

Przemysław BODZAK¹
Łukasz SOWA²

BADANIA WPLYWU PODATNOŚCI PODPÓR NA NOŚNOŚĆ SPRĘŻONYCH PŁYT KANAŁOWYCH

W artykule przedstawiono wyniki badań sprężonych płyt kanałowych opartych na podporach sztywnych (badanie normowe) oraz na podporach podatnych. Podpory podatne stanowiły belki stalowe umieszczone na obu końcach płyty. Zbadano dwa warianty płyt o pięciu kanałach, tj. HC320 oraz HC400. Obciążenie liniowe przykładano, zgodnie z procedurą normową, za pośrednictwem kształtownika stalowego. Badania wykazały, że w przypadku płyt HC umieszczonych na podporach podatnych nośność na ścinanie takich elementów jest zdecydowanie mniejsza w porównaniu z płytami badanymi na podporach sztywnych. Zaobserwowana różnica nośności związana jest z wpływem sztywności poprzecznej przekroju płyty na rozdział siły tnącej na poszczególne żebra. Wpływ ten powinien zostać uwzględniony w obliczeniach statycznych i wytycznych projektowych.

Słowa kluczowe: sprężone płyty kanałowe HC, ścinanie, podpory podatne

1. Wstęp

Badania doświadczalne elementów mają na celu sprawdzenie rzeczywistego zachowania się wybranego fragmentu konstrukcji i porównanie otrzymanego wyniku z rezultatami analizy teoretycznej. Z tego względu zarówno kształt elementu, jak i sposób podparcia oraz obciążenia powinien być zgodny ze schematem pracy w rzeczywistej konstrukcji. Ze względu na stopień złożoności oraz ograniczenie kosztów, najczęściej badane są elementy wydzielone, tj. płyty, belki, słupy, a nie całe układy stropowe. W przypadku płyt kanałowych standardowe badanie elementu na ścinanie przeprowadzane jest w znormalizowanym stanowisku, w którym płyta ułożona jest na niepodatnych podporach mimo, że w konstrukcji elementy te montowane są na podporach podatnych, tj. belkach stalowych, żelbetowych zwykłych lub sprężonych. W celu sprawdzenia wpływu sposobu podparcia płyt HC na ich nośność na ścinanie przygotowano program badań uwzględniający dwa typy podpór.

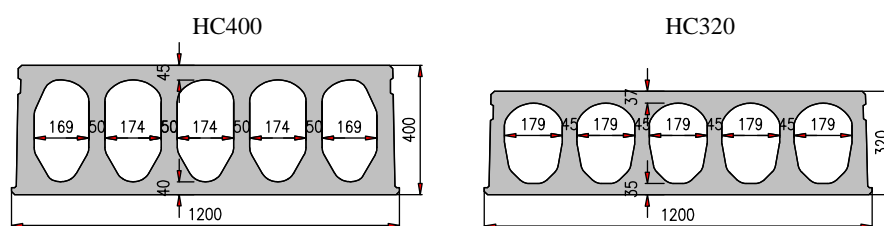
¹ Autor do korespondencji/corresponding author: Przemysław Bodzak, Politechnika Łódzka Katedra Budownictwa Betonowego, Al. Politechniki 6, 90-924 Łódź, tel. 42-631-35-75, e-mail: pbodzak@p.lodz.pl

² Łukasz Sowa, Politechnika Łódzka Katedra Budownictwa Betonowego, Al. Politechniki 6, 90-924 Łódź, tel. 42 631 35 75, e-mail: lukasz.sowa@p.lodz.pl

2. Opis programu badań

2.1. Elementy badawcze

Badanie przeprowadzono dla dwóch typów elementów o wysokości 320 i 400mm. Przekroje poprzeczne badanych elementów pokazano na rys. 1. Elementy te różniły się między sobą wysokością przekroju oraz grubością żeberek rozdzielających kanały. Liczba kanałów dla obu typów była jednakowa i wynosiła 5. Płyty o wysokości 320mm sprężone były 10 cięgnami, natomiast płyty o wysokości 400mm – 8 cięgnami o średnicy 12,5mm.



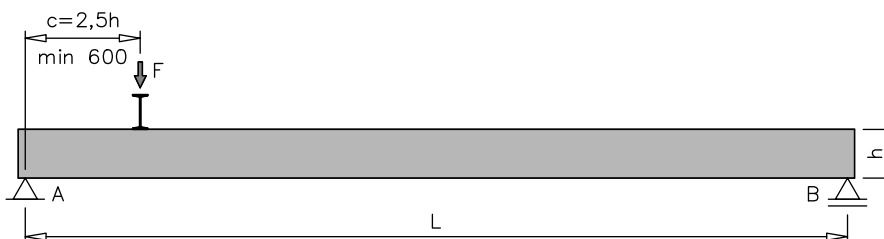
Rys. 1. Przekroje poprzeczne badanych elementów

Fig. 1. Cross section of hollow-core slabs

2.2. Stanowisko badawcze

2.2.1. Badanie normowe

Standardowe badanie nośności na ścinanie płyt HC przedstawiono w normie PN – EN 1163+A3 [1]. Zgodnie z zapisami normy badany element, o długości $12h$ (minimum 4000mm), należy obciążyć w odległości $2,5h$ i nie mniejszej od 600mm. Płytę należy umieścić w stanowisku badawczym na podporach przegubowych, niepodatnych i obciążyć aż do zniszczenia za pośrednictwem kształtownika stalowego o wysokości minimum 150mm, który ma za zadanie rozłożyć obciążenie na całej szerokości płyty. Schemat stanowiska badawczego pokazano na rys. 2.

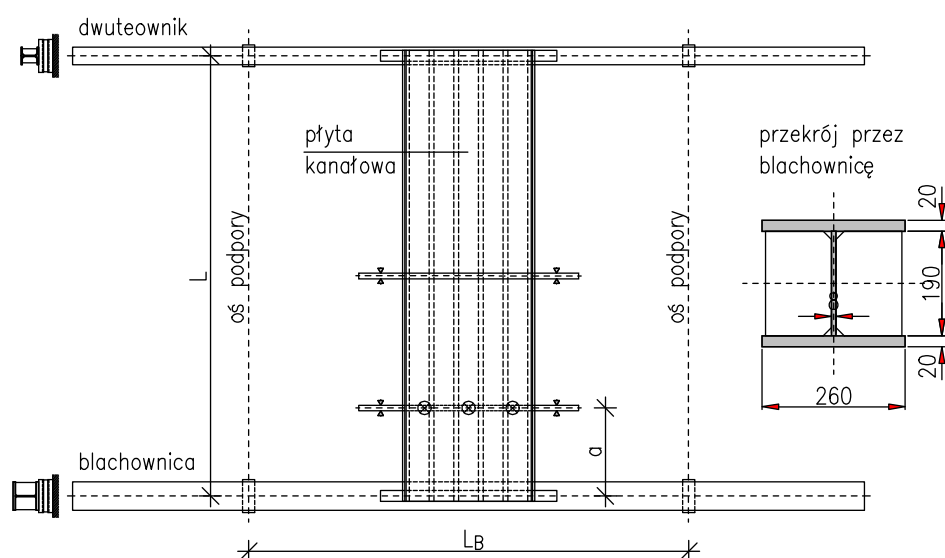


Rys. 2. Schemat stanowiska badawczego dla normowych badań na ścinanie, według [1]

Fig. 2. Test setup to determine the shear strength according to [1]

2.2.2. Badanie na podporach podatnych

Zmodyfikowane badanie normowe przeprowadzono w stanowisku z podporami podatnymi. Podpory wykonano w postaci dwóch belek stalowych o przekroju dwuteowym, na których za pośrednictwem podkładek elastomerowych oparto płytę kanałową. Obciążenie przykładano poprzez kształtownik stalowy rozcięty na trzy niezależne odcinki o długości 400mm każdy. Odległość przyłożenia obciążenia od podpory, za każdym razem, była zgodna z wymogami normowymi. Schemat stanowiska badawczego pokazano na rys. 3, a widok elementu podczas badania na rys. 4.



Rys. 3. Schemat stanowiska badawczego dla badań zmodyfikowanych
Fig. 3. Test setup in modified test method



Rys. 4. Element na podporze podatnej podczas badań
Fig. 4. Slab supported by beam during test

Tablica 1. Dane geometryczne i nośności płyt na ścinanie

Table 1. Geometric data and shear capacity

Płyta	Długość płyty	Odległość obciążenia	Długość belki
	L [mm]	a [mm]	L_B [mm]
HC320	4000	800	4000
HC400	4800	1000	4000

Płyta	Siła niszcząca F_u [kN]		Siła tnąca $F_{u,v}$ [kN]		$F_{u,v} / F_{u,v}$
	niepodatne	podatne	niepodatne	podatne	
HC320	417	232	332	187	0,55
HC400	486	225	384	178	0,46



Rys. 6. Widok zniszczonych elementów w badaniach na podporach sztywnych

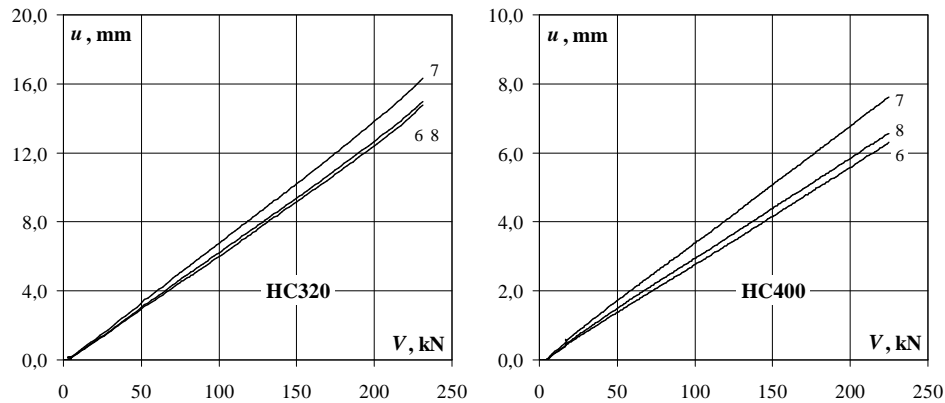
Fig. 6. Hollow core slabs supported on rigid supports after failure



Rys. 7. Widok zniszczonych elementów w badaniach na podporach podatnych

Fig. 7. Hollow core slabs supported on flexible supports after failure

Pomiary ugięć belki stanowiącej podporę płyty, w punktach rozmieszczonych na szerokości płyty, pokazano na rys. 8. Na wykresach widoczna jest nieznaczna różnica w przemieszczeniach punktów znajdujących się przy krawędzi płyty – brak pełnej symetrii w linii ugięcia belki podpierającej.

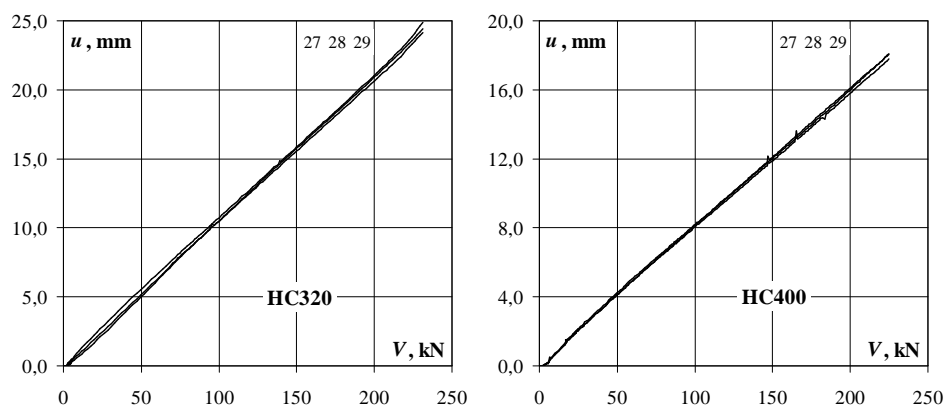


Rys. 8. Ugięcia belki podpierającej

Fig. 8. Deflection of a supporting beam

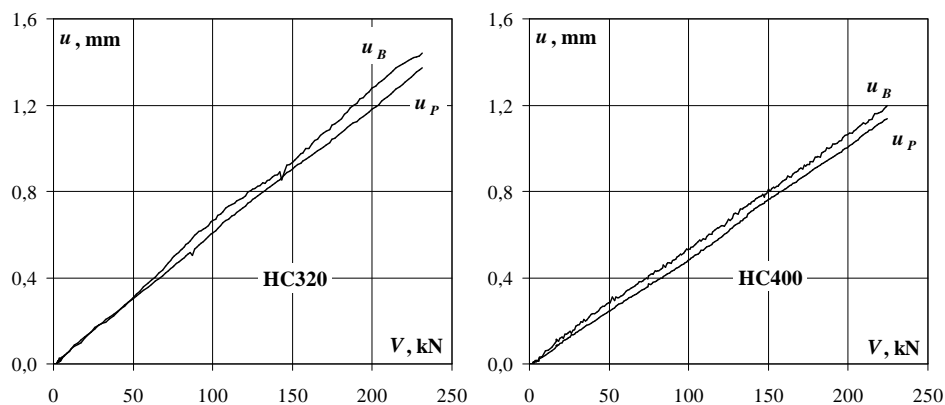
Na rys. 9 pokazano przemieszczenia pionowe 3 punktów pomiarowych rozmieszczonych na szerokości płyty (bazy 27 do 29) w środku jej rozpiętości. Nie zaobserwowano istotnych różnic w wartościach przemieszczeń zarejestrowanych w poszczególnych punktach, przy obu wysokościach płyt. Świadczy to o braku w tym przekroju wygięcia poprzecznego elementu, który zachował się jak ciało idealnie sztywne w tym zakresie obciążenia.

Rysunek 10 przedstawia wykres względnego przemieszczenia środka belki podpierającej (wyznaczone z zależności $u_B = 7 - (6+8)/2$) oraz wykres względnej zmiany odległości pomiędzy górną krawędzią belki stalowej a dolną płaszczyzną płyty HC (wyznaczonej z zależności $u_P = 16 - (14+18)/2$).



Rys. 9. Przemieszczenie płyty w środku rozpiętości

Fig. 9. Deflection of the slab measured in the middle of a span



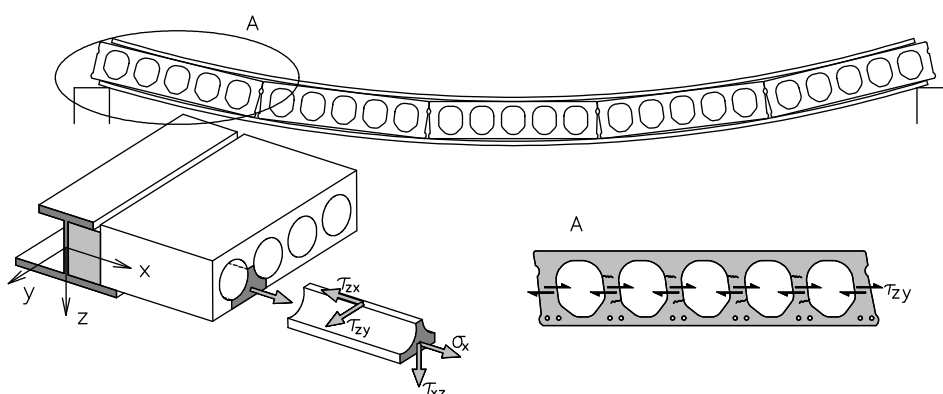
Rys. 10. Względne przemieszczenia płyty HC i belki podpierającej

Fig. 10. The relative displacement of hollow core slab and supporting beam

Jak można zauważyć, wraz ze wzrostem obciążenia ugięcie kształtownika przyrasta w sposób liniowy. W ten sam sposób zwiększa się odległość pomiędzy środkiem rozpiętości belki i punktem leżącym w połowie szerokości płyty. Ze względu na odkształcenie elastomeru na skraju płyty wykresy nie pokrywają się - przyrost ugięcia belek jest nieznacznie mniejszy niż przyrost ugięcia belki.

Porównując siły niszczące uzyskane w badaniach normowych, tj. na podporach sztywnych, z siłami uzyskanymi w badaniach na podporach podatnych można zauważyć, że w tym ostatnim przypadku zmniejszenie nośności wynosi około 50% dla obu wysokości płyt, tj. 320 i 400mm.

W świetle tych badań nie znajduje uzasadnienia teoria o istotnym wpływie poprzecznego ścinania żeber płyt HC, opisana w [2], zgodnie z którą skrajne żebro skrajnej płyty HC poddane jest dwukierunkowemu ścinaniu – rys. 11.



Rys. 11. Deformacja przekroju płyty opartej na podporze sprężystej

Fig. 11. Deformation of cross section of the slab supported on flexible support

Wyniki badań potwierdziły wcześniejsze analizy przedstawione w [3]. Zmniejszenie nośności na ścinanie płyty opartej na podporach podatnych wynika z nierównomiernego rozdziału sił ścinających na poszczególne żebra.

4. Wnioski

Nośność na ścinanie płyt HC wyznaczona według procedury normowej nie jest miarodajna dla wszystkich warunków podparcia. Przyjęcie przekroju zastępczego, w którym szerokość średnika jest sumą szerokości poszczególnych żeber, jest właściwe jedynie wtedy, gdy analizujemy element na podporach sztywnych. W przypadku umieszczenia takiego samego elementu na podporach podatnych uwiadamia się wpływ sztywności poprzecznej elementu i związane z tym nierównomierne wyężenie poszczególnych żeber, wynikające z innych warunków podparcia na szerokości jednego elementu prefabrykowanego. Deformacja podatnej belki stalowej, w połączeniu ze znaczną sztywnością poprzeczną płyty powoduje, że płyta nie opiera się całą szerokością na belce a jedynie w rejonie skrajnych żeber, które przenoszą dużo większe obciążenie niż wynikałoby to z klasycznej analizy przewidującej proporcjonalny rozdział siły poprzecznej na szerokości przekroju.

Literatura

- [1] PN – EN 1163+A3:2011 Prefabrykaty z betonu – płyty kanałowe.
- [2] FIB Bulletin no 6 Special design considerations for precast hollow core floors. International Federation for structural Concrete (fib) January 2000.
- [3] Bodzak P.: Wpływ sztywności poprzecznej sprężonych płyt kanałowych opartych na podporach podatnych na ich nośność na ścinanie, Konferencja Naukowo - Techniczna „Konstrukcje sprężone”, Kraków 2015.

EXPERIMENTAL INVESTIGATION OF THE HOLLOW CORE SLAB SUPPORTED ON FLEXIBLE BEAM.

Summary

The article presents comparison of experimental test results carried out on hollow core slabs supported on rigid and flexible supports. Two depth of cross sections 320 and 400 mm were tested. The experimental investigations showed that the slab supported on flexible beam has a significantly lower shear capacity (about 50%) compared with rigid supported one. This impact should be taken into account in static calculations and design guidelines

Keywords: prestressed hollow core slab, precast hollow core slab, shear, flexible supports

Przesłano do redakcji: 07.06.2016 r.

Przyjęto do druku: 30.06.2016 r.

DOI: 10.7862/rb.2016.27