

mgr inż. Tomasz Stachoń\*  
 dr inż. Marek Maj\*  
 dr hab. inż. Andrzej Ubysz, prof. PWr.\*

# Badania stref przypodporowych żelbetowych belek wspornikowych

*Research of reinforced concrete cantilever beams support zones*

**Streszczenie.** W żelbetowych belkach ze wspornikami, o przekroju odwróconej litery T, zaobserwowano wpływ obciążenia wsporników bocznych na rozkład naprężeń w strefie przypodporowej. Wyniki badań potwierdzają rozbieżności uzyskane z analizy porównawczej normowych modeli kratownicowych. Brak jest natomiast modelu kratowniczowego uwzględniającego wpływ obciążenia bocznych wsporników.

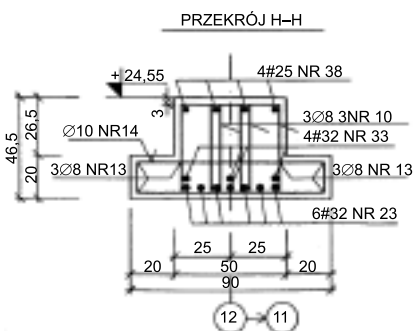
**Słowa kluczowe:** belki wspornikowe, strefa przypodporowa.

**Abstract.** In reinforced concrete beams with brackets, with a cross section of an inverted T observed impact of load the side brackets on the stress distribution in the supports zone. The results confirm the differences obtained from the comparative analysis of code truss models. There is no, however truss model takes into account the effect of the load side brackets.

**Keywords:** cantilever beams, support zones.

**B**elki żelbetowe z podciętymi strefami przypodporowymi są powszechnie stosowane w budownictwie. Ze względu na korzystne walory użytkowe, stosuje się je jako podciągi w stropach kanałowych z płyt strunobetonowych SP i HC. Do wymiarowania tych elementów stosowana jest metoda kratownicowa, która w przypadku klasycznych przekrojów prostokątnych daje zadowalające efekty, natomiast w przypadku odwróconych przekrojów teowych może być obarczona błędem wynikającym z nietypowej lokalizacji przyłożonego obciążenia na wspornikach bocznych.

Przeprowadzono analizę trzech belek o odwróconym przekroju T w skali naturalnej (rysunek 1). Strefy przypodporowe wykonano w formie podciętych wsporników (fotografia 1).



Rys. 1. Przekrój badanych elementów

\* Politechnika Wroclawska, Wydział Budownictwa Lądowego i Wodnego



Fot. 1. Strefa przypodporowa belki wspornikowej

## Elementy i stanowisko badawcze

W badanych elementach różnicowano sposób zbrojenia stref podparcia, a także sposób przyłożenia obciążenia do konstrukcji. Na wybranych prętach szkieletu zbrojenia naklejono tensometry elektrooporowe (fotografia 2), a następnie je zabetonowano. Po uzyskaniu pełnej wytrzymałości betonu, naklejono na powierzchni w stre-



Fot. 2. Tensometry na zbrojeniu

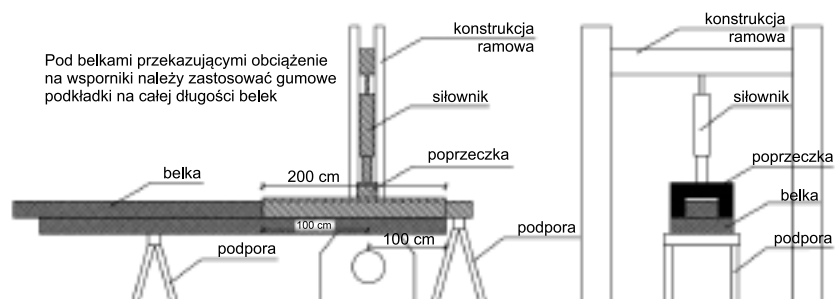
fie przypodporowej tensometry elektrooporowe (fotografia 3). Aby zweryfikować wyniki testowo-porównawcze, na elementach naklejono tensometr światłowodowy.

Masa jednego elementu wynosiła ok. 5260 kg. W celu przeprowadzenia badań niszczących przygotowano stanowisko badawcze (rysunek 2) oraz zainstalowano czujniki pozwalające rejestrować ugięcie elementów podczas obciążania. Stanowisko składało się z konstrukcji ramowej trwale związa-



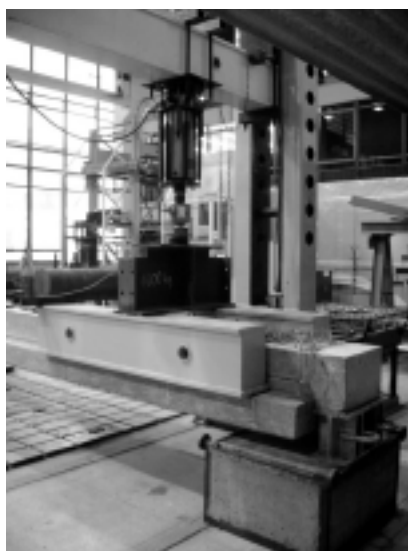
Fot. 3. Tensometry na powierzchni betonu

nej z podłożem, do której zamontowano siłownik hydrauliczny. Badany element układano na dwóch podporach, a następnie zakładano konstrukcję umożliwiającą przekształcenie siły skupionej, generowanej przez siłownik hydrauliczny, na obciążenie równomierne rozłożone na wspornikach po obu stronach badanej belki na długości 200 cm. W celu zapewnienia równomiernego obciążenia i uniknięcia lokal-



Rys. 2. Schemat stanowiska do badania wsporników belek żelbetowych

nych przecięcia powierzchni betonu wsporników bocznych oraz strefy oparcia na podporze wspornika głównego badanej belki zastosowano sprężyste podkładki. Fotografia 4 przedstawia stanowisko w trakcie badania.



Fot. 4. Stanowisko badawcze w trakcie badania

## Badania laboratoryjne

Każdy wspornik obciążano do określonej wartości, a następnie pozostawiano na 20 min w celu ustabilizowania odkształceń i odciążano go. Po zdjęciu założonego obciążenia element pozostawiano na 20 min. W kolejnym etapie ponownie obciążano belkę do wyższej, określonej wartości siły i ponownie odciążano. Cykle obciążania i odciążania wykonywano co 100 kN, do momentu zniszczenia elementu. Cykliczne przykładanie obciążania rozpoczęto od siły 200 kN. W trakcie badania prowadzono rejestrację odkształceń stali i betonu oraz monitorowano siłę generowaną przez układ hydrauliczny. Po każdym cyklu obciążenia lokalizowano rysy i określano ich szerokość i propagację. Równolegle wykonano badania wy-

trzymałości betonu na ściskanie na próbkach sześciennych o wymiarach  $150 \times 150 \times 150$  mm oraz stali zbrojeniowej w celu określenia cech fizycznych materiałów użytych w badanych belkach.

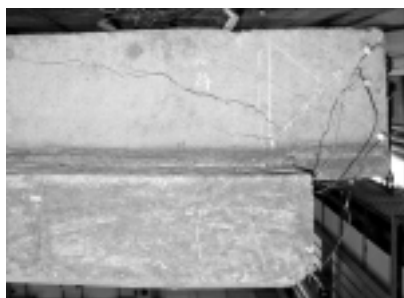
## Wnioski

W trakcie badań zaobserwowano dwa mechanizmy zniszczenia. W pierwszym zniszczenie nastąpiło przez oderwanie wsporników bocznych (fotografia 5), do których przyłożone było obciążenie i dotyczyło elementów bez dodatkowego zbrojenia wsporników. W drugim przypadku zniszczeniu uległ główny wspornik belki (fotografia 6).

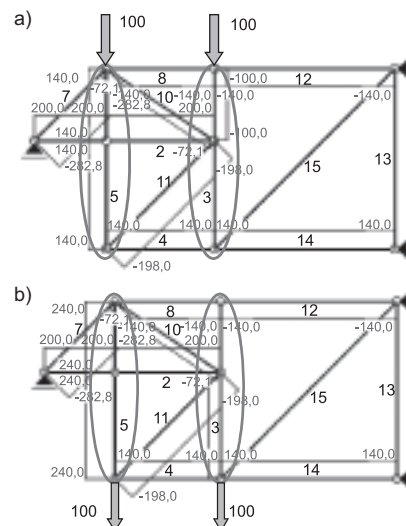
Analiza porównawcza wyników uzyskanych z pomiarów tensometrycznych potwierdziła obliczenia statyczne i numeryczne, prowadzone na podstawie schematów kratownicowych wg [1] oraz omawianych w [2] (rysunek 3). Lo-



Fot. 5. Zniszczenie wsporników bocznych



Fot. 6. Zniszczenie wspornika głównego



Rys. 3. Wyniki analizy statycznej jednego ze schematów kratownicowych: a) obciążenie górnej krawędzi; b) obciążenie dolnej krawędzi

kalizacja przykadanego do elementu obciążenia ma wpływ na rozkład naprężeń w części przypodporowej. Analiza statyczna płaskich schematów kratownicowych wsporników wykazała, że na skutek przyłożenia obciążenia do dolnej ich części wzrastają naprężenia w prętach pionowych, będących odwzorowaniem strzemion pionowych w rzeczywistym elemencie (rysunek 3).

Uzyskane w trakcie badań laboratoryjnych wartości odkształceń stali potwierdziły wyniki uzyskane w analizie statycznej. Stopień wyężenia strzemion w okolicy podpory w przypadku obciążenia belki przez boczne wsporniki był niemal dwukrotnie większy niż belki obciążonej na górnej powierzchni. Różnica w odkształceniach wynikająca z miejsca przyłożenia obciążenia maleje wraz z oddalaniem się od krawędzi belki ku jej środkowej części. Nie zaobserwowano natomiast znaczących różnic w odkształceniach górnego i dolnego zbrojenia podłużnego w badanych elementach. Dodatkowe zbrojenie strzemionami pionowymi stref podcięcia wsporników nie miało zauważalnego wpływu na sposób zniszczenia belki.

## Literatura

- [1] PN-B 03264:2002 Konstrukcje betonowe, żelbetowe i sprężone. Obliczenia statyczne i projektowanie.
- [2] Nagrodzka-Godycka K., Wsporniki żelbetowe. Badania, teoria, projektowanie. Wydawnictwo Politechniki Gdańskiej, Gdańsk 2001.