

Ewa SZANTYKA*
Politechnika Wrocławska

SZEROKOŚĆ ROZWARCIA RYS W ŻELBETOWYM ELEMENCIE PŁYTOWYM ZGINANYM CYKLICZNYM OBCIĄŻENIEM STATYCZNYM O ZMIENNYM ZNAKU

Streszczenie. W referacie przedstawiono metodykę oraz wyniki wstępnych badań prostokątnego żelbetowego elementu płytowego, poddanego czystemu zginaniu, wywołanemu statycznym obciążeniem o zmiennym znaku. Obciążenie miało charakter cykliczny. Wyniki badań potwierdziły istotny wpływ niskocyklicznych obciążeń statycznych o zmiennym znaku na końcową szerokość rozwarcia rys.

CRACKS IN REINFORCED CONCRETE PLATE ELEMENTS SUBJECT TO BENDING WITH VARIABLE SIGN STATIC LOADS

Summary. The paper presents the method and results of preliminary researches, carried out on a plate model made of reinforced concrete and subject to variable sign static loads. Results of tests show that a number of variable sign static load cycles can affect the final width of cracks.

1. Wprowadzenie

W referacie zaprezentowano wyniki badań stanowiących początek planowanego cyklu badań doświadczalnych, których celem jest poznanie i opisanie zjawisk zachodzących w zarysowanym, zginanym żelbetowym elemencie płytowym, poddanym działaniu obciążeń statycznych o zmiennym znaku. Przeprowadzone badania modelowe potwierdziły istnienie zjawiska wzrostu szerokości rozwarcia rys w wyniku działania statycznego obciążenia zmiennego o charakterze niskocyklicznym, tj. o liczbie cykli $\ll 5 \cdot 10^5$. Pierwsze badania o charakterze poznawczym zostały wykonane przez mgra inż. K. Świącia [1].

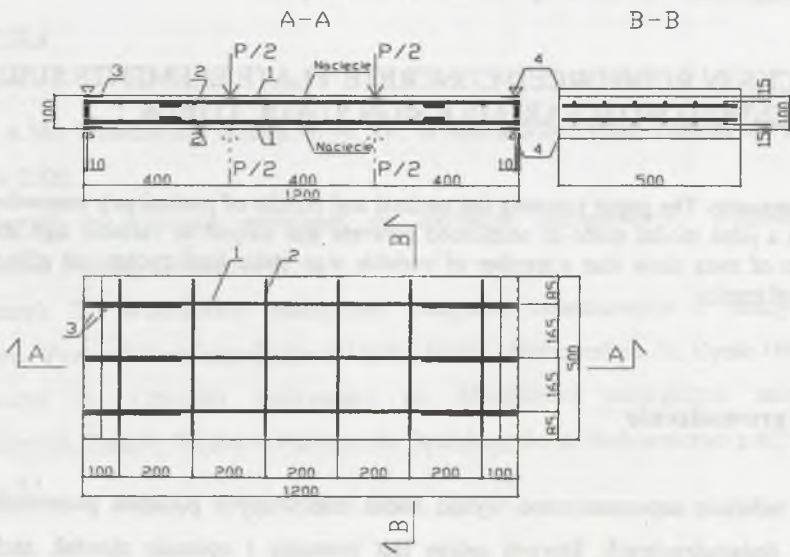
* Opiekun naukowy: Prof. dr hab. inż. Mieczysław Kamiński

W niniejszej pracy wykorzystano część materiału opublikowanego w materiałach konferencyjnych „Badania materiałów budowlanych i konstrukcji inżynierskich”, Wrocław 2004 [2].

2. Metodyka badań

2.1. Opis modelu i stanowiska badań

Model badawczy stanowiła żelbetowa płyta o wymiarach 1200 x 500 x 100 mm, jednokierunkowo zbrojona, ze zbrojeniem głównym ułożonym wzdłuż dłuższej krawędzi płyty. Zbrojenie wykonano w postaci siatek zbrojeniowych: górnej i dolnej zbrojenie główne ze stali A-II (18G2-b, $\phi = 8$ mm), a zbrojenie rozdzielcze ze stali A-I (St3S-b, $\phi = 6$ mm) (rys.1).



Rys. 1. Charakterystyka geometryczna i zbrojenie badanej płyty: 1 – zbrojenie główne, 2 – zbrojenie rozdzielcze, 3 – ceownik z przyspawanymi kotwami, 4 – podpory

Fig. 1. Geometric data and reinforcement of research slab: 1 – longitudinal reinforcement, 2 – transverse reinforcement, 3 – channel with welded anchors, 4 – bearings,

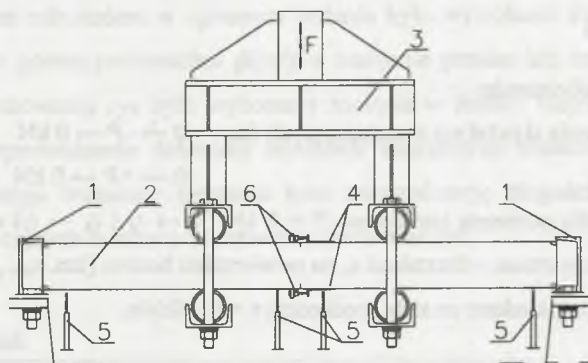
Płytę wykonano z mieszanki betonowej składającej się z 400 kg cementu portlandzkiego klasy 32,5; 700 kg piasku (frakcja 0÷4 mm); 1200 kg żwiru (frakcja 4÷16 mm); 200 l wody na 1 m³. Średnią wytrzymałość betonu na ściskanie zbadano na 6. kostkach

150x150x150 mm, średnią zaś wytrzymałość betonu na rozciąganie określono metodą brazylijską na 3 walcach o wym. $\varnothing 160 \times 160$ mm. Tabela 1 zawiera wyniki badań wytrzymałościowych próbek.

Tabela 1
Charakterystyki wytrzymałościowe betonu

f_{cm}	s_{fcm}	f_{ctm}	s_{fctm}	E_{cm}
[MPa]	[MPa]	[MPa]	[MPa]	[GPa]
47,8	2,6	2,2	0,2	32,75

Schemat stanowiska badawczego, którego projektantem jest Świąć [1], przedstawiono na rys.2. Realizacja badań na tym samym stanowisku umożliwia przeprowadzenie analizy porównawczej otrzymanych wyników z wynikami badań Świącia.

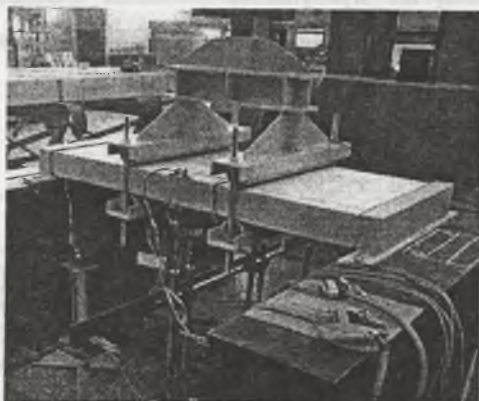


Rys. 2. Schemat stanowiska badawczego: 1 – podpora, 2 – badany element, 3 – trawers, 4 – tensometry elektrooporowe, 5 – czujniki indukcyjne o dokł. 0,01 mm, 6 – czujniki indukcyjne o dokł. 0,001 mm [1]

Fig. 2. Diagram of the test stand: 1 – bearing, 2 – tested element, 3 – beam, 4 – electrical strain gauges, 5 – inductive gauges with accuracy 0,01 mm, 6 – inductive gauges with accuracy 0,001 mm [1]

Płytę podparto w sposób przegubowy na dwóch krótszych krawędziach, w których badany element posiadał zabetonowane ceowniki, umożliwiające wykonanie podparcia.

Urządzeniem, umożliwiającym realizację obciążeń o zmiennym znaku, był siłownik hydrauliczny firmy Instron, sterowanym przy pomocy komputera. W celu odpowiedniego zamodelowania obciążenia wykonano element pomocniczy w postaci stalowego trawersa, rozkładając w ten sposób siłę skupioną F na dwa obciążenia liniowe, przykładane do górnej i dolnej powierzchni płyty (rys.2, rys.3).



Rys. 3. Widok stanowiska badawczego
Fig. 3. View of the test stand

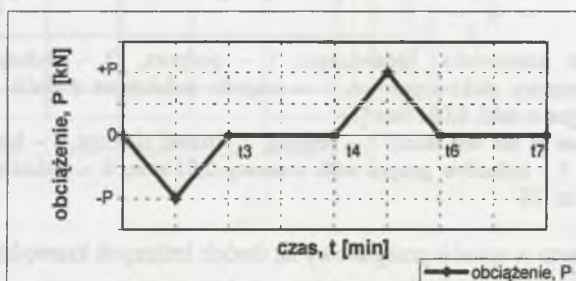
2.2. Przebieg badań

Opis programu obciążenia:

- Cykl obciążania składał się z następujących faz: $0 \rightarrow -P \rightarrow 0$ kN
 $0 \rightarrow +P \rightarrow 0$ kN

przy czym czas t_i dla poziomu obciążenia $P = 0$ kN ($t_3 \rightarrow t_4$ i $t_6 \rightarrow t_7$) dobrano tak, aby umożliwić obserwację zmian odkształceń ϵ_c na powierzchni betonu (tzn. ϵ_{spr} , ϵ_{pl}) (rys.4).

- Obciążenie przykładano ze stałą prędkością $v = 0,25$ kN/s.



Rys. 4. Cykl obciążenia badanego modelu
Fig. 4. Load cycle of tested model

Model płyty został poddany statycznemu obciążeniu o zmiennym znaku, wywołującemu moment zginający o wartości: $M_{sd} = 75\% M_{Rd}$, gdzie M_{Rd} jest teoretyczną nośnością badanej płyty. Przyjęta wartość obciążenia modeluje obliczeniową wartość obciążeń

eksploatacyjnych, na jakie projektuje się obiekty rzeczywiste. Obciążenia miały charakter niskocyklicznych obciążeń.

Podczas badania mierzono następujące wielkości:

- odkształcenia jednostkowe betonu ϵ_c na powierzchni górnej i dolnej płyty oraz odkształcenia jednostkowe stali zbrojeniowej ϵ_s , stosując tensometry elektrooporowe,
- szerokość rozwarcia rys dolnej i górnej mierzonych za pomocą czujników indukcyjnych o dokładności 0,001 mm,
- wartości ugięć płyty przy podporach i w okolicy rysy dolnej, stosując czujniki indukcyjne o dokładności 0,01 mm.

Pomiary dokonano w obszarze stałego momentu zginającego M_{max} . Powyższe wielkości zarejestrowano za pomocą mostka tensometrycznego Hottinger UPM100. Rejestracja przebiegała co 0,75 s, dzięki czemu uzyskano szczegółowy obraz zmian mierzonych wielkości.

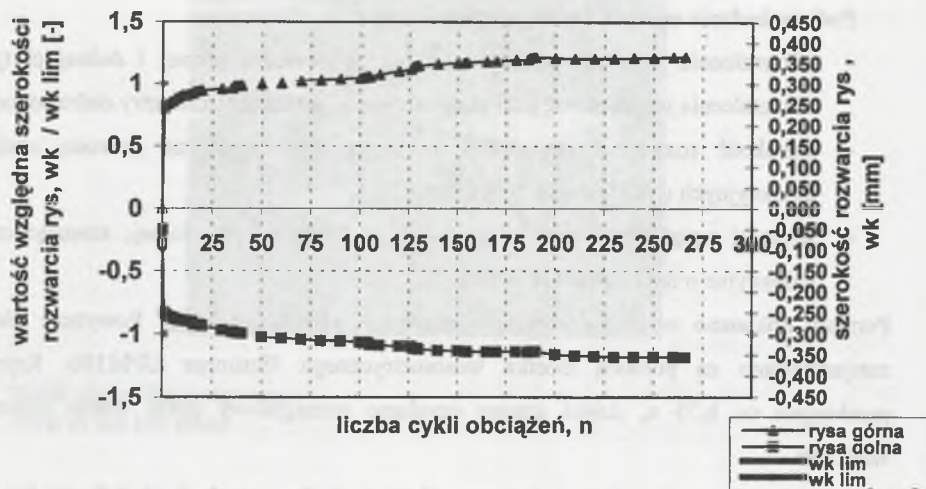
Podstawowym założeniem w opisanym badaniu było wywołanie dwóch rys (po jednej rysie na dolnej i górnej powierzchni płyty), a następnie pomiar ich szerokości rozwarcia. Pomocne w usytuowaniu rys było wykonanie nacięcia w środku rozpiętości płyty [3], co umożliwiło przeprowadzenie dokładnej rejestracji mierzonych wielkości w każdej fazie wyężenia przekroju badanego elementu oraz minimalizację długości bazy pomiarowej czujników indukcyjnych mierzących szerokości rozwarcia rys.

2.3. Wyniki badań

Na rys. 5 przedstawiono wyniki pomiarów dla przypadku obciążenia płyty siłą P wywołującą moment zginający $M_{sd} = 75\% \cdot M_{Rd}$. Wartość tego obciążenia modeluje obliczeniową wartość obciążeń eksploatacyjnych, na jakie projektuje się obiekty rzeczywiste.

Analizując wyniki przeprowadzonych badań, wykazano, że odpowiedź żelbetowego elementu poddanego zginaniu cyklicznym obciążeniem o zmiennym znaku była następująca:

- wraz ze wzrostem liczby cykli n obciążenia wzrastała szerokość rozwarcia rys. Rysa dolna, która powstała jako pierwsza, przekraczała dopuszczalną przez normę [4] wartość już po ok. 50. cyklu obciążenia, a rysa górna – po ok. 75. cyklu.



Rys. 5. Zależność między szerokością rozwarcia rysy a liczbą cykli obciążenia
 Fig. 5. Relationship between cracks width and the number of load cycles

3. Planowany program dalszych badań

W dalszym etapie badań planowana jest realizacja następujących zadań:

- Zbadanie dwóch elementów płytowych, poddanych zginaniu statycznym obciążeniem o charakterze niskocyklicznym:
 - działającym w jednym kierunku,
 - działającym w dwóch kierunkach.
- Zbadanie zginanych elementów płytowych z wywołaniem kilku rys na długości modelu.
- Wykonanie badań w oparciu o metodę planowania eksperymentu wg Taguchiego [5]. Metoda ta pozwala na przeprowadzenie optymalizacji badań, tzn. uzyskanie żądanej informacji przy ograniczonej liczbie pomiarów.

W Zakładzie Konstrukcji Betonowych Politechniki Wrocławskiej prowadzone były badania elementów konstrukcyjnych o przekroju pierścieniowym [6], w których po raz pierwszy zastosowano właśnie tę metodę planowania eksperymentu, przyjmując ortogonalny plan $L_{16}(4^5)$.

- d) Stworzenie modelu matematycznego i numerycznego.
- e) Analiza porównawcza wyników doświadczalnych i numerycznych.

Planuje się realizację powyższych zadań po uwzględnieniu następujących zmian:

- zwiększenia rozpiętości elementów w celu zachowania zgodności wartości smukłości modeli z wartościami przyjętymi dla płyt,
- modernizacji stanowiska badań,
- zwiększenia liczby miejsc pomiarowych, w celu uzyskania pełniejszej informacji o zachowaniu się badanego elementu,
- realizacji badań dla trzech przedziałów wartości obciążeń, wywołujących momenty zginające odpowiednio:

$$M = M_{cr}, \quad M = 50\%M_{niszcz}, \quad M = 75\%M_{niszcz}.$$

- pomiaru szerokości rozwarcia rys dodatkowym urządzeniem, tj. lunetką o dokł. 0,01 mm.

4. Wnioski końcowe

Wyniki badań wstępnych potwierdziły istotny wpływ niskocyklicznych obciążeń statycznych o zmiennym znaku na końcową szerokość rozwarcia rys w żelbetowych elementach płytowych. Zaobserwowane zjawisko wpływu obciążeń niskocyklicznych na wartość i zasięg zarysowania elementu żelbetowego ma istotne znaczenie w odniesieniu do konstrukcji rzeczywistych. Podczas badań laboratoryjnych elementu panowały warunki temperaturowo – wilgotnościowe zbliżone do optymalnych, natomiast konstrukcja w czasie eksploatacji narażona jest na działanie czynników korozyjnych, powodujących w konsekwencji zmniejszenie nośności obiektu.

Chcąc realizować planowany program badań, należy dobrać odpowiednią metodę pomiarową, która umożliwi dotarcie w głąb rysy i obserwację zjawisk zachodzących wewnątrz obciążanego elementu.

Badania wstępne, prócz obserwacji samego zjawiska zarysowania elementu, były ważne również pod względem technicznym, ponieważ miały na celu sprawdzenie urządzeń i układów pomocniczych, wspomagających realizację doświadczenia.

LITERATURA

1. Świąć K.: Szerokość rozwarcia rys w żelbetowych płytach poddanych statycznym obciążeniom o zmiennym znaku. Zeszyty Naukowe Politechniki Śląskiej, Seria: Budownictwo z. 101, Wiśła, listopad 2003 r., str. 417 – 424.
2. Kamiński M., Szantyka E.: Metodyka badań żelbetowych elementów płytowych zginanych obciążeniem statycznym o zmiennym znaku. Raport serii PRE nr 14/2004 przeznaczony do opublikowania w materiałach konferencyjnych „Badania materiałów budowlanych i konstrukcji inżynierskich”, Wrocław 2004.
3. Malczyk A.: Propagacja rysy w betonie pod wpływem obciążenia cyklicznego. Inżynieria i Budownictwo, nr 8/92, str. 297 – 299.
4. PN-B-03264:2002: Konstrukcje betonowe, żelbetowe i sprężone. Obliczenia statyczne i projektowanie.
5. Taguchi G.: System of experimental design, UNIPUB/Kraus International Publications, 1987, vol. 1,2.
6. Pod redakcją Kamińskiego M.: Badania elementów konstrukcyjnych o przekroju pierścieniowym z betonu wibrowanego. Dolnośląskie Wydawnictwo Edukacyjne, Wrocław 1996.

Recenzent: Dr hab. inż. Piotr Korzeniowski, prof. Pol. Gdańskiej