

Włodzimierz STAROSOLSKI, Adam ZYBURA, Jan KUBICA

BADANIA ZESTAWÓW BELEK NADPROŻOWYCH

Streszczenie. W pracy omówiono przeprowadzone badania niszczące dwóch żelbetowych zestawów stropowo - nadprożowych. Każdy z zestawów składał się z elementu stropowo - nadprożowego i połączonej z nim monolitycznie płyty stropowej. W trakcie przeprowadzonych badań obserwowano sposób niszczenia się tego typu elementów oraz określono obszary największych wyćżeń. Ponadto przeprowadzono obliczenia numeryczne tego typu złożonego elementu z uwzględnieniem ortotropii materiału. Uzyskane wyniki obliczeń porównano z rezultatami badań.

INVESTIGATIONS OF THE LINTEL BEAMS SETS

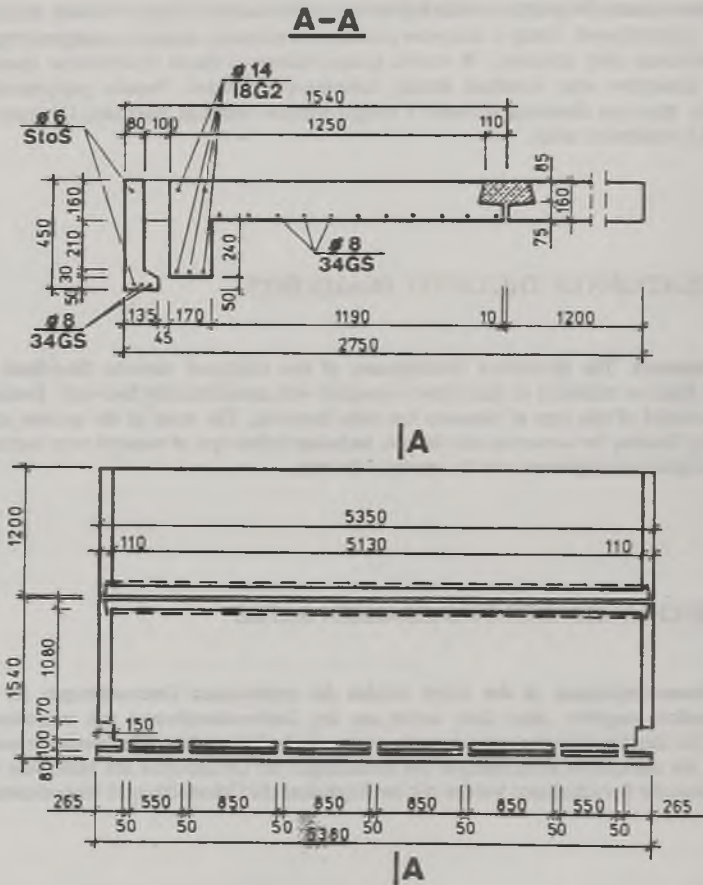
Summary. The destructive investigations of two reinforced concrete floor-lintel sets have been discussing. Each set consisted of lintel-beam connected with monolithically floor-slab. During investigations, the failure model of this type of elements has been observing. The areas of the greatest strains have been determining. Besides, the numerical calculations, including orthotropic of material were executing. The results of the investigations compared with the results of the tests.

UNTERSUCHUNGEN DER STURZBALKEN SÄTZE

Zusammenfassung. In der Arbeit wurden der zerstörenden Untersuchungen der zwei Stahlbeton Sturzbalkensätze vorgeleit. Jeder Satz wurde aus des Deckensturzelement mit monolithisch Deckenplatte verbundet. Der Zerstörungsweise und extremale anstrengende Gebiete diese Elemententype wurden bezeichnet. Außerdem, die numerische Berechnungen mit beachtungen der Orthotropie des Materiales wurde ausgeführt. Die Ergebnisse der Berechnungen wurden mit der Ergebnisse der Untersuchungen vergelichen.

1. WPROWADZENIE

W praktyce inżynierskiej zachodzi czasem konieczność wykonania nietypowego podparcia elementów belkowych. Sytuacja taka wystąpiła w ścianowych budynkach prefabrykowanych, w których przy niezmiennym układzie ścian nośnych należało zastosować nadproże stanowiące jednocześnie podporę ścian osłonowych. Problem rozwiązano konstruując element stropowo - nadprożowy (por. rys. 1) będący uzupełnieniem asortymentu typowych płyt stropowych (BPBBO Miastoprojekt Gliwice, autor projektu mgr inż. J. Baczkowski) - por. [1,2].



Rys. 1. Kształt oraz podstawowe wymiary elementów badawczych
Fig.1. The shape and overall dimensions of the test specimens

W elemencie stropowo - nadprożowym wyróżnia się belkę, której część wewnętrzna jest połączona monolitycznie z krawędzią podłużną części płytowej, natomiast część zewnętrzna o charakterze belkowym (tarczowym) jest zamocowana do wewnętrznej belki za pośrednictwem szeregu wsporników. Na ścianach nośnych opiera się jedynie część płytowa, a nadproże kończy się przed tymi ścianami. Przestrzeń między zewnętrzną i wewnętrzną częścią belki jest przeznaczona na izolację termiczną.

Z powodu nietypowego i bardzo złożonego kształtu prefabrykatu zdecydowano się przeprowadzić badania elementów prototypowych. Doświadczalne określenie sił w ścianach obciążonych elementem stropowo - nadprożowym przedstawiono w pracy [3]. W niniejszym opracowaniu prezentowane są badania nośności najbardziej wyężonego miejsca, którym jest monolityczne połączenie nadproża z częścią płytową.

2. BADANIA DOŚWIADCZALNE

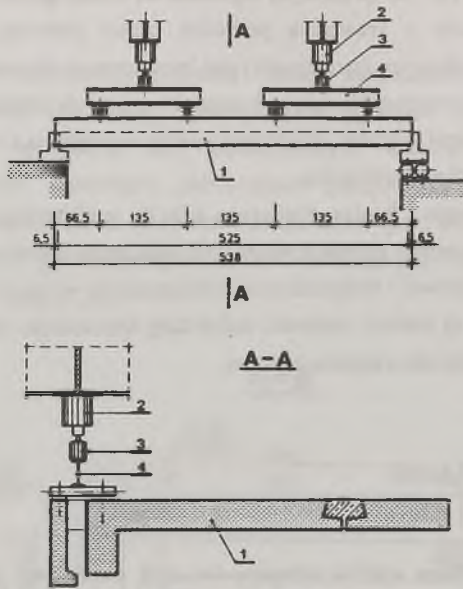
Przeprowadzono badania dwóch ustrojów (w skali naturalnej), składających się z elementu stropowo - nadprożowego oraz płyty stropowej. Widok z góry oraz przekrój poprzeczny badanego ustroju przedstawiono na rys. 1.

Widok i przekrój poprzeczny stanowiska badawczego przedstawia rys. 2. Zestaw badawczy ustawiano na podporach betonowych za pośrednictwem warstwy zaprawy. Konstrukcja podpór umożliwiała swobodę przemieszczeń oraz obrotu.

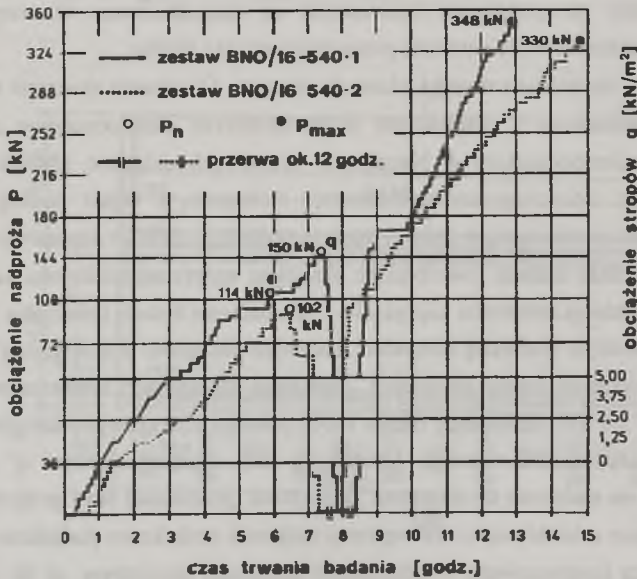
Nadproże 1 obciążano czterema siłami skupionymi. Obciążenia skupione realizowano siłownikami hydraulicznymi 2 działającymi przez siłomierze elektrooporowe 3 na układ stalowych belek wolnopodpartych 4. Na płytach stropowych układano obciążniki stalowe imitujące obciążenie technologiczne równomiernie rozłożone, tj. ciężar podłogi i ścianek działowych. Pomiaru przemieszczeń dokonywano za pomocą czujników zegarowych.

Wykonano także badania towarzyszące określając wytrzymałość betonu na ściskanie i rozciąganie oraz przebiegi zależności naprężenie - odkształcenie betonu i zbrojenia głównego.

Podczas badań, w pierwszej kolejności, nadproże obciążano siłą skupioną $P = 42 \text{ kN}$ odpowiadającą obciążeniu ściany osłonowej. Następnie na stropach umieszczono balast o intensywności $q = 5.0 \text{ kN}$, stanowiący około 130% pełnego charakterystycznego obciążenia technologicznego oraz ciężaru własnego. Utrzymując stałe obciążenie stropu "q" zwiększano siły "P" działające na nadproże do momentu zniszczenia (przecięcia) stref podporowych. W ostatniej fazie skrajne odcinki części wewnętrznej nadproża dodatkowo podpierano, po czym obciążanie nadproża kontynuowano w odmiennym schemacie statycznym aż do wystąpienia bardzo dużych deformacji ustroju. Historię obciążania modeli pokazano na rys.3.



Rys. 2. Widok stanowiska badawczego
Fig.2. View of the test stand



Rys.3. Histogram obciążania zestawów
Fig.3. Histogram of the loading the test sets

Podstawowe wyniki badań zasadniczych i towarzyszących zestawiono w tablicy 1. Podano tam siłę (P_{cr}) wywołującą pierwszą ryse, siłę (P_p) powodującą zniszczenie stref podporowych nadproża, maksymalną siłę (P_{max}) przejmowaną przez ustrój przy dodatkowym podparciu belki wewnętrznej na końcach oraz średnie wytrzymałości betonu na ściskanie (\bar{f}_c) i rozciąganie (\bar{f}_t) (próba brazylijska).

Tablica 1

Podstawowe wyniki badań zasadniczych i towarzyszących

L.p.	P_{cr} [kN]				P_p [kN]		P_{max} [kN]	\bar{f}_c [MPa]	\bar{f}_t [MPa]
	ELEM.-STROP.-NADPR.			PŁY- TA	PODPORA				
	CZ	CW	CP		lewa	prawa			
1	26	42	72	108	150	114	348	38,2	2,86
2	18	30	72	72	102	102	330	36,9	3,97

CZ - część zewnętrzna nadproża,

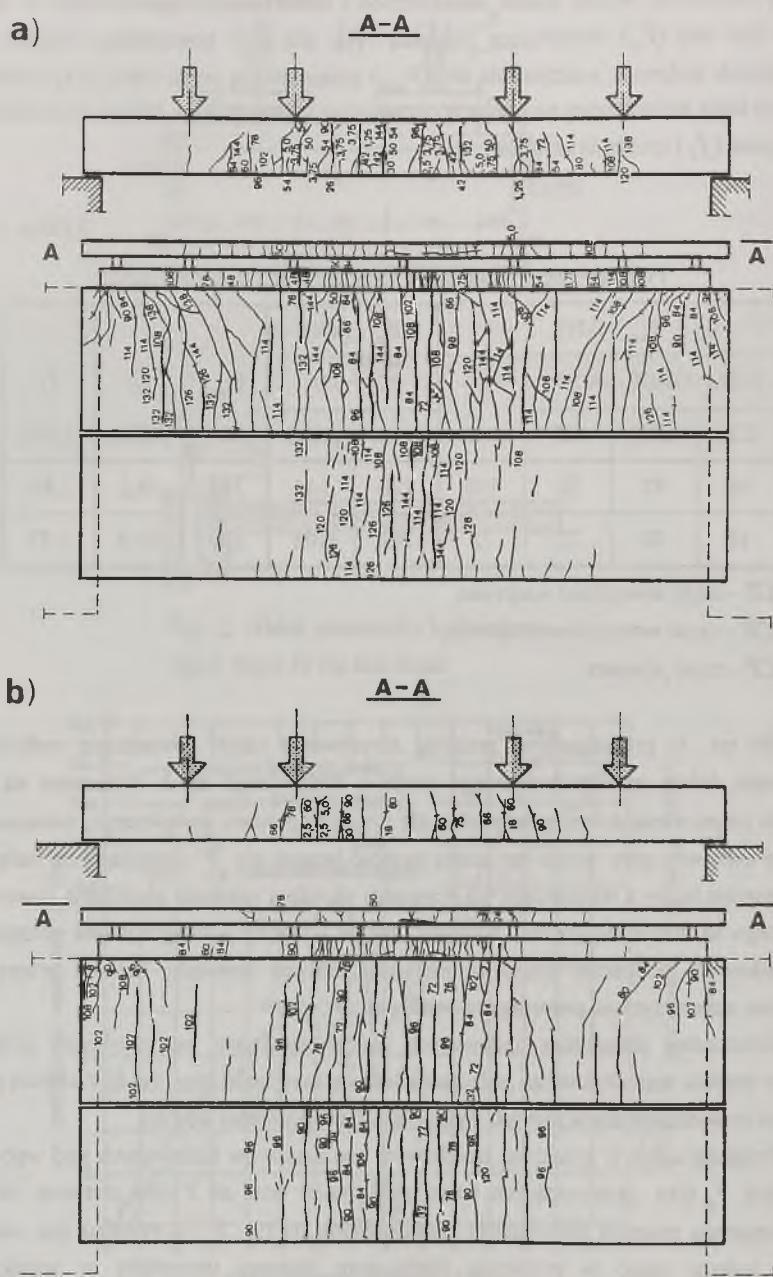
CW - część wewnętrzna nadproża,

CP - część płytowa.

Na rys. 4a przedstawiono przebieg zarysowania części zewnętrznej nadproża oraz zarysowanie dolnej powierzchni całego zestawu badawczego nr 1. Natomiast na rys. 4b pokazano zarysowanie dolnej powierzchni dla drugiego zestawu badawczego, oznaczonego nr 2. Liczby całkowite przy rysach oznaczają wartość łącznej siły "P" działającej na nadproże (w kN), natomiast liczby z wartościami po przecinku określają wielkość obciążenia równomiernie rozłożonego na stropie (w kN/m²). Rysy nie opisane powstały w drugim etapie obciążania tzn. po dodatkowym podparciu nadproża na jego końcach. Liniami przerywanymi zaznaczono schematycznie przebieg krawędzi podpór.

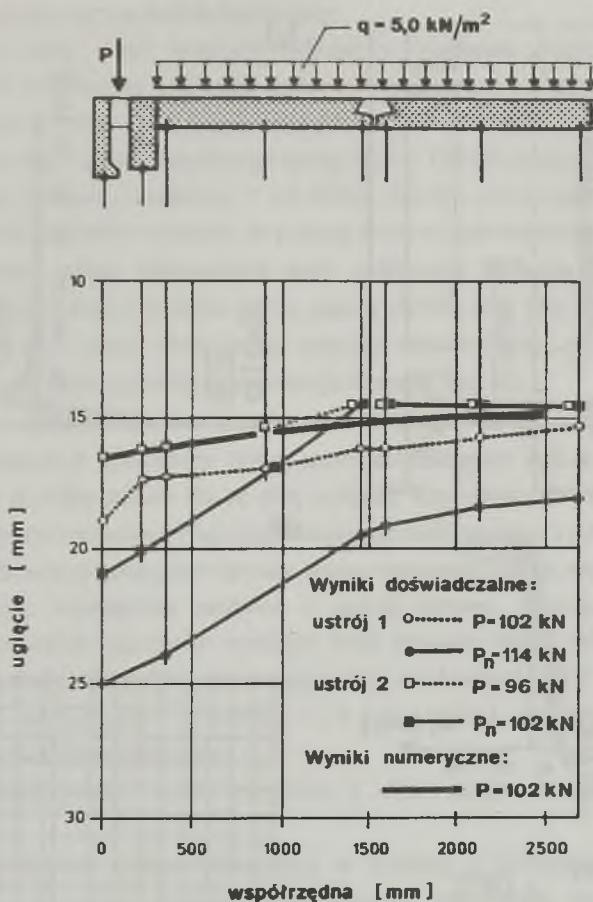
Zniszczenie elementów badawczych charakteryzowało się pionowym przecięciem betonu w miejscu monolitycznego połączenia wewnętrznej belki (por. rys. 6) z częścią płytową. Przecięcie to występowało w miejscu wcześniejszego pojawienia się rysy.

Przebiegi ugięć w przekroju środkowym obu zestawów badawczych pod wpływem sił niszczących P_p (tzn. przecinających beton połączenia) oraz sił P (dla poziomego obciążenia poprzedzającego moment zniszczenia) przedstawiono na rys. 5. Na rysunku tym naniesiono również wykres ugięć w przekroju środkowym zestawu otrzymany w wyniku przeprowadzonych obliczeń numerycznych. Wartości obciążeń przyjęto w obliczeniach jak dla zestawu badawczego nr 2, tj. $P = 102$ kN i $q = 5.0$ kN/m².



Rys.4. Widok zarysowania modeli badawczych

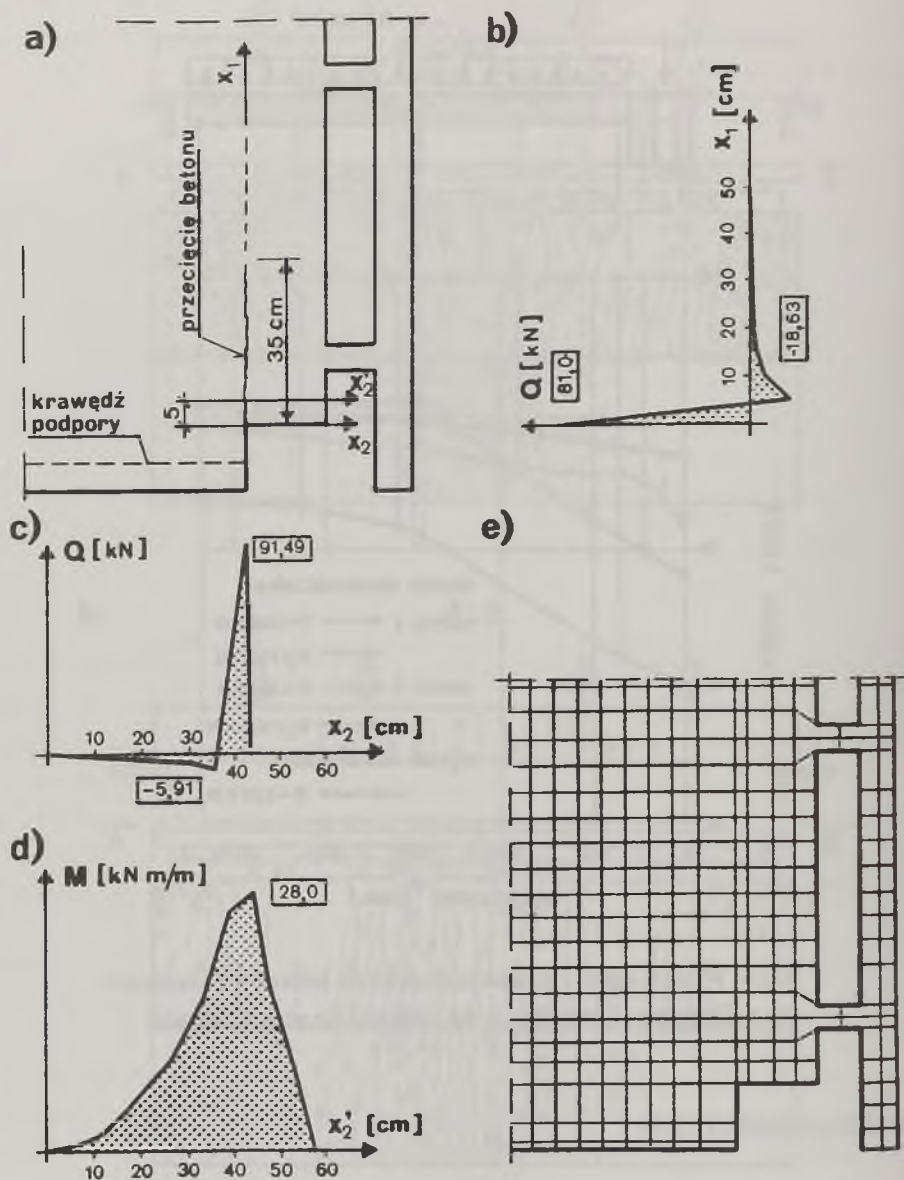
Fig.4. View of scratching of the test models



Rys. 5. Wykresy ugięć w przekroju środkowym zestawów badawczych
 Fig. 5. Diagrams of deflection in the middle of the span of test sets

3. ANALIZA NUMERYCZNA

Złożony kształt ustroju oraz trudne do jednoznacznego określenia połączenie części zewnętrznej i wewnętrznej nadproża za pośrednictwem delikatnych wsporników skłoniły do przyjęcia uproszczonego sposobu analizy konstrukcji.



Rys.6. Wyniki obliczeń numerycznych

Fig.6. Results of the numerical calculations

Obliczenia przeprowadzono programem ABC-PŁYTA [4], umożliwiającym uwzględnienie ortotropii materiału. Na rys.6c pokazano sposób podziału na elementy skończone fragmentu naroża modelu badawczego.

Podjęte próby oceny wyników obliczeń z rezultatami badań doświadczalnych wykazały, że w rozważanym przypadku zaawansowanego stanu obciążeń najefektywniejszy okazał się prosty model pomijający współpracę betonu między rysami. Wyznaczając numerycznie przebieg ugięcia wywołanego łączną siłą $P = 120 \text{ kN}$ działającą na nadproże przy równomiernym obciążeniu stropów $q = 5.0 \text{ kN/m}^2$ (rys.5) i porównując go z wartościami określonymi doświadczalnie wykazano, że przyjęty model nie jest obarczony istotnym błędem.

W wyniku analizy obliczeniowej strefy podporowej nadproża (rys. 6a) uzyskano rozkłady siły poprzecznej Q w styku belki z częścią płytową (rys. 6b), siły poprzecznej Q w miejscu zakończenia części wewnętrznej nadproża (rys. 6c) oraz przebieg momentów zginających M w najniekorzystniejszym przekroju skrajnym (rys. 6d).

Warty podkreślenia jest fakt wystąpienia w miejscu połączenia części płytowej z belką momentów zginających odwrotnego znaku, aniżeli należałoby się tego spodziewać (rys.6d), przy założeniu że belka stanowi dla tej płyty podporę. Przy obciążeniu działającym od góry otrzymano na podporze momenty zginające rozciągające włókna dolne a nie górne.

Na podstawie uzyskanych wykresów można oszacować średnie naprężenie styczne w połączeniu części wewnętrznej nadproża z częścią płytową. Wyznaczając z warunku równowagi momentów zginających wysokość strefy ściskanej betonu określono naprężenie przecinające ($\tau \cong 14.0 \text{ MPa}$). Obliczone naprężenie (τ) przekracza 4,9 i 3,5 razy wytrzymałość średnią betonu na rozciąganie w ustroju 1 i 2 (por. tablica), co odpowiada tradycyjnie przyjmowanej nośności na przecinanie.

Otrzymany rezultat zgadza się także z obserwowanym charakterem zniszczenia połączenia.

Przeprowadzona analiza numeryczna w korelacji z badaniami doświadczalnymi pokazała, że w przypadku zaawansowanych obciążeń zastosowanie stosunkowo prostego modelu obliczeniowego może umożliwić prawidłowe oszacowanie wartości przemieszczeń doraźnych oraz wyteżenia w miejscach ekstremalnych sił wewnętrznych.

LITERATURA

- [1] Dzierżewicz Z.: Doskonalenie budownictwa mieszkaniowego w oparciu o zestaw elementów prefabrykowanych wytwarzanych w istniejącej bazie produkcyjnej systemu szczecińskiego. Przegląd Budowlany nr 10, 1984, ss. 464-469.

- [2] Świadcstwo dopuszczenia do stosowania w budownictwie nr 573/ 85. Zmodernizowane ściany zewnętrzne z elementów GM w technologii wielkopłytywowej. Instytut Techniki Budowlanej, Warszawa 1986.
- [3] Starosolski W., Baczkowski J., Dzierżewicz Z., Zybura A.: The Effort of Load - bearing Wall Loaded With a Floor - Lintel Element. Third International Symposium on Wall Structures, CIB - COBPBO, Warszawa 1984, vol. II str. 361-368.
- [4] Grajek K., Starosolski W.: Nowa edycja programu ABC-Płyta. Inżynieria i Budownictwo, nr 2, 1995.

Recenzent : Dr hab. inż. Zbigniew Janowski
Prof. Politechniki Krakowskiej

Wpłynęło do Redakcji 24.06.1995 r.

Abstract

Sometimes, in engineering practice is necessary to make the non-typical supporting of beams' elements. Situation as that took place, for example in prefabricated wall buildings, where was necessary used lintel beam, which should be at the same time the support of the curtain wall. The problem solved by construction floor-lintel element (see Fig.1).

In this paper, the destructive investigations of two reinforced floor-lintel sets with concurrent specimens, have been discussing. The test model on test stand has on Fig.2. The test sets loaded with concentrated Force "P" and uniform distributed load "q" (see Fig.3).

Table 1 compares the essential results of the investigation: P_{cr} - force making first crack, P_p - force causing to cutting the supporting zones, P_{ult} - ultimate force, \bar{f}_c - average compression strength of concrete, \bar{f}_t - average tension strength of concrete. The of the process of cracking has shown on Fig.4. The diagrams of deflections (in the middle of the span of test sets) presented on Fig.5.

The numerical calculation (including orthotropic of the material) of the test floor-lintel element was executing. The main results this numerical analysis has been presenting on Fig.6. Calculated shear stresses (τ) are about 3,5-5 way greater than average tension strength of concrete (\bar{f}_t) - see Tab.1. It's corresponding with capacity of cutting for concrete.

The comparison of the test results with results of numerical calculation has shown, that it is possible to use simple model to analysis of deflections and strains in zones of extremal values of internal forces.