

# Prawidłowość wykonywania wycięć w strunobetonowych płytach kanałowych oraz konsekwencje błędów w tym zakresie i sposoby naprawy



prof. nadzw. dr hab.  
**TOMASZ Z. BŁASZCZYŃSKI**  
Eur Ing, CEng, MStructE  
Politechnika Poznańska  
Wydział Inżynierii Lądowej i Transportu  
Instytut Konstrukcji Budowlanych  
**ORCID: 0000-0003-3177-9654**

mgr inż.  
**BŁAŻEJ GWOZDOWSKI**  
Politechnika Poznańska  
Wydział Inżynierii Lądowej i Transportu  
**ORCID: 0000-0002-0103-710X**

W artykule przedstawiono ogólne zasady bezpiecznego wycinania i otworowania prefabrykowanych płyt strunobetonowych oraz przypadki błędów popełnionych przy projektowaniu i realizacji stropów płytowych, prowadzące do stanów awaryjnych.

mgr inż.  
**DAWID SINACKI**  
Politechnika Poznańska  
Wydział Inżynierii Lądowej i Transportu  
**ORCID: 0000-0003-3605-0352**

W ostatnich latach można w Polsce zaobserwować wzrost popularności stropów prefabrykowanych w realizacji obiektów budowlanych. Rosnące koszty pracy oraz potrzeba przyspieszenia robót budowlanych w sposób naturalny przyczyniły się do zwiększenia popytu na płyty stropowe prefabrykowane, w tym przede wszystkim płyty kanałowe strunobetonowe. Szybkość montażu stropów strunobetonowych w połączeniu z możliwością przekrywania nawet kilkunastometrowych rozpiętości sprawiły, że jest to obecnie rozwiązanie stosowane powszechnie nie tylko w budynkach biurowych, użyteczności publicznej i mieszkalnych wielorodzinnych, ale także realizowanych metodą gospodarczą domach jednorodzinnych. Jednocześnie płyty kanałowe strunobetonowe występują w nawet kilkudziesięcioletnich obiektach budowlanych, które przechodzą obecnie prace remontowe, często obejmujące również zmianę sposobu użytkowania. W takich przypadkach konieczna jest ponowna analiza stanów granicznych (SGN i SGU), uwzględniająca wpływ nowych przebiegów technologicznych, które w sposób oczywisty osłabiają konstrukcję stropu. Dodatkowym utrudnieniem bywa niekompletna dokumentacja wykonawcza lub nawet jej brak.

Niestety pomimo upowszechnienia technologii płyt kanałowych strunobetonowych oraz wzrostu dostępności prefabrykatów na rynku wiedza wykonawców i projektantów

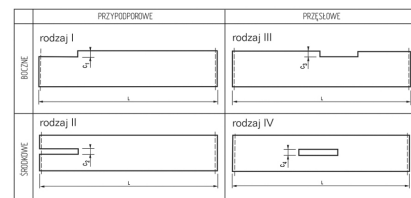
nadal bywa niewystarczająca, by prawidłowo zaprojektować konstrukcję stropu. Błędy wynikające z niewłaściwie wykonanych obliczeń płyt z wycięciami podporowymi i przęsłowymi, bagatelizacja wpływu przypadkowego zamocowania płyt na podporach czy też błędna analiza rozdziału obciążeń liniowych i skupionych to regularnie pojawiające się błędy projektowe. Na etapie realizacji także popełniane są liczne błędy. Zarysowania wywołane przez wodę zamarzającą w kanałach płyt stropowych, niewłaściwie wykonane otwory naruszające sploty sprzężające oraz błędne wykonanie strefy oparcia płyty na wieńcach lub belkach to tylko niektóre z najczęściej spotykanych błędów wykonawczych. Wiele z nich wynika z nieprawidłowego założenia, że płyty kanałowe strunobetonowe nie różnią się od płyt żebrańskich i zasady dotyczące realizacji obu stropów są tożsame. Większości z nich można by uniknąć, stosując się do wytycznych zawartych w poradnikach technicznych producentów prefabrykatów [1, 2] oraz do założeń normy PN-EN 1168 [3] i norm związanych [4–9].

## Płyty z wycięciami podporowymi i przęsłowymi – zasady projektowania

Wycięcia w płytach kanałowych strunobetonowych to perforacje, w wyniku których

usunięty zostaje jeden lub dwa środniki (żebra) płyty. Wykonuje się je w sytuacjach, w których konieczne jest przeprowadzenie przez strop zblokowanych pionów instalacyjnych lub pojedynczych przewodów o przekroju poprzecznym znacznych rozmiarów. W przypadku występowania kilkukondygnacyjnych słupów lub trzpieni wykonanie wycięć podporowych jest także jednym ze sposobów na ich „ominięcie”. W zależności od typu płyt stropowych producenci dopuszczają różne maksymalne szerokości wycięć przypodporowych oraz przęsłowych. Lokalizacja podstawowych trzech rodzajów wycięć została przedstawiona na rysunku 1. na przykładzie płyt HC [1, 2].

Wycięcia przypodporowe mogą być wykonane jako boczne lub środkowe, poprzez usunięcie przypodporowego odcinka jednego bądź dwóch środników płyty razem z półkami. W efekcie naruszona jest krawędź końcowa, a żebro jest skrócone na szerokości wycięcia i płyta nie ma w tym miejscu bez-



Rys. 1. Rodzaje wycięć w płytach HC [2]

pośredniego oparcia na podporze. Natomiast wycięcia przęsłowe powstają poprzez usunięcie jednego lub dwóch środników w części środkowej płyty, przy czym przyjmuje się, że powinno być ono zlokalizowane w odległości większej niż 120–130 cm od końca elementu prefabrykowanego. Wycięcia przęsłowe również dzielimy na boczne oraz środkowe. Dopuszczalne długości wycięć są określone dla danego typu płyt, a wartości podawane przez producentów są podobne. Zasięg wycięć podporowych nie powinien być większy niż mniejsza z wartości: 130 cm i 0,15 L, gdzie „L” to rozpiętość efektywna stropu płytowego. Długość wycięć przęsłowych bocznych może być dowolna, natomiast nie powinno się wykonywać wycięć środkowych dłuższych niż 120 cm.

Jako przykład zostały przedstawione maksymalne szerokości wycięć przęsłowych i przyporowych dla płyt strunobetonowych typu HC200, HC265 oraz HC320 (tablica 1). Są to bowiem jedne z najpowszechniej stosowanych płyt strunobetonowych, a ich produkcją zajmują się zarówno zakłady prefabrykacji z dużym doświadczeniem, jak również nowe przedsiębiorstwa produkcyjne, często niedysponujące własnym działem projektowym. Natomiast brak weryfikacji projektów przed zleceniem płyt na produkcję może prowadzić do realizacji błędnych rozwiązań konstrukcyjnych, a w konsekwencji do awarii.

W poradnikach dla projektantów, aktualizowanych regularnie przez producentów, można zauważyć pewną liberalizację zasad dotyczących wykonywania wycięć w płytach. Dla płyt, w których zagwarantowane jest swobodne oparcie na podporach, dopuszczalne są wycięcia podporowe sięgające nawet 50% nominalnej szerokości płyty. Ponadto projektanci powinni zwracać uwagę na szereg dodatkowych ograniczeń, dotyczących wykonywania bardziej złożonych układów wycięć [1, 2, 10, 11]:

- przy jednej podporze dopuszcza się wykonanie tylko jednego wycięcia podporowego;
- przyporowemu wycięciu środkowemu zlokalizowanemu na jednym końcu płyty może towarzyszyć wycięcie przyporowe środkowe na jej drugim końcu, natomiast niedopuszczalne jest wykonanie w jednej płycie dwóch różnych wycięć przyporowych (bocznego i środkowego);
- w jednej płycie można wykonać kilka wycięć środkowych, jednak odstęp między sąsiednimi wycięciami, mierzony wzdłuż płyty, nie może być mniejszy niż 120 cm;
- w jednej płycie można wykonać kilka wycięć przęsłowych, przy czym odstęp między nimi, mierzony wzdłuż płyty, nie może być mniejszy niż 120 cm;

Tablica 1: Maksymalne dopuszczalne wycięcia w płytach kanałowych strunobetonowych HC [za 1]

Typ płyty	Rodzaj i szerokość wycięcia				Maksymalna średnica otworów [mm]
	Przyporowe boczne [mm]	Przyporowe środkowe [mm]	Przęsłowe boczne [mm]	Przęsłowe środkowe [mm]	
HC200	350*	240	160	240	100
HC265	420*	230	210	230	120
HC320	240	280	240	280	140

(\*) nie dopuszcza się stosowania w układach ściennych z uwagi na ryzyko powstania momentu podporowego

Tablica 2: Redukcja nośności na ścinanie płyt HC z bocznymi wycięciami przyporowymi [2]

Typ płyty	Szerokość wycięcia bocznego [mm]	Obliczeniowa nośność przekroju na ścinanie [kN]	Zredukowana nośność przekroju na ścinanie [kN]	Spadek nośności [%]
HC200-6 R60	350	73,50	33,03	55
HC265-8 R60	420	106,40	42,77	60
HC320-7 R60	240	130,30	74,65	38

- w jednej płycie dopuszcza się wykonanie kilku wycięć bocznych, ale powinny one się znajdować wzdłuż tej samej krawędzi – nie dopuszcza się naruszania wycięciami obydwu bocznych krawędzi płyty strunobetonowej;
- odstęp między wycięciem przyporowym bocznym a najbliższym wycięciem przęsłowym bocznym powinien wynosić przynajmniej 120 cm (odległość mierzona wzdłuż płyty);
- płyty z wycięciem przyporowym na szerokość obejmującą dwa środniki powinny być projektowane jako wolnopodparte.

Należy pamiętać, że zastosowanie się do wytycznych związanych z geometrią wycięć nie oznacza, że perforowane płyty zostaną właściwie zaprojektowane. Wycięcia mają niekorzystny wpływ na nośność prefabrykatów. W związku z tym deklarowane przez producentów dopuszczalne obciążenia z uwagi na SGN i SGU każdorazowo trzeba zredukować, obliczając płyty perforowane pionowo [10, 11, 16].

Płyty z wycięciami przyporowymi, zwłaszcza bocznymi, charakteryzują się obniżoną nośnością na ścinanie regionów niezarysowanych, a także są bardziej wrażliwe na zarysowanie w strefie przyporowej, wywołane np. przypadkowym zamocowaniem płyty. Natomiast wycięcia przęsłowe wpływają negatywnie przede wszystkim na nośność przekroju płyty na zginanie. Każdą płytę perforowaną należy poddać analizie obliczeniowej zgodnie z wytycznymi podanymi w normach oraz poradniku dla projektantów danego producenta.

W celu wyznaczenia zredukowanej nośności na ścinanie płyty z wycięciami przyporowymi należy wyznaczyć kolejno współczynnik redukcji nośności na ścinanie [1, 2]:

$$\delta_V = 1 - \frac{\Delta b_w}{\sum b_{w,0}} \quad (1)$$

gdzie:

$\Delta b_w$  – łączna szerokość żeber, które zostały wycięte przy podporze

$\sum b_{w,0}$  – suma szerokości wszystkich żeber płyty podstawowej, w środku ciężkości przekroju

Zredukowana nośność na ścinanie wynosi [1, 2]:

$$V_{Rd,red} = \delta_V \cdot V_{Rd,c} \quad (2)$$

gdzie:

$V_{Rd,c}$  – nośność na ścinanie niezarysowanej strefy przyporowej

Dla płyt z wycięciem przyporowym bocznym należy dodatkowo uwzględnić wpływ skręcania, które zwiększa wyężenie żeber, szczególnie żebra skrajnego o pełnej długości, zlokalizowanego bezpośrednio przy wycięciu. W tym celu należy dodatkowo zredukować nośność na ścinanie zgodnie ze wzorem normowym [3]:

$$V_{Rd,n} = V_{Rd,red} - V_{Ed} \quad (3)$$

Przy czym wpływ momentu skręcającego wyznacza się z wyrażenia [3]:

$$V_{Ed} = \frac{T_{Ed}}{2 \cdot b_w} \cdot \frac{\sum b_w}{(b - b_w)} \quad (4)$$

gdzie:

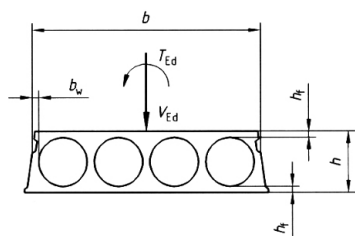
$T_{Ed}$  – moment skręcający

$\sum b_w$  – suma szerokości żeber płyty na poziomie środka ciężkości przekroju osłabionego

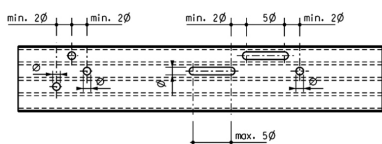
$(b - b_w)$  – rozstaw osiowy skrajnych żeber w przekroju osłabionym wycięciem

$b_w$  – szerokość skrajnego żebra płyty





Rys. 2. Schemat sił w strefie przypodporowej płyty – ścinanie ze skręcaniem [3]



Rys. 3. Zasady rozmieszczania otworów w płytach HC [2]

Schemat sił w przekroju płyty obciążonym skręcaniem pokazano na rysunku 2.

Wykonanie obliczeń dla płyt z maksymalnymi dopuszczalnymi wycięciami przypodporowymi prowadzi do znaczącej redukcji nośności na ścinanie, np. w przypadku płyty HC265-8 spadek wynosi 60% (tablica 2.). W efekcie o doborze płyt z uwagi na SGN zaczyna decydować wartość siły tnącej, a jedynym sposobem jest wzmocnienie płyt na ścinanie [2, 10, 16]

Projektowanie płyt z wycięciami przypodporowymi wymaga nie tylko analizy SGN, ale również SGU. Osłabione przypodporowo płyty strunobetonowe są bowiem narażone na zarysowanie dolnej powierzchni płyty pod wpływem momentu zginającego, przy jednoczesnym uwzględnieniu wpływu skręcania płyty, co zmienia wartość nośności na ścinanie [1, 2].

Projektowanie płyt perforowanych w przęśle również polega na wyznaczeniu współczynnika redukcyjnego, który określany jest z proporcji [1, 2]:

$$\delta_M = 1 - \frac{c}{b_0} \quad (5)$$

gdzie:

$c$  – szerokość wycięcia

$b_w$  – nominalna szerokość płyty bez wycięć

Wartość zredukowanej nośności na zginanie płyty z wycięciem przęsłowym obliczamy jako [2]:

$$M_{Rd,red} = \delta_M \cdot M_{Rd} \quad (6)$$

gdzie:

$M_{Rd}$  – nośność na zginanie płyty bez wycięć

Taka uproszczona procedura może być stosowana tylko w zakresie wycięć o szerokościach maksymalnych zdefiniowanych przez producenta. W innym wypadku konieczna jest analiza bardziej szczegółowa,

z uwzględnieniem wyciętych splotów sprężających w strefie wycięcia i wyznaczeniu dokładnej nośności dla tak powstałego przekroju obliczeniowego.

W analogiczny sposób należy wykonać kontrolę zarysowania oraz sprawdzić warunek dekompresji, jeśli środowisko eksploatacji stropu odpowiada klasom ekspozycji XC2 i wyższym.

### Projektowanie płyt z otworami

Płyty z otworami mogą być traktowane jak płyty podstawowe, bez osłabienia, pod warunkiem, że wszystkie perforacje zostaną wykonane zgodnie z wytycznymi producenta. To producent określa maksymalną średnicę otworów oraz definiuje dopuszczalne ich położenie. Ogólne zasady są zawsze zbliżone, niezależnie od typu płyty stropowej, i odnoszą się do perforacji nienaruszających splotów sprężających umieszczonych w żebrach [1, 2]:

- średnica otworu nie może być większa od maksymalnej podanej dla danego typu płyty;
- każdy otwór powinien mieć wyokrągłone zakończenia, a ich średnica powinna być równa szerokości otworu (dotyczy otworów podłużnych);
- długość otworów nie powinna być większa od maksymalnej podanej przez producenta, najczęściej jest to wartość wyrażona jako wielokrotność maksymalnej dopuszczalnej średnicy otworu – np. pięć średnic dla płyt HC;
- żaden przekrój poprzeczny nie powinien być osłabiony więcej niż jednym otworem;
- nie należy wykonywać otworów na odciwkach osłabionych wycięciami;
- odległość między otworami mierzona wzdłuż płyty powinna wynosić przynajmniej dwie średnice maksymalne, dopuszczalne dla danego typu płyty.

Zasady rozmieszczania otworów dla płyt typu HC zostały zobrazowane na rysunku 3. Jakkolwiek dopuszcza się wykonywanie otworów na placu budowy, lepszym rozwiązaniem jest wykonanie większości niezbędnych perforacji w zakładzie prefabrykacji [1, 2].

### Wykonywanie wycięć i otworów

Sposób wykonywania wycięć i otworów jest w głównej mierze zależny od etapu, na którym są one wykonywane. Wykonywanie wycięć powinno odbywać się zawsze w zakładzie prefabrykacji, na podstawie rysunków płyt dostarczonych przez projektanta. Producenci stosują dwie techniki wykonywania otworów w płytach. Pierwsza polega na formowaniu wycięć w płytach świeżo wytworzonych. Tak wykonane perforacje mają zwykle nierówne krawędzie, co nie jest jednak wadą prefabrykatu (rys. 4.). Druga technika



Rys. 4. Płyty z bocznymi wycięciami przypodporowymi wykonanymi „na mokro” [2]

polega na cięciu płyty piłą i jest wykorzystywana głównie wtedy, kiedy decyzja o wykonaniu wycięcia jest podejmowana na etapie składowania gotowych prefabrykatów [2].

Wykonywanie otworów w zakładach prefabrykacji jest praktyką realizowaną zwykle na wyraźne życzenie zamawiającego, a montaż tak przygotowanych płyt wymaga szczególnej precyzji. Otwory okrągłe najczęściej są wywierane w stwardniałym betonie. Wykonywanie otworów „na mokro” wymaga szczególnej precyzji, aby nie odłonić splotów sprężających.

Na placu budowy zaleca się wykonywanie wyłącznie otworów o wymiarach dopuszczalnych przez producenta, poprzez precyzyjne ich wywieranie. Należy zwrócić szczególną uwagę na to, czy w trakcie wiercenia nie pojawiają się żadne rysy. Zalecana jest inspekcja płyt otworowanych na budowie przed wprowadzeniem elementów instalacji.

Należy pamiętać, że przez wszelkie otwory do kanałów płyt może dostać się woda. Aby uniknąć zbierania się jej w kanałach, należy wykonać niewielkie odwierty w dolnych półkach płyt, rozmieszczone w środkach kanałów. Takie otwory powinny pojawić się w części przypodporowej płyt, a w sytuacjach szczególnych – np. w płytach o znacznej długości, w których większość obciążeń ma charakter stały, a obliczenia wykażą wystąpienie ugięcia bliskiego wartości granicznej – także w środku przęsła. Ma to szczególne znaczenie wtedy, kiedy prace prowadzone są zimą i może dojść do zamarznięcia wody w kanałach.

### Przykładowe błędy prowadzące do sytuacji awaryjnych oraz sposoby naprawy

Błędy w projektowaniu i realizacji stropów płytowych strunobetonowych są najczęściej spowodowane brakiem wiedzy na temat pracy konstrukcji sprężonych. Ponadto do problemów może doprowadzić pominięcie w procesie projektowania szczegółowej analizy elementów z wycięciami, a także nieuwzględnienie wpływu skręcania oraz momentu podporowego powstałego w wyniku przypadkowego zamocowania stropu na podporze. Do błędów wykonawczych dochodzi najczęściej wtedy, gdy bez konsultacji z projektantem wykonuje się dodat-

kowe otwory w stropie lub nie uwzględnia się wytycznych dotyczących oparcia stropu na podporach. Powtarzającym się problemem jest również zarysowanie wywołane przez wodę zamarzającą w kanałach płyt, w których nie wykonano odwiertów w strefach przypodporowych (rys. 5). Większość usterek można naprawić, unikając tym samym kosztownej wymiany użytkowanych fragmentów stropu. Niezbędna jest jednak szybka reakcja, polegająca przede wszystkim na zabezpieczeniu konstrukcji stropu przez tymczasowe jego podparcie.

Do najczęściej spotykanych uszkodzeń należy zaliczyć rysy wzdłuż kanałów. Powodem ich powstania może być nadmiar wody w betonie, gwałtowne wysychanie mieszanki betonowej, zamarzanie wody w kanałach płyty lub zbyt gwałtowne podgrzanie płyt podczas produkcji. Z punktu widzenia pracy konstrukcji stropu są to uszkodzenia mniej istotne. Równie często spotykane są zarysowania górnej i dolnej powierzchni płyt stropowych oraz rysy rozpoczynające się w okolicach wycięć i otworów, które naruszają środniki i mogą wpływać na bezpieczeństwo konstrukcji.

Brak nadzoru nad pracami budowlanymi może jednak doprowadzić do znacznie poważniejszych konsekwencji. Przykładem może być awaria w jednej z galerii handlowych, do której doszło po adaptacji lokalu magazynowego na handlowy. Z uwagi na fakt, że w części obiektu zaobserwowano odczuwalne drgania stropu, została zlecona ekspertyza. Konfrontacja obserwacji dokonanych w obiekcie podczas wizji lokalnej z dokumentacją wykonawczą i powykonawczą wskazała jednoznacznie, że instalacje zostały wykonane niezgodnie z projektem. Ponadto pomimo kontroli wykonanych przez osoby do tego uprawnione nie stwierdzono żadnych nieprawidłowości. W efekcie została naruszona konstrukcja stropu w jednym z lokali.

Z dokumentacji projektowej konstrukcji wynikało, że zastosowane zostały płyty sprężone typu SPIROLL o wysokości konstrukcyjnej 265 mm, wykonane z betonu klasy C40/50 i sprężone ośmioma cięgnami 12,5 mm. Do konstrukcji monolitycznych zastosowano beton klasy B30 (obecnie C25/30) oraz stal zbrojeniową AIII (34Gs) (konstrukcyjna) i A0 (montażową). Nadbeton zgodnie z projektem konstrukcji powinien mieć grubość 70 mm, co potwierdziły pomiary podczas wizji lokalnej. Klasa nadbetonu zgodnie z projektem to B30 (C25/30).

Wizja lokalna wykazała, że w grubości stropu poprowadzono przewód kanalizacyjny o średnicy 100 mm. W tym celu dokonano nieprawidłowych wycięć w poprzek sześciu płyt stropowych – wycięcia miały szerokość 15 cm i głębokość 20 cm (rys. 6). Przekrój przez zaprojektowany strop oraz przekrój w miejscu osłabionym nieprawidłowym wycięciem pokazano na rysunku 7. Na długości wycięcia wy-

sokość konstrukcyjna płyty wraz z nadbetonem zmniejszyła się z projektowanych i wykonanych 335 mm do 135 mm. Efektem był spadek nośności na zginanie i ścinanie. Według Eurokodu [6] nośność na ścinanie elementów sprężonych wolnopodpartych jednoprzęsłowych, niezbrojonych, na ścinanie, oblicza się, korzystając ze wzoru 6.4 normy. Zgodnie z wytycznymi nośność na ścinanie w strefie niezarysowanej (strefa przypodporowa w elemencie jednoprzęsłowym wolnopodpartym) przez zginanie wynika bezpośrednio z ograniczenia wartości głównych naprężeń rozciągających do wartości obliczeniowej wytrzymałości betonu na rozciąganie. Norma dotycząca płyt kanałowych [3] dodatkowo modyfikuje wzór na nośność, dodając współczynniki redukcyjne

$\varphi = 0,8$  oraz  $\beta = 0,9$ . Wzór przyjmuje zatem postać:

$$V_{Rd,c} = \varphi \cdot \frac{l_{bw}}{s} \cdot \sqrt{(f_{ctd})^2 + \beta \cdot \alpha_t \cdot \sigma_{cp} \cdot f_{ctd}} \quad (7)$$

Z uwagi na radykalną zmianę geometrii przekroju (spadek momentu statycznego S) spadek nośności na ścinanie był bardzo istotny (w zależności od płyty – do 63%). Wszystkie obliczenia wykonano, przyjmując za podstawę obowiązujące normy [3–9] oraz poradnik dla projektantów producenta płyt stropowych z okresu, w którym były one wyprodukowane.

Poza osłabiającymi konstrukcję wycięciami w stropie wykonano także otwory. Pomiary wykazały, że ich średnice (140 i 150 mm) przekraczają dopuszczalne przez producenta wartości oraz naruszają dwa środniki płyty stropowej, co również jest niedozwolone. Ponadto otwory zostały wykonane bez zachowania minimalnej odległości mierzonej wzdłuż płyty (rys. 8). W związku z tym płytę należało potraktować jako prefabrykat z wycięciem przęsłowym o szerokości równej 350 mm, czyli większej niż wartość maksymalna dopuszczalna przez producenta. Obliczenia płyt z takimi wycięciami wykazały jednak, że ich nośność na zginanie i ścinanie jest większa od wartości obliczeniowych sił przekrojowych.

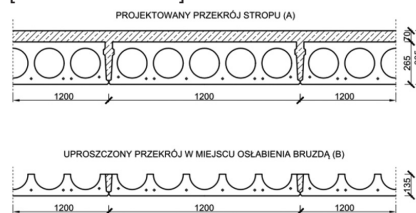
Na podstawie danych projektowych i wizji lokalnej została wykonana ekspertyza oraz projekt naprawczy. Przewidziano wykonanie podparcia stosowanego do obciążeń planowanych na czas prac budowlanych. Strefę podparcia wyłączono z użytkowania i zabezpieczono dostęp. Następnie wykonano prace przygotowawcze obejmujące usunięcie wszelkiego sprzętu gastronomicznego i mebli, a także istniejących ścian działowych i innych instalacji, jak również usunięcie warstwy posadzki oraz warstwy nadbetonu. Odkryte płyty stropowe oczyszczono z pyłów, aby widoczny był przebieg zamków i możliwe określenie granic pomiędzy płytami. Następ-



Rys. 5. Uszkodzenia płyt stropowych spowodowane przez wodę zamarzającą w kanałach [archiwum autorów]



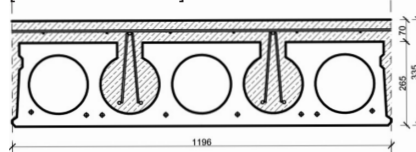
Rys. 6. Uszkodzenia stropu – bruzda w poprzek kilku płyt strunobetonowych [archiwum autorów]



Rys. 7. Projektowany przekrój stropu (A) i uproszczony przekrój w miejscu osłabienia bruzdą (B) [archiwum autorów]



Rys. 8. Płyta stropowa osłabiona otworami przecinającymi środniki ze strunami [archiwum autorów]



Rys. 9. Przekrój przez płytę w miejscu wzmocnienia [archiwum autorów]

nie dokonano ostatecznej inspekcji płyt oraz oczyszczono bruzdy.

Prace naprawcze polegały na wykonaniu wzmocnienia płyt osłabionych bruzdą. Celem było przede wszystkim przywrócenie wymaganej nośności na ścinanie oraz strefy ściskanej. Przewidziano dodatkowo zespolenie betonu wypełniającego wzmocniane kanały z nadbetonem konstrukcyjnym poprzez zastosowanie kratownicy Filigran typu E o wysokości 240 mm i szerokości 80 mm. Projekt zakładał rozmieszczenie kratownic w co drugim, uprzędnio otwartym, kanale, tak aby górny pręt kratownicy znajdował się 30 mm powyżej górnej powierzchni płyty. Zaprojekt-

towno zbrojenie nadbetonu w postaci siatki zgrzewanej Ø6 20 x 20 cm. Założono minimalną klasę nadbetonu C35/45. Przekrój przez wzmocnioną płytę pokazano na rysunku (rys. 9.).

Obliczenia wykonano zgodnie z wytycznymi Eurokodów i literaturą [12–15]. Dla tak zaprojektowanego przekroju wzmocnionego potwierdziły one przywrócenie wymaganej nośności na ścinanie. Strefa ściskana została w pełni odbudowana. Ponadto wykonano obliczenia dla płyty z otworami przerywającymi ciągłość środników. Warunki SGN dla płyty z wycięciem przeszłowym o szerokości 350 mm, dla założonych po zmianie sposobu użytkowania lokalu obciążeń, zostały spełnione.

### Wnioski

Specyfika płyt kanałowych strunobetonowych ściśle określa procedury projektowe i bardzo ogranicza możliwość ingerowania w układ konstrukcyjny stropu na etapie realizacji. Wykonywanie wycięć i otworów jest bardzo ograniczone, a ponadto w większości przypadków wiąże się ze znacznym zmniejszeniem nośności. Przedstawione w artykule zasady projektowania płyt z wycięciami wciąż są regularnie ignorowane, co w skrajnych przypadkach może prowadzić do sytuacji awaryjnych. Przedstawione przykłady obrazują konsekwencje niewiedzy projektantów i wykonawców, a także braku odpowiedniego nadzoru nad pracami budowlanymi. Zaproponowane sposoby naprawy płyt stropowych pozwalają na uniknięcie kosztownej wymiany wadliwych płyt stropowych, jednak należy pamiętać, że wszelkie prace naprawcze powinny być poprzedzane wykonaniem ekspertyzy i stosownego projektu.

### Literatura

- [1] Troszczyński G., Wytyczne do projektowania stropów z płyt sprężonych typu SP, Poradnik dla konstruktorów, wydanie drugie, Białe Blota, listopad 2008.
- [2] Troszczyński G., Wytyczne do projektowania stropów z płyt sprężonych „HC”, Poradnik Projektanta, wydanie czwarte, luty 2017.
- [3] PN-EN 1168:2011: Prefabrykaty z betonu – Płyty kanałowe.
- [4] PN-EN 1990:2004 Eurokod: Podstawy projektowania konstrukcji.
- [5] PN-EN 1991-1: (cz. 1-7) Oddziaływania na konstrukcje.
- [6] PN-EN 1992-1-1:2008: Eurokod 2: Projektowanie konstrukcji z betonu – Część 1-1: Reguly ogólne i reguly dla budynków.
- [7] PN-EN 1992-1-2:2008: Eurokod 2: Projektowanie konstrukcji z betonu – Część 1-2: Reguly ogólne – Projektowanie na warunki pożarowe.
- [8] PN-B-03264:2002: Konstrukcje betonowe żelbetowe i sprężone. Obliczenia statyczne i projektowanie.
- [9] PN-EN 13369:2013: Wspólne wymagania dla prefabrykatów z betonu.
- [10] Ajdukiewicz A., Mames J., Konstrukcje z betonu sprężonego, Polski Cement, Kraków 2004.
- [11] Knauff M. (red.), Podstawy projektowania konstrukcji żelbetowych i sprężonych wg Eurokodu 2, Sekcja Konstrukcji Betonowych KILW PAN, Dolnośląskie Wydawnictwo Edukacyjne, Wrocław 2006.
- [12] Starosolski W., Konstrukcje żelbetowe według Eurokodu 2 i norm związanych, t. 1, PWN 2012.
- [13] Łapko A., Jansen B.Ch., Podstawy projektowania i algorytmy obliczeń konstrukcji żelbetowych, Arkady 2005.
- [14] Biegus A., Podstawy projektowania i oddziaływania na konstrukcje, Politechnika Wroclawska, Wroclaw 2014.
- [15] Manual for the design of hollow core slabs (second edition), Precast/Prestressed Concrete Institute, Chicago 1998.
- [16] FIB Bulletin 6, Special design considerations for precast prestressed hollow core floors, FIB, Lozanna 2000.

DOI: 10.5604/01.3001.0014.3586

### PRAWIDŁOWY SPOSÓB CYTOWANIA

Błaszczczyński Tomasz, Gwozdowski Błażej, Sinacki Dawid, 2020. Prawidłowość wykonywania wycięć w strunobetonowych płytach kanałowych oraz konsekwencje błędów w tym zakresie i sposoby naprawy. „Builder” 09 (278). DOI: 10.5604/01.3001.0014.3586

**Streszczenie:** Stosowanie prefabrykowanych płyt strunobetonowych stało się tak powszechne, że zajmują się nimi już wszyscy, uważając te elementy za nieskomplikowane. Dotyczy to

również wykonawstwa oraz modernizacji już zrealizowanych obiektów budowlanych. Pomimo szczegółowych wytycznych producentów i projektantów tego rodzaju płyt problemem wciąż jest zbyt duża dowolność w ich wycinaniu i wykonywaniu otworów, zwłaszcza na etapie realizacji lub zmian sposobu użytkowania w trakcie istnienia obiektów budowlanych. W pracy przedstawiono ogólne zasady bezpiecznego wycinania i otworowania prefabrykowanych płyt strunobetonowych oraz przypadki błędów popełnionych przy projektowaniu i realizacji stropów płytowych, prowadzące do stanów awaryjnych.

**Słowa kluczowe:** awarie, płyty kanałowe, stropy strunobetonowe

**Abstract:** THE CORRECTNESS OF MAKING CUT-OUTS IN PRESTRESSED CONCRETE HOLLOW-CORE SLABS, THE CONSEQUENCES OF ERRORS AND METHODS OF REPAIR

The usage of prefabricated prestressed hollow-core slabs has become so widespread that everyone is already considering these elements as simple. This also concerns the execution and modernization of already realized buildings. Despite the detailed guidelines for designers of this type of slabs, still is a problem with incorrectly make cut-offs and holes, especially at the stage of implementation or changes in the way of use during the existence of buildings. The paper presents general principles for safe cutting and opening of prefabricated prestressed hollow-core slabs and cases of errors made in the design and implementation of slab floors, leading to emergency conditions.

**Keywords:** failure, hollow core slabs, prestressed slabs