

Jacek Nawrot

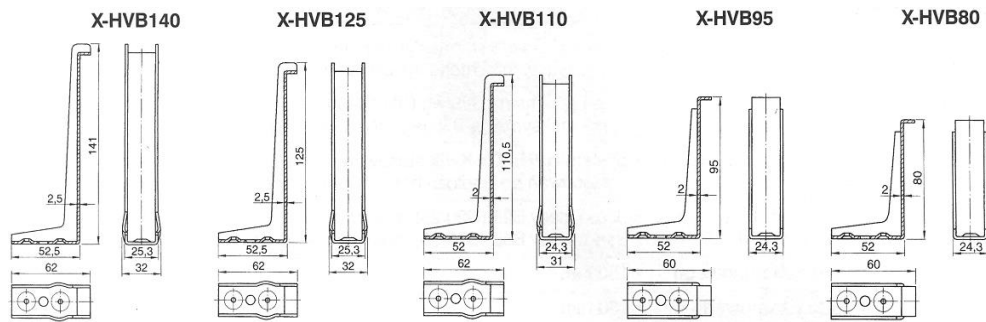
## DOŚWIADCZALNE OKREŚLANIE NOŚNOŚCI BELEK STALOWO-BETONOWYCH ZESPOLONYCH ZA POMOCĄ ŁĄCZNIKÓW NIESPAWANYCH

### Wprowadzenie

Najbardziej ekonomicznie uzasadnionymi rozwiązaniami stalowo-betonowych belek zespolonych stosowanych w stropach budynków szkieletowych są te, w których płyta żelbetowa wylana jest na blasze fałdowej. W takim przypadku blacha pełni rolę traconego deskowania, a przy dobraniu odpowiedniego jej rodzaju - współpracując z płytą - przenosi naprężenia rozciągające w przekroju przeszłowym płyty, pełniąc rolę zewnętrznego zbrojenia. Dla tego typu rozwiązań, do zespolenia belki stalowej z żelbetową płytą najkorzystniejsze jest stosowanie łączników niespawanych, mocowanych mechanicznie, np.: za pomocą gwoździ wstrzeliwanych lub wkrętów samowiercących. Pozwalają one przytwierdzić jednocześnie łączniki oraz blachę do belki stalowej. Najpowszechniejszym sposobem mocowania łączników ścinanych do belki jest ich przypawanie (łączniki sworzniowe) lub spawanie (łączniki blokowe, z odcinków ceowników itp.). W niniejszym artykule przedstawiono i porównano dwa rozwiązania belek stalowo-betonowych zespolonych za pomocą łączników niespawanych: X-HVB firmy Hilti [1] oraz łącznika z odcinka kształtownika kapeluszowego, którego pomysłodawcą jest autor [2]. Dla obu rozwiązań porównano nośności zastosowanych łączników oraz nośności graniczne na zginanie belek zespolonych, określone na podstawie badań eksperymentalnych modeli segmentu stropu w skali naturalnej.

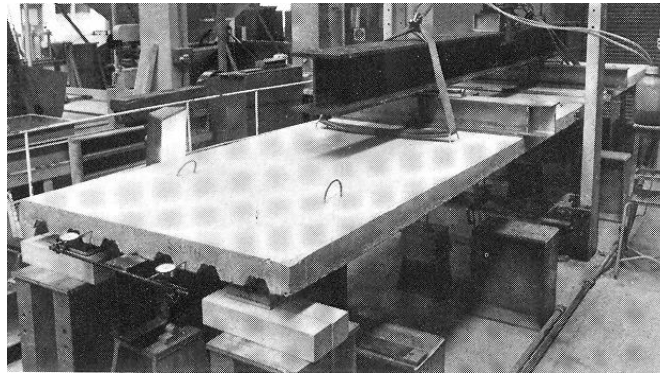
### 1. Belka zespolona za pomocą łączników Hilti

Łączniki X-HVB firmy Hilti (rys. 1) [1] są formowane plastycznie z blachy o grubości 2 lub 2,5 mm i mocowane do belki za pomocą dwóch gwoździ wstrzeliwanych Hilti typu ENP2-21-L15 lub ENPH2-21-L15 [3].



Rys. 1. Łączniki X-HVB Hilti [1]

W prezentowanym rozwiązaniu [4] autorzy wykonali modele stropu (rys. 2) składające się z belki stalowej wykonanej z dwuteownika uniwersalnego 305x127x37 kg/m o rozpiętości 7500 mm, płyty żelbetowej szerokości 1500 mm i grubości całkowitej 125 mm, wybetonowanej na blasze Super Holorib 51/1.2 mm lub PMF CF46/1.2 mm.



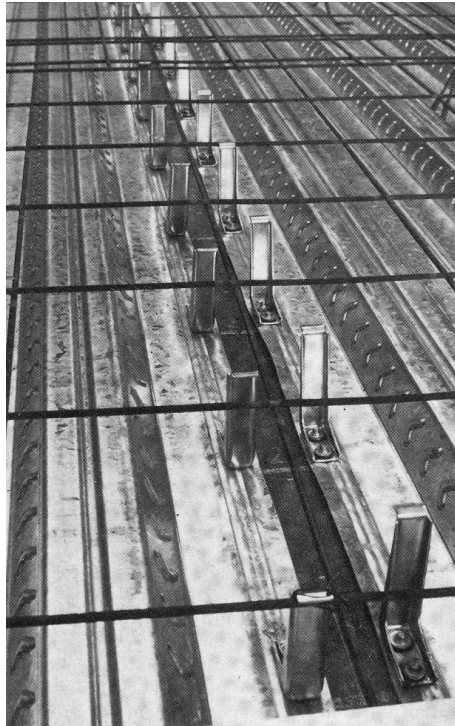
Rys. 2. Model stropu na stanowisku badawczym [4]

Do zespolenia belki z płytą użyto łączników wysokości 105 mm, rozmieszczonych w dwóch rzędach (rys. 3), mocowanych do belki dwoma gwoździami wstrzeliwanymi.

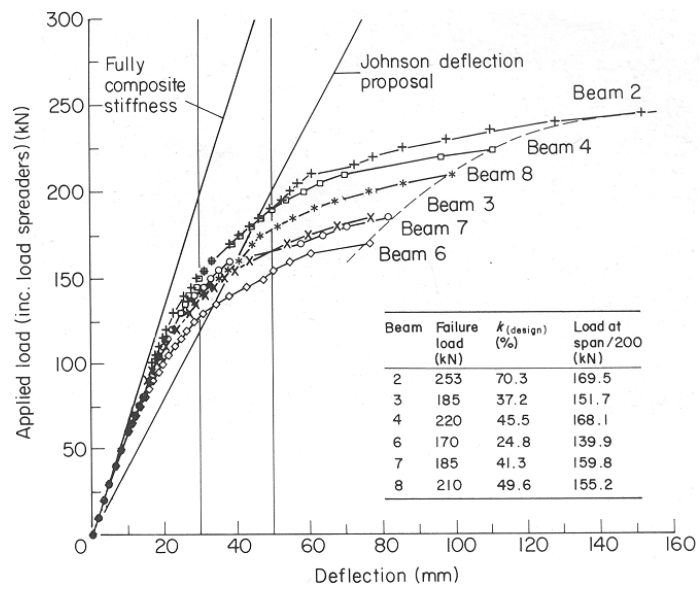
Zbadano 6 modeli segmentów stropu, mierząc ugięcie i poślizg na styku płyty z belką dla różnych wartości obciążenia. Wartości obciążeń niszczących oraz obciążeń, przy których wartość ugięcia belki była równa  $L/200$  pokazano na rysunku 4.

Wartości nośności granicznej na zginanie dla badanych modeli mieściły się w przedziale od ok. 230 do 305 kNm [4].

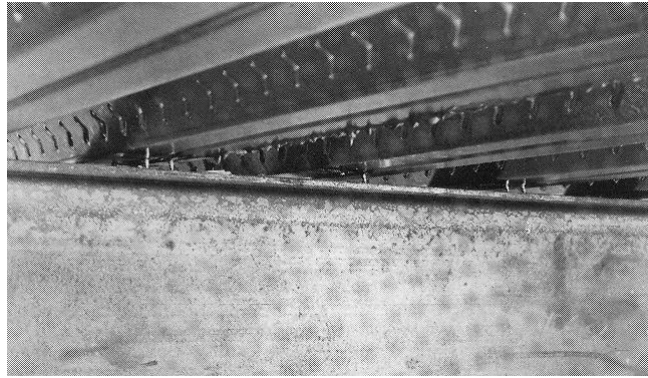
Zaobserwowana postać zniszczenia związana była z odspojeniem się płyty od belki na skutek wyciągnięcia bądź ścięcia gwoździ mocujących łączniki i blachę (rys. 5).



Rys. 3. Rozmieszczenie łączników w modelu stropu [4]



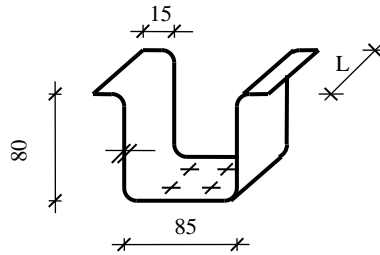
Rys. 4. Wykresy obciążenie/ugięcie dla badanych modeli [4]



Rys. 5. Postać zniszczenia badanych modeli [4]

## 2. Belka zespolona za pomocą łącznika z odcinka kształtownika kapeluszowego

Innym typem niespawanego łącznika służącego do zespolenia belki z płytą wykonaną na blasze fałdowej może być łącznik z odcinka kształtownika kapeluszowego (rys. 6), mocowany do belki za pomocą czterech gwoździ wstrzeliwanych. Dzięki górnym odgięciom ścianek łącznika na obydwie strony zabezpiecza on płytę przed odrywaniem się od belki.



Rys. 6. Łącznik z odcinka kształtownika kapeluszowego [2]

W analizowanym rozwiązaniu model stropu składał się z belki wykonanej z dwuteownika walcowanego IPE 200 (stal S235) o rozpiętości 7500 mm, płyty żelbetowej (beton B 25) szerokości 1800 mm i grubości całkowitej 105 mm, zbrojonej siatką z prętów o średnicy  $\varnothing$  10 mm (zbrojenie główne) i  $\varnothing$  6 mm (zbrojenie rozdzielcze) ze stali klasy A-II, wylanej na blasze trapezowej T 55x188 gr. 0,75 mm [5]. Łączniki z odcinków kształtownika kapeluszowego 80x85x3 (stal S235) mocowano do belki za pomocą czterech gwoździ wstrzeliwanych Hilti średnicy  $\varnothing$  4,5 mm. Segment stropu na stanowisku badawczym pokazano na rysunku 7.

Badanie przeprowadzono w dwóch etapach. W pierwszym etapie badany strop był poddany cyklicznemu obciążaniu i odciążaniu w przedziale siły od 7 do 21 kN, przy czym obciążenie ciężarem własnym konstrukcji wynosiło 5,3 kN/m. Po zakoń-

czeniu tego etapu badań model pozostawiono pod obciążeniem 21 kN na siłownik na okres 24 godzin. W drugim etapie badań systematycznie zwiększano obciążenie aż do wartości 54,5 kN, mierząc dla każdego przyrostu obciążenia wartości przemieszczeń poziomych (poślizgów) oraz ugięcia, po czym model odciążano i obciążano ponownie aż do zniszczenia.

Pierwszą rysę w płycie zaobserwowano przy obciążeniu  $P = 53$  kN (rys. 8), wartość obciążenia niszczącego (przy którym ugięcie przekroczyło wartość  $l/50 = 150$  mm oraz nastąpiło ścięcie łączników) wyniosła  $P = 54,5$  kN.

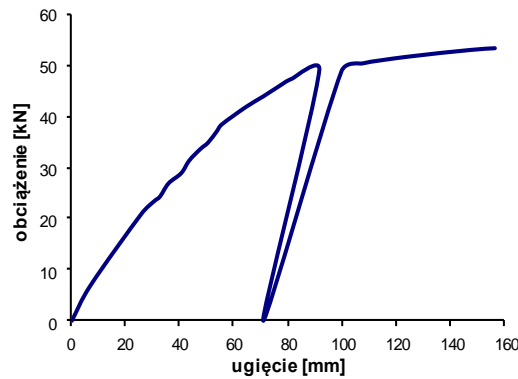


Rys. 7. Model segmentu stropu w skali naturalnej na stanowisku badawczym [5]



Rys. 8. Pierwsza rysa w płycie badanego modelu [5]

Na podstawie otrzymanych wyników sporządzono wykres obciążenie/ugięcie (rys. 9) oraz obliczono wartość graniczną nośności na zginanie (odpowiadającą przyłożonemu obciążeniu 54,5 kN na siłownik), przy którym strzałka ugięcia przekroczyła wartość  $l/50 = 150$  mm i jednocześnie nastąpiło ścięcie łączników, która wyniosła 204,37 kNm.



Rys. 9. Wykres ugięcie/obciążenie w środku rozpiętości belki [5]

### 3. Porównanie nośności granicznych belek dla rozważanych sposobów zespolenia

W pierwszym z analizowanych przypadków (z łącznikiem X-HVB Hilti) wartości nośności granicznej dla badanych modeli wahały się w przedziale między ok. 230 a ok. 305 kNm, w drugim (z łącznikiem z odcinka kształtownika kapeluszowego) nośność graniczna wyniosła ok. 204 kNm. Różnica ta wynika z większej o 105 mm wysokości belki stalowej i większej o 20 mm grubości płyty zastosowanych w pierwszym z analizowanych wariantów w stosunku do drugiego (tab. 1).

TABELA 1

#### Porównanie parametrów analizowanych modeli stropów

Typ zespolenia	Typ belki stalowej / wysokość przekroju	Całkowita grubość płyty żelbetowej
Łącznik X-HVB Hilti	305x127 / 305 mm	125 mm
Łącznik kapeluszowy	IPE 200 / 200 mm	105 mm

Innym czynnikiem mającym wpływ na uzyskane wyniki jest układ fałd blachy w stosunku do osi podłużnej belki: równoległy dla wariantu pierwszego i prostopadły dla wariantu drugiego. Jednak w analizowanych modelach czynnik ten nie wpłynął znacząco na końcowe wartości nośności granicznej badanych modeli.

Dla wszystkich badanych modeli przekroczenie nośności granicznej powodowało zniszczenie zespolenia na skutek ścięcia lub wyciągnięcia gwoździ mocujących łączniki, a zatem głównym czynnikiem mającym wpływ na nośność graniczną belek stalowo-betonowych zespolonych za pomocą łączników niespawanych (przy poprawnie określonej geometrii łącznika) jest nośność na ścinanie lub wyciąganie mocujących je gwoździ. Ponieważ łącznik kapeluszowy mocowany jest czterema gwoździami, a łącznik X-HVB dwoma, aby ich nośność była porównywalna, liczba zastosowanych łączników Hilti powinna być dwukrotnie większa.

## Podsumowanie

Nośności graniczne analizowanych belek stalowo-betonowych, zespolonych za pomocą łączników niespawanych, określone na podstawie omawianych badań eksperymentalnych potwierdzają ich przydatność do stosowania w stropach z płytami wykonywanymi na blachach fałdowych.

Nośność graniczna badanych belek zespolonych uzależniona jest od nośności na ścinanie lub wyciąganie gwoździ mocujących łączniki, co potwierdzają zaobserwowane postacie zniszczenia. Innymi czynnikami mającymi wpływ na jej wartość, są: geometria przekroju zespolonego (wielkość belki stalowej, grubość płyty żelbetowej) oraz liczba użytych łączników.

## Literatura

- [1] Hilti - Katalog wyrobów 1990/91. Jarzma HVB: Ekonomiczny sposób wiązania konstrukcji stalowej z betonem.
- [2] Nawrot J., Kucharczuk W., Badanie nośności nowych łączników do zespolonych stropów stalowo-betonowych, *Inżynieria i Budownictwo* 2004, 12, 654-657.
- [3] Hilti - Podręcznik techniki zamocowań. Informacje o produktach DX, zeszyt 3, wydanie I, Warszawa 1998.
- [4] Thomas D.A.B., O'Leary D.C., Composite beams with profiled-steel sheeting and non-welded shear connectors, *Steel Construction Today* 1988, 2, 4, August, 117-121.
- [5] Kucharczuk W., Nawrot J., Badanie nośności granicznej modelu stropu stalowo-betonowego zespolonego za pomocą łącznika nowego typu, *Konstrukcje zespolone*, T. VII, Oficyna Wydawnicza Uniwersytetu Zielonogórskiego, Zielona Góra 2005, 235-245.

## Streszczenie

W artykule omówiono doświadczalne określanie nośności granicznej zespolonych belek stalowo-betonowych dla dwóch wybranych sposobów zespolenia (za pomocą łączników niespawanych). Zaprezentowano postacie zniszczenia dla obu rozważanych przypadków oraz omówiono czynniki wpływające na nośność belek.

## Experimental determination of the bearing capacity of steel-concrete composite beams with non-welded shear connectors

### Abstract

The article discusses experimental determination of the bearing capacity of steel-concrete composite beams for the two fixation methods (with non-welded shear connectors). Failure models are presented for both the considered cases and the factors affecting the strength of beams are discussed.