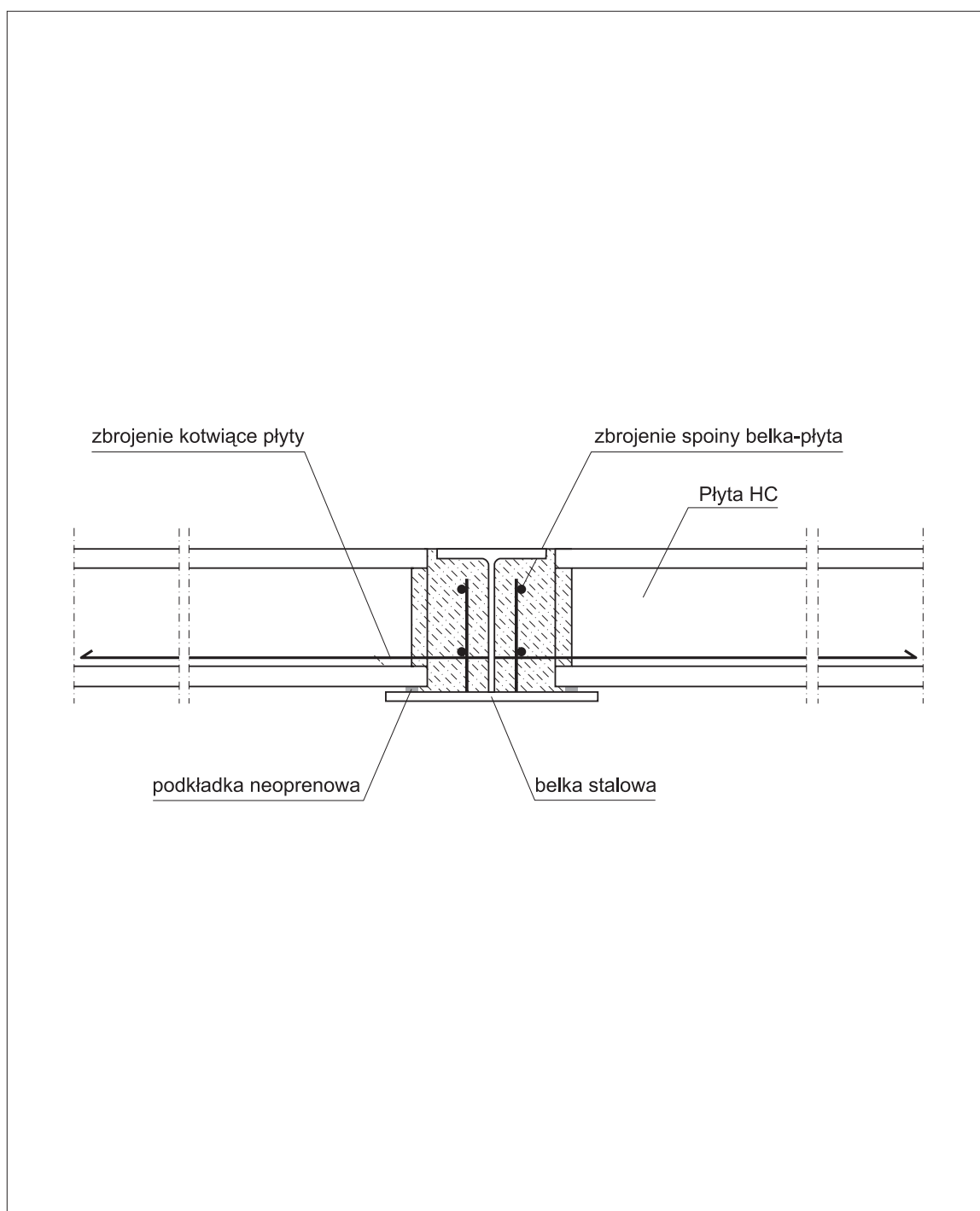
**CONSOLIS**

OPARCIE PŁYTY HC NA BELCE SKRAJNEJ TYPU „R”



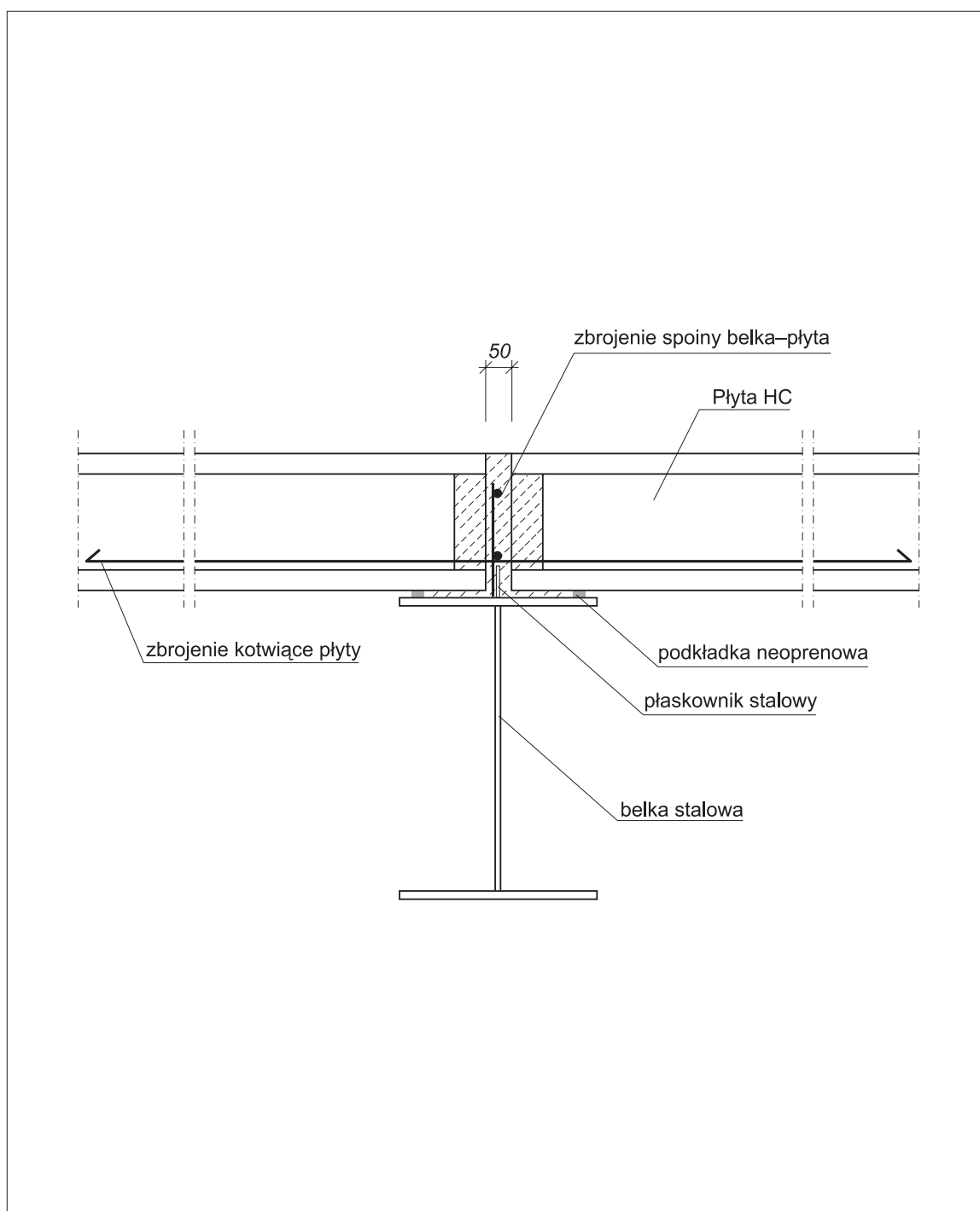
CONSOLIS

POŁĄCZENIE PŁYT HC Z BELKĄ STALOWĄ



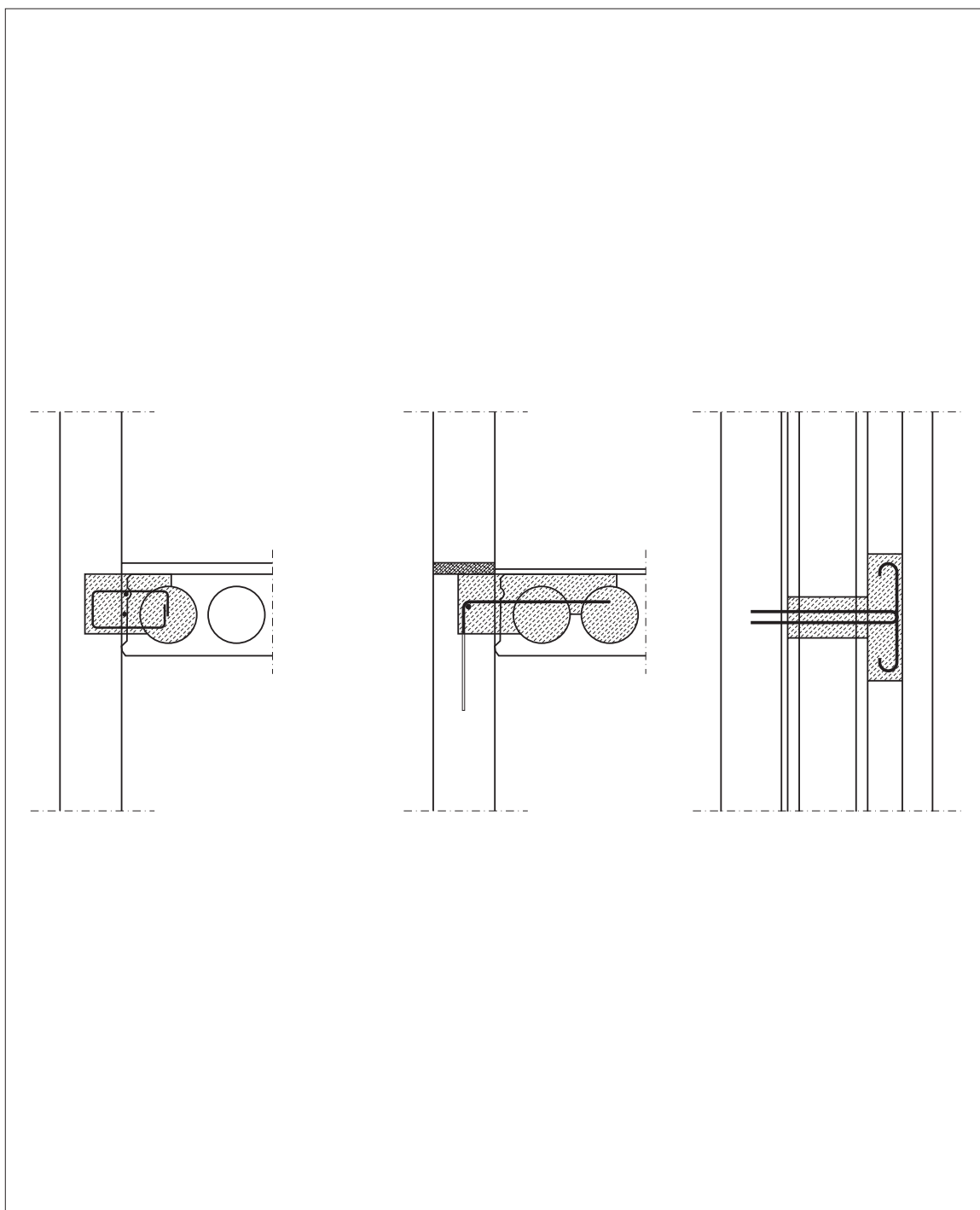
CONSOLIS

POŁĄCZENIE PŁYT HC Z BELKĄ STALOWĄ



CONSOLIS

POŁĄCZENIE PŁYT HC ZE ŚCIANĄ ZEWNĘTRZNA OSŁONOWA



CONSOLIS

CONSOLIS POLSKA Sp. z o.o.

Zakład produkcyjny

Biuro handlowe

ul. Przemysłowa 40
97-350 Gorzkowice
Tel.: +48 44 732 73 00
Fax: +48 44 732 73 01

Zakład produkcyjny

Biuro handlowe

ul. Chłapowskiego 49
63-400 Ostrów Wielkopolski
Tel.: +48 62 736 02 24
Fax: +48 62 736 22 90

Biuro centralne

90-753 Łódź
ul. Żeligowskiego 8/10
Tel.: +48 42 291-08-50
Fax: +48 42 291-08-51

Biuro handlowe

ul. Wejnerta 26/2
02-619 Warszawa
Tel: +48 22 844 18 38
Fax: +48 22 844 95 35

Biuro handlowe

ul. Pukowca 15
40-847 Katowice
Tel.: +48 32 252 53 60
Fax: +48 32 202 41 84

e - mail: info@consolis.pl

www.consolis.pl

