

## **Analizy stanów deformacji zginanych płyt z betonu i fibrobetonu wysokowartościowego**

**Piotr Smarzewski, Mariusz Sz waj, Andrzej Szewczak**

*Katedra Konstrukcji Budowlanych, Wydział Budownictwa i Architektury,  
Politechnika Lubelska, e-mail: p.smarzewski@pollub.pl*

**Streszczenie:** W artykule przedstawiono wyniki badań zginanych płyt żelbetowych wykonanych z betonu wysokowartościowego o wskaźniku woda/spoiwo równym 0,2 z dodatkiem włókien stalowych i polipropylenowych uzyskane z wykorzystaniem systemu ARAMIS, do bezkontaktowych trójwymiarowych pomiarów odkształceń. Płyty zbrojono siatkami z prętów  $\phi 8$  mm, a czynnikiem zmiennym w badaniach była procentowa zawartość dodatku włókien do betonu. W wyniku przeprowadzonych eksperymentów stwierdzono istotny wpływ kombinacji zbrojenia strukturalnego na nośność płyt.

**Słowa kluczowe:** elementy żelbetowe, beton wysokowartościowy, włókna stalowe, włókna polipropylenowe, płyty, system ARAMIS.

### **1. Wprowadzenie**

We współczesnych czasach beton wysokowartościowy jest materiałem coraz częściej stosowanym w budownictwie. Przez lata rozwijano technologie jego produkcji i sposoby badań. Poprzez wprowadzanie do mieszanki różnych dodatków i domieszek poprawiano rozmaite właściwości betonu. W następstwie dodania włókien uzyskano nowy kompozyt ze zbrojeniem rozproszonym o wyższej wytrzymałości na rozciąganie, dużej odporności na pęknięcie, podwyższonej udurowienia i wytrzymałości zmęczeniowej [1-6]. Pomimo, że badania tego materiału trwają już blisko pół wieku, wciąż wyznaczane są przyszłe kierunki jego rozwoju [7-9]. Koncepcją, której ostatnio poświęca się dużo uwagi, jest hybrydyzacja włókien. W betonie wysokowartościowym kilka typów włókien łączy się w celu utworzenia ich optymalnego składu ilościowego i jakościowego [10]. Zazwyczaj można połączyć makro- z mikrowłóknami lub włókna o podobnej wielkości, ale różnym module sprężystości. Przykładem jest zastosowanie włókien stalowych lub węglowych o wysokim module sprężystości z włóknami polipropylenowymi o niskim module sprężystości. Prawdopodobnie zakotwiczone w betonie włókno o wysokim module uzyskuje optymalną zdolność wzmocnienia przy małych i średnich rysach. Z kolei włókno o niskim module rozwinięte pełni zdolność wzmocnienia przy dużych rysach. Tak połączone włókna powinny utworzyć kompozyt o wysokiej wytrzymałości przy szerokim zakresie rozwarcia rys.

Przedmiotem badań doświadczalnych są płyty żelbetowe z betonu wysokowartościowego wzmocnione włóknami stalowymi i polipropylenowymi. Taka koncepcja nowoczesnego kompozytu ma ostatnio kilku zwolenników [11-13].

Celem badania było określenie wpływu dodatku włókien na nośność i odkształcalność żelbetowych elementów płytowych. W pracy zaprezentowano wyniki i analizy bezkontaktowych, trójwymiarowych pomiarów stanów deformacji elementów.

## 2. Przygotowanie i badania płyt żelbetowych ze zbrojeniem rozproszonym z wykorzystaniem systemu ARAMIS

Płyty żelbetowe o wymiarach 1000 x 800 x 60 mm w ilości 3 sztuk wykonano według receptur nr 1, nr 2 i nr 3 przedstawionych w Tabeli 1.

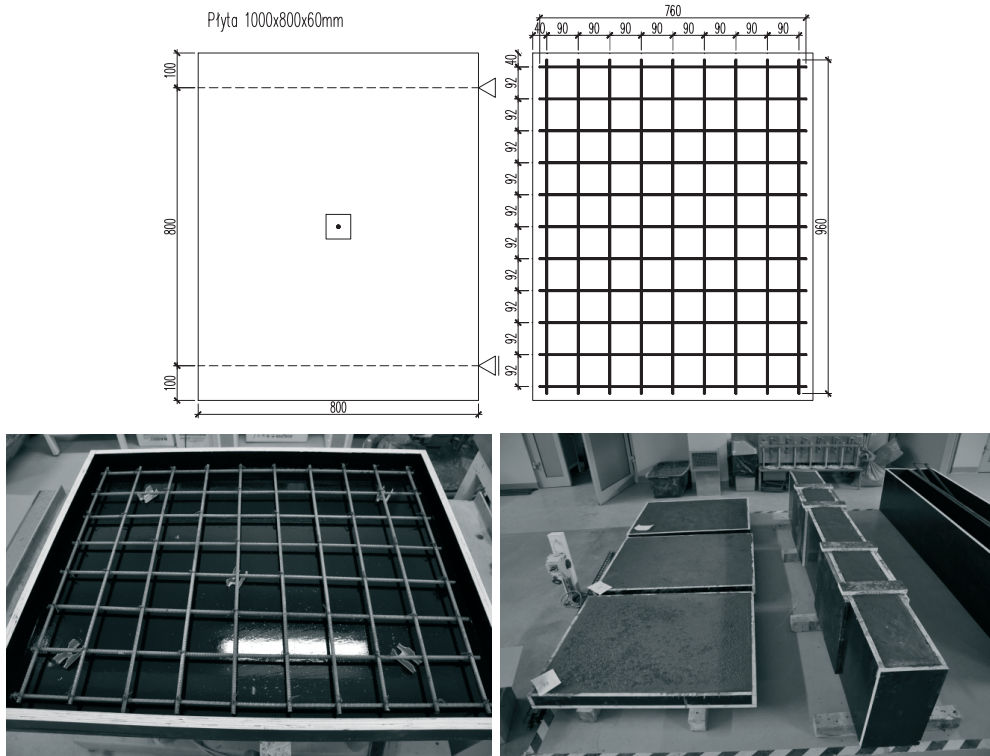
Tabela 1. Receptury mieszanek betonowych.

Table 1. Recipe concrete mixes.

Skład	Symbol	Płyta 1	Płyta 2	Płyta 3
		Receptura nr 1	Receptura nr 2	Receptura nr 3
		Ilość [kg/m <sup>3</sup> ]	Ilość [kg/m <sup>3</sup> ]	Ilość [kg/m <sup>3</sup> ]
Cement CEM I 52,5R	C	596	596	596
Granodioryt 0-8 mm	K	990	990	990
Piasek kwarcowy	P	500	500	500
Mikrokrzemionka	M	59,6	59,6	59,6
Superplastyfikator	S	20	20	20
Woda	W	196	196	196
Włókna stalowe	$W_{sf}$	–	39	78
Włókna polipropylenowe	$W_{pf}$	–	0,5	0,5

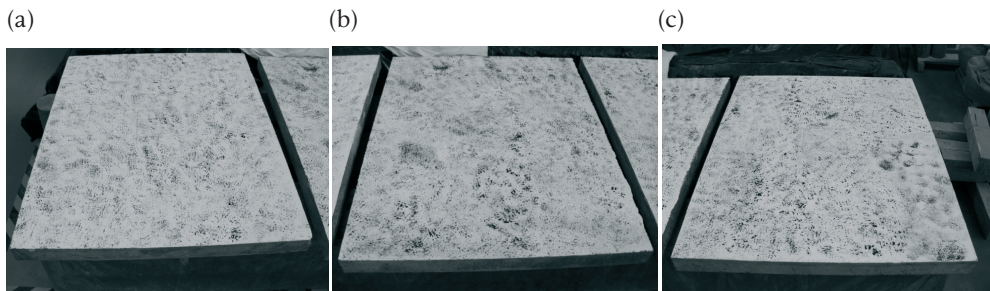
Przygotowane mieszanki betonowe charakteryzowały wskaźniki: wodno-spoiwowy  $W/(C+M) = 0,21$ , ilości kruszywa do cementu i mikrokrzemionki  $(K+P)/(C+M) = 2,27$ , procentowej zawartości superplastyfikatora  $[S\rho_S/(C+M+K+P)]100\% = 1,07\%$  ( $\rho_S = 1150 \text{ kg/m}^3$ ), procentowej zawartości włókien stalowych odpowiednio w recepturach nr 2 i nr 3 –  $V_{sf2} = (W_{sf2}/\rho_{sf})100\% = 0,5\%$ ,  $V_{sf3} = 1\%$  ( $\rho_{sf} = 7800 \text{ kg/m}^3$ ), procentowej zawartości włókien polipropylenowych identycznej w obu recepturach  $V_{pf2} = V_{pf3} = (W_{pf}/\rho_{pf})100\% = 0,06\%$  ( $\rho_{pf} = 900 \text{ kg/m}^3$ ).

Formy płyt żelbetowych wykonano ze sklejki używanej do deskowań. Zbrojenie płyt wykonane w postaci siatek z prętów żebrowanych o średnicy 8 mm i ze zmiennym dodatkiem włókien przedstawiono na Rys. 1. Formy przed betonowaniem posmarowano środkiem andyadhezyjnym, a po ułożeniu mieszanki zagęszczano na stoliku wibracyjnym. Gotowe elementy przykrywano mokrymi materiałami płóciennymi i pielęgnowano przez 7 dni.



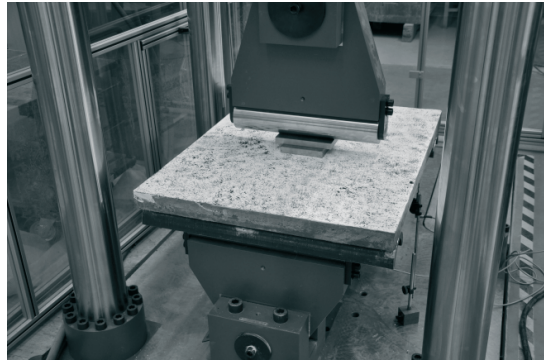
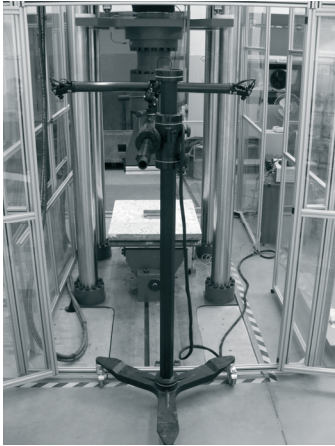
Rys. 1. Wymiary, układ zbrojenia oraz widok płyty przed i po betonowaniu.  
 Fig. 1. Size, reinforcement system and the view of the plate before and after concreting.

Przygotowane elementy z naniesionym losowo deseniem do bezkontaktowych pomiarów stanów deformacji pokazano na Fot. 1.



Fot. 1. Płyty żelbetowe przygotowane do badania z wykorzystaniem systemu ARAMIS: a) nr 1, b) nr 2, c) nr 3.  
 Phot. 1. Reinforced concrete plates prepared for tests in ARAMIS system: a) no 1, b) no 2, c) no 3.

Badania laboratoryjne przeprowadzono w prasie hydraulicznej Zwick/Roell ze sterowaniem szybkością przyrostu przemieszczenia i rejestracją wartości sił oraz ugięć. Na Fot. 2 zilustrowano stanowisko badawcze ze statywem i kamerami cyfrowymi systemu pomiarowego. Przed przystąpieniem do badań kamery cyfrowe ustawiono na nieruchomym statywie i wykonano kalibrację urządzenia przy pomocy krzyża kontrolnego.



Fot. 2. Stanowisko badawcze płyt żelbetowych.

Phot. 2. Laboratory stand for testing reinforced concrete plates.

ARAMIS jest systemem do trójwymiarowych pomiarów stanów odkształceń elementów oraz analiz, obliczeń i wykonania graficznej dokumentacji wyników. Czytelne obrazy pomiarów umożliwiają pełniejsze zrozumienie zachowania badanych obiektów. System wykonuje zdjęcia kamerami cyfrowymi i rozpoznaje strukturę mierzonych powierzchni. Stan zerowych odkształceń odzwierciedla pierwsze wykonane zdjęcie. Wszystkie fotografie są zapisywane, aż do zniszczenia elementu. Po ich scaleniu można porównać i obliczyć przemieszczenia oraz odkształcenia. W systemie porównywane są zdjęcia, a następnie przypisywane charakterystycznym obszarom prostokątne płaszczyzny zwane fasetkami, o wymiarach boków po kilkanaście pikseli. Identyfikacja ich ma miejsce na kolejnych obrazach [14]. Elementy systemu pomiarowego przedstawiono na Fot. 3. Podstawowymi składnikami są czujnik pomiarowy wraz z dwiema kamerami cyfrowymi i stabilną bazą do ich mocowania, urządzenie wyzwalająco-sterujące zasilające kamery i zapisujące zdjęcia oraz komputer dużej mocy obliczeniowej wraz z oprogramowaniem.



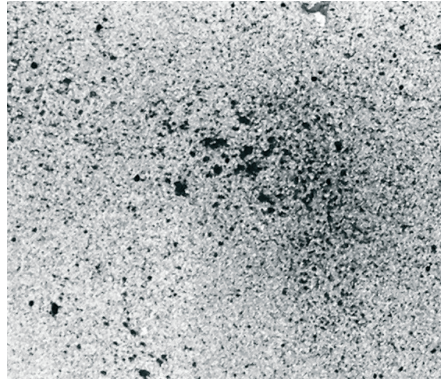
Fot. 3. Elementy systemu pomiarowego ARAMIS.

Phot. 3. Elements of ARAMIS measuring system.

ARAMIS jest użyteczny w pomiarach stanów odkształceń obiektów wywołanych obciążeniami statycznymi lub dynamicznymi. Bardzo ważne jest właściwe przygotowanie powierzchni próbki poprzez naniesienie regularnego lub losowego desena (Fot. 4), dzięki któremu są przeliczane przemieszczenia w punktach charak-

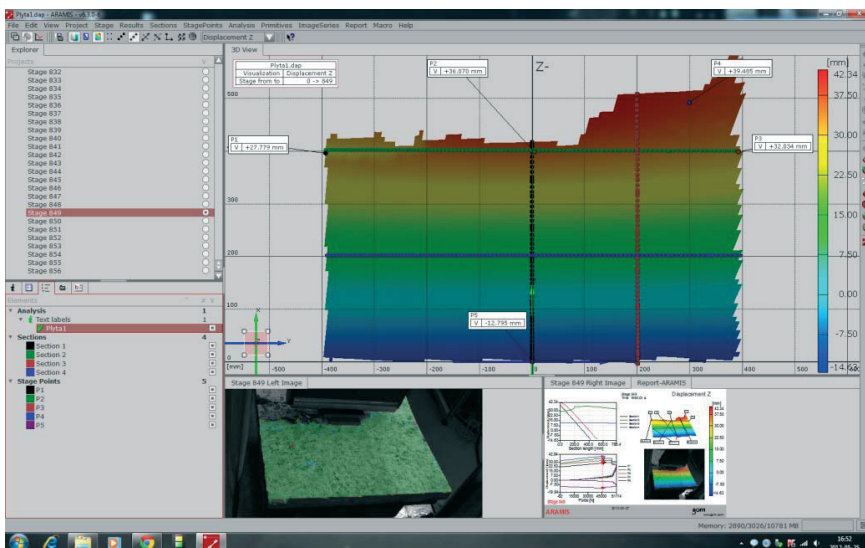


terystycznych. Zakres pomiaru czujnika jest szeroki i obejmuje bardzo duże pole o wymiarze boku od 1 mm do 2000 mm. Odkształcenia względne można uzyskać w zakresie od 0,01% do kilkuset procent. Do ich pomiarów w trzech kierunkach potrzeba dwóch kamer zamocowanych na nieruchomym statywie. Przed badaniem system należy skalibrować na polu pomiarowym.



Fot. 4. Powierzchnia płyty z losowo naniesionym deseniem.  
 Phot. 4. Plate surface with a random pattern.

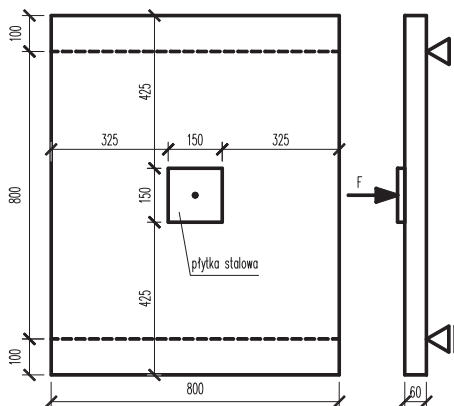
Większość funkcji systemu pomiarowego jest kontrolowana przez oprogramowanie. Widok okna dialogowego wykonany podczas obróbki wyników z badania płyt przedstawiono na Fot. 5.



Fot. 5. Widok okna dialogowego programu ARAMIS.  
 Phot. 5. View of ARAMIS dialog box.

System ARAMIS można zastosować w badaniach materiałów: przy określaniu wytrzymałości i wymiarowaniu części elementów konstrukcji, w badaniach zachowań nieliniowych oraz procesów pełzania i starzenia, przy sprawdzaniu modeli weryfikowanych np. Metodą Elementów Skończonych, przy określaniu charakterystyk materiałowych, podczas procesów deformacji i przy obliczaniu odkształceń.

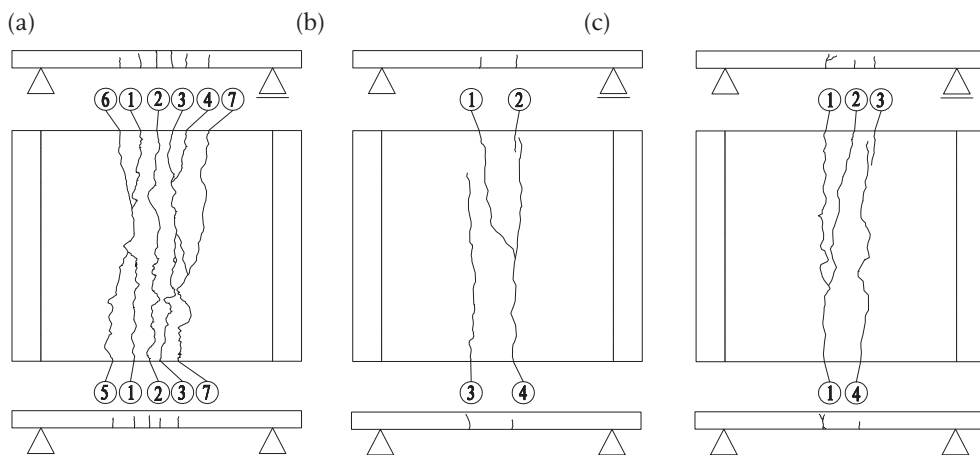
Płyty żelbetowe obciążano miejscowo, poprzez centrycznie ustawioną płytkę stalową wg schematu przedstawionego na Rys. 2, przy stałym wzroście przemieszczenia tłoka prasy hydraulicznej. Podczas badania rejestrowano przemieszczenie tłoka, aktualną siłę i ugięcia płyt za pomocą czujników LVDT.



Rys. 2. Schemat obciążenia i podparcia płyt.  
Fig. 2. Schematic of load and support plates.

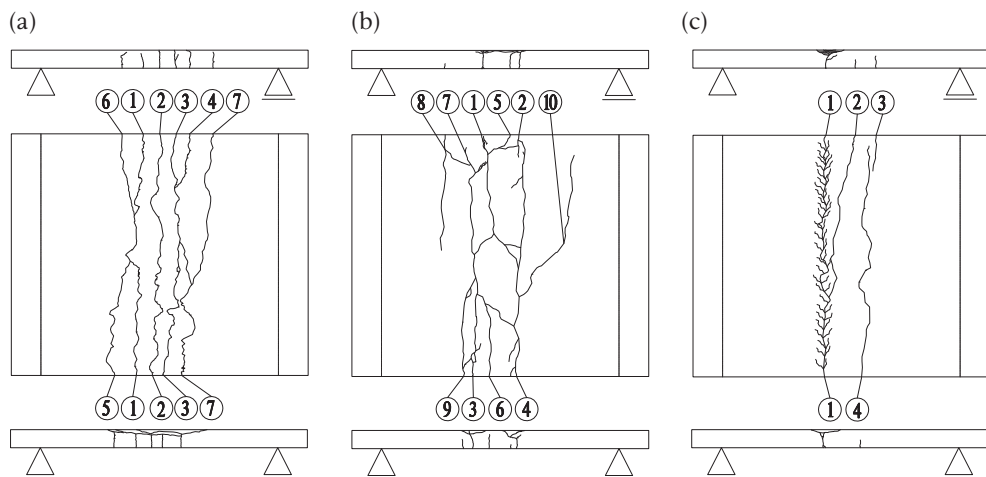
### 3. Analiza wyników badania płyt

Obrazy rozwoju rys sporządzono na podstawie szczegółowej dokumentacji fotograficznej. Pierwsze rysy pojawiły się w środku rozpiętości wszystkich elementów. W przypadku płyt nr 2 i 3 rysy miało to miejsce po dwukrotnie dłuższym czasie niż na płycie nr 1. Wraz ze wzrostem obciążenia powstawały rysy prostopadłe na całej szerokości płyt. Ich ilość była skorelowana z procentową zawartością włókien. W dalszych etapach obciążenia obserwowano odpryskiwanie betonu na górnych powierzchniach płyt. Obrazy zarysowania płyt na etapach obciążenia siłą 57 kN i końcowych etapach obciążenia zilustrowano odpowiednio na Rys. 3 i 4.



Rys. 3. Obrazy rozwoju rys w płytach na tym samym etapie obciążenia  $F=57$  kN: a) nr 1, b) nr 2, c) nr 3.

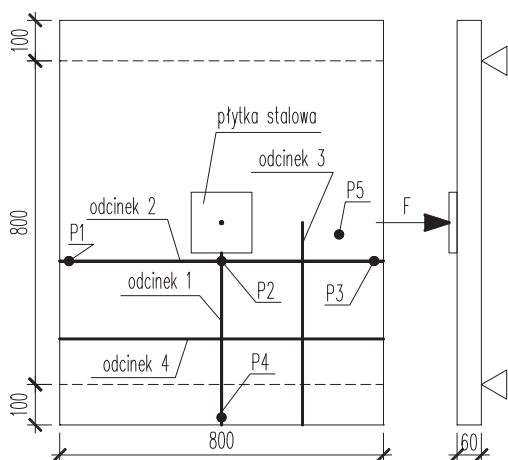
Fig. 3. The images of crack development at the same level of loading  $F=57$  kN: a) no 1, b) no 2, c) no 3.



Rys. 4. Obrazy rozwoju rys w końcowej fazie badania płyty: a) nr 1, b) nr 2, c) nr 3.  
 Fig. 4. The maps of crack development in the final phase of the study for the plate: a) no 1, b) no 2, c) no 3.

Płyta nr 3 z 1% zawartością włókien stalowych miała wyraźnie odmienny obraz zarysowania. Podczas badania tylko jedna rysa stale powiększała swoją szerokość, a dodatkowo w końcowej fazie obciążania na całej jej długości powstały promieniście odchodzące od niej drobne rysy, Rys. 4c. Badanie prowadzono do momentu, aż włókna strefy ściskanej betonu uległy całkowitemu zmiążdżeniu, a pęknięcia pojawiające się w strefie rozciąganej miały szerokości przekraczające 5 mm w płytach nr 1 i nr 2 oraz 15 mm w płycie nr 3.

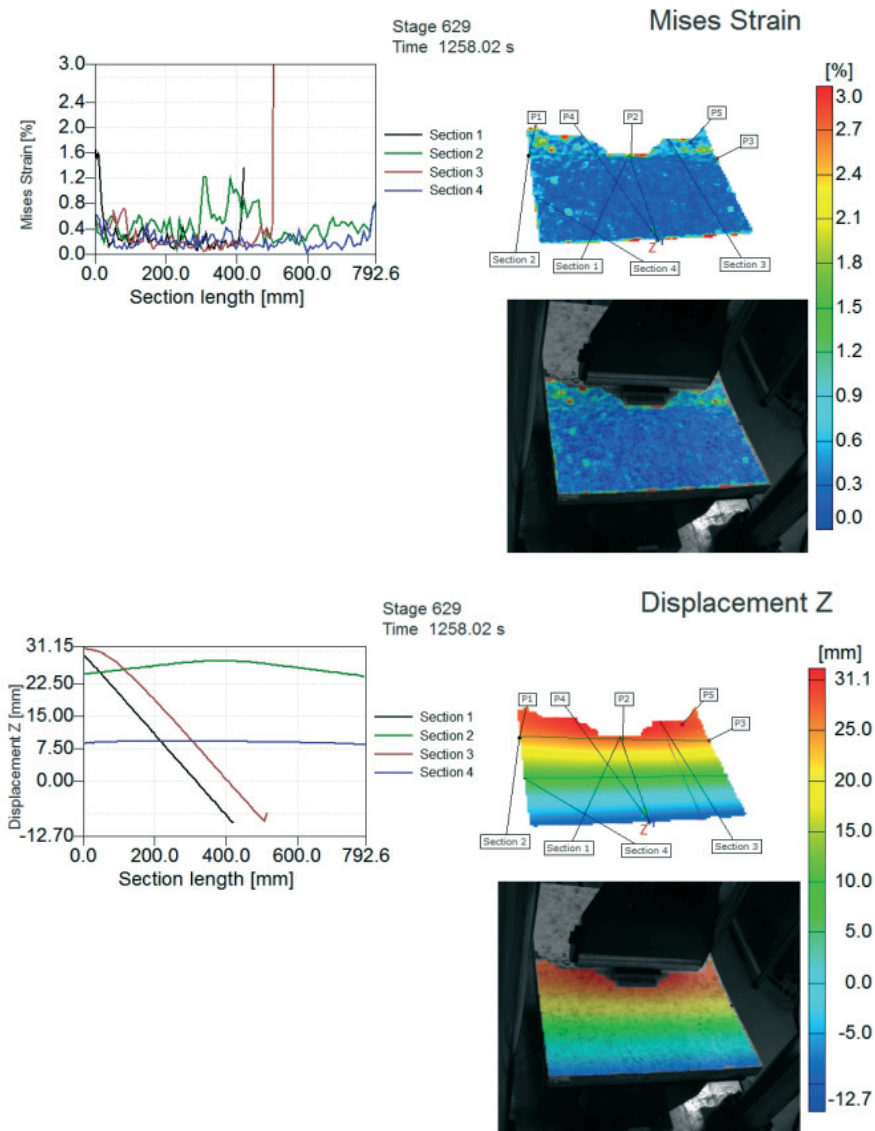
System ARAMIS umożliwia sporządzenie wykresów odpowiedzi elementów płytowych w dowolnym punkcie lub na długości wybranego odcinka. Na Rys. 5 zilustrowano schemat płyt z zaznaczonymi charakterystycznymi punktami i odcinkami przyjętymi do analiz.



Rys. 5. Schemat poglądowy przyjętych do analiz punktów i odcinków dla płyt w programie ARAMIS.  
 Fig. 5. Reference scheme of characteristic points and sections selected for the analysis in ARAMIS.

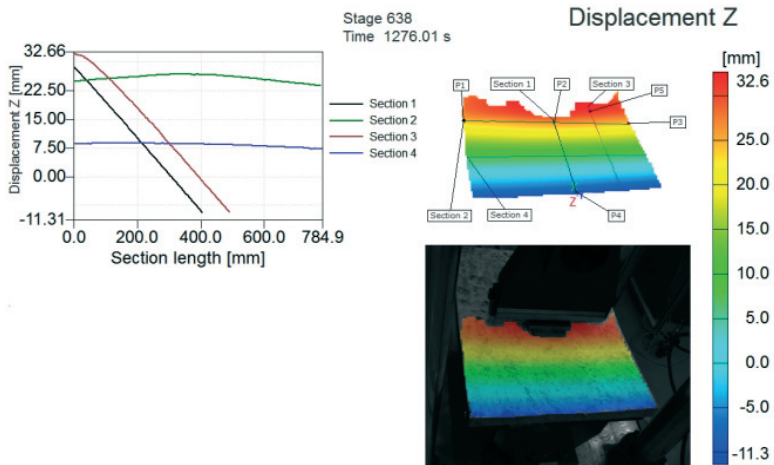
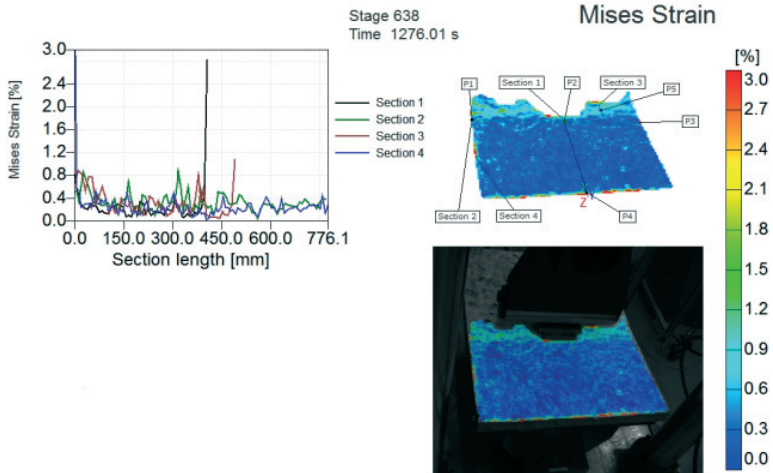
Wyniki odkształceń i przemieszczeń pionowych charakterystycznych odcinków 1-4 analizowanych obszarów płyt nr 1-3 przedstawiono w formie raportów. Zamieszczone na Rys. 6 obrazy i wykresy stanów deformacji płyt odpowiadają największym przyłożonym siłom.

### Płyta 1 – $F_{max} = 66,1$ kN

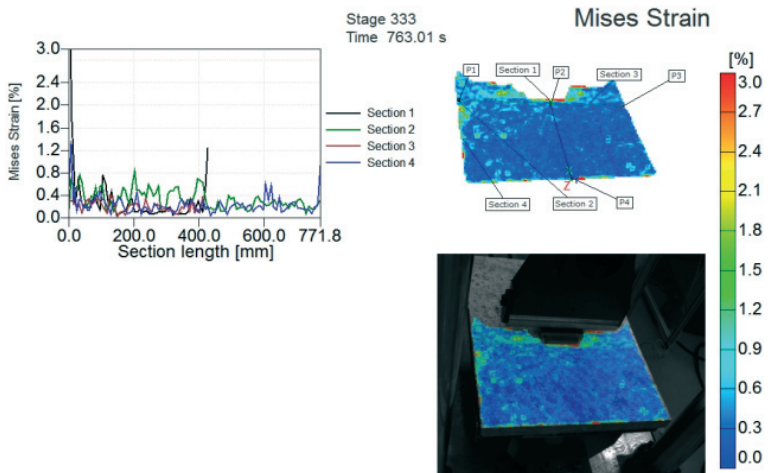


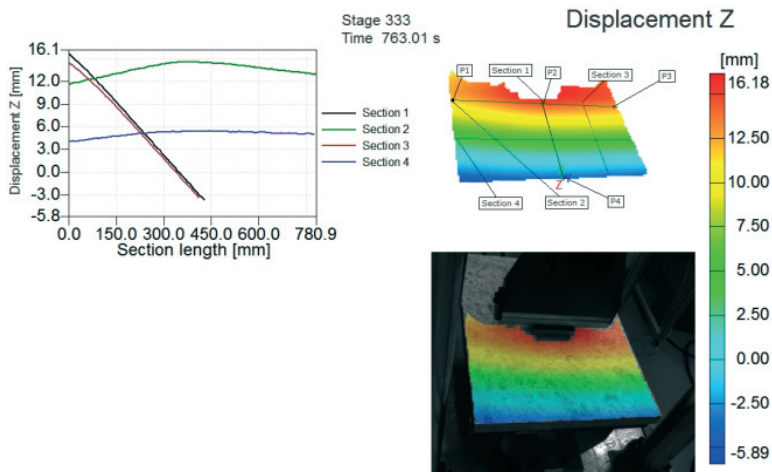


**Płyta 2 –  $F_{max} = 72,4$  kN**



**Płyta 3 –  $F_{max} = 72,2$  kN**





Rys. 6. Raporty odkształceń i przemieszczeń pionowych płyt przy maksymalnych obciążeniach.  
Fig. 6. Reports of strains and horizontal displacements of plates at maximum loads.

Najszybciej zniszczyła się płyta nr 1 bez dodatku włókien. Jej pionowe przemieszczenie dla maksymalnej wartości obciążenia równej 66,1 kN osiągnęło wartość 31,2 mm. Pas największych przemieszczeń pionowych, o wartościach od 25 mm do 31,2 mm, miał szerokość 200 mm i przebiegał centralnie w poprzek płyty. Maksymalne wartości odkształceń, które pojawiły się w połowie płyty na odcinku 3 i znacznie przekroczyły 3%, miały związek z lokalnym miażdżeniem betonu w tym obszarze.

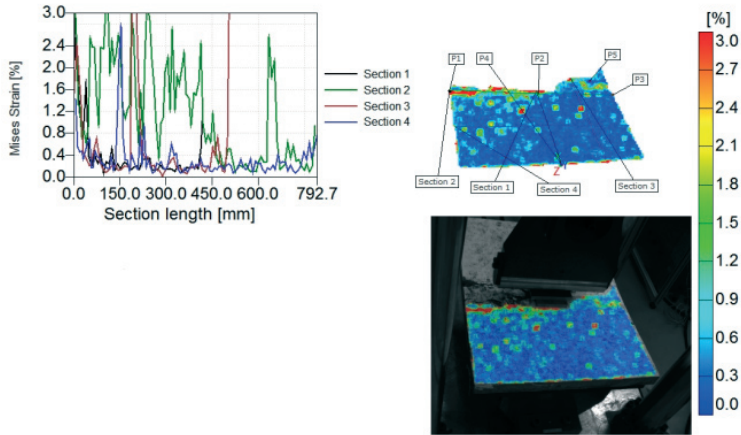
Przemieszczenie płyty nr 2 dla maksymalnej wartości obciążenia równej 72,4 N osiągnęło wartość 32,7 mm. Pas maksymalnych przemieszczeń pionowych o wartościach z przedziału 25-32,7 mm zmniejszył się do około 100 mm. Zarejestrowano znacznie mniejsze odkształcenia elementów do 1,2% na długości wszystkich analizowanych odcinków. Odkształcenia równe 2,8% pojawiły się lokalnie na odcinku 1 w strefach odprysków betonu.

Przemieszczenie płyty nr 3 dla maksymalnej wartości obciążenia 72,2 kN osiągnęło wartość 16,2 mm. Przy zbliżonej wartości obciążenia do płyty nr 2 pojawiło się miejscowe miażdżenie betonu z włóknami. Odkształcenia w tych obszarach były największe, lecz nie przekraczały 1,2%. Maksymalne przemieszczenia pionowe pojawiły się w centralnie usytuowanym pasie o szerokości 70 mm i miały wartości w zakresie 12-16,2 mm przy obciążeniu większym o 18,2% w stosunku do maksymalnego obciążenia płyty nr 1.

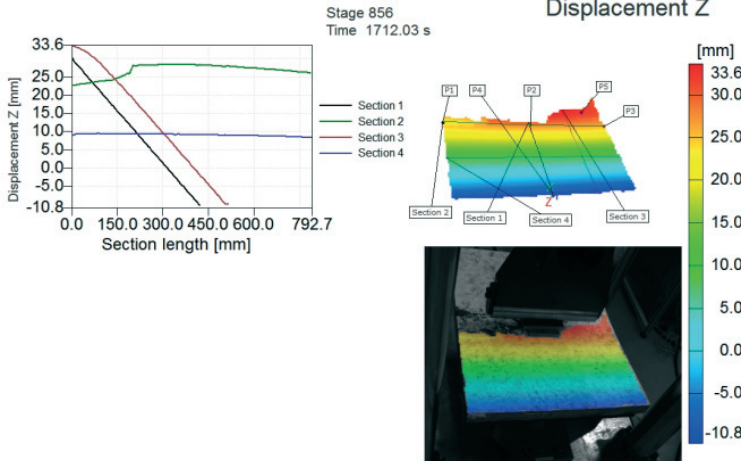
Na Rys. 7 przedstawiono raporty odkształceń i przemieszczeń pionowych płyt 1-3 na ostatnich etapach obciążenia.

**Płyta 1 –  $F_u = 45,4$  kN**

**Mises Strain**

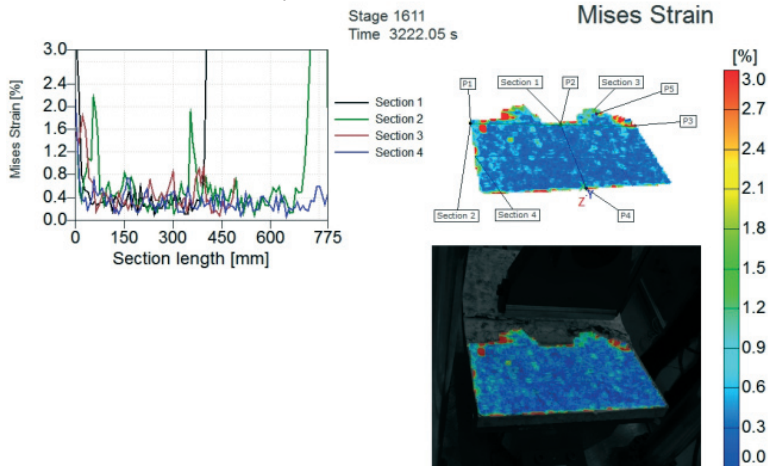


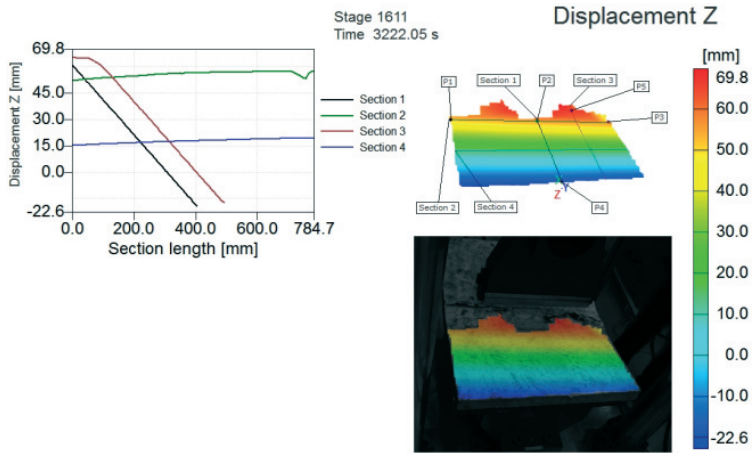
**Displacement Z**



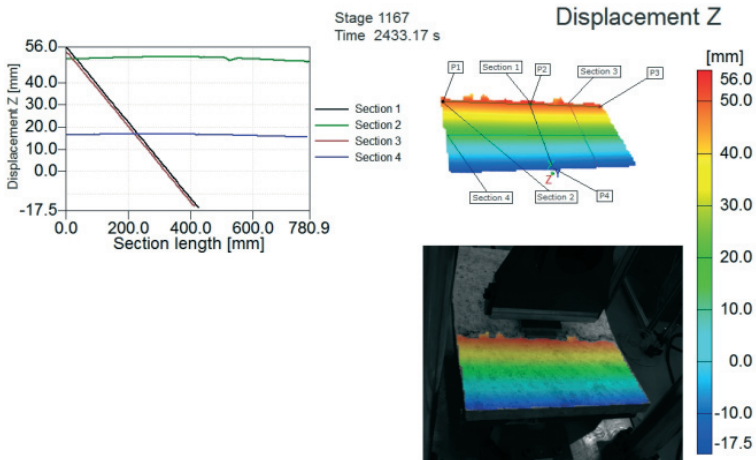
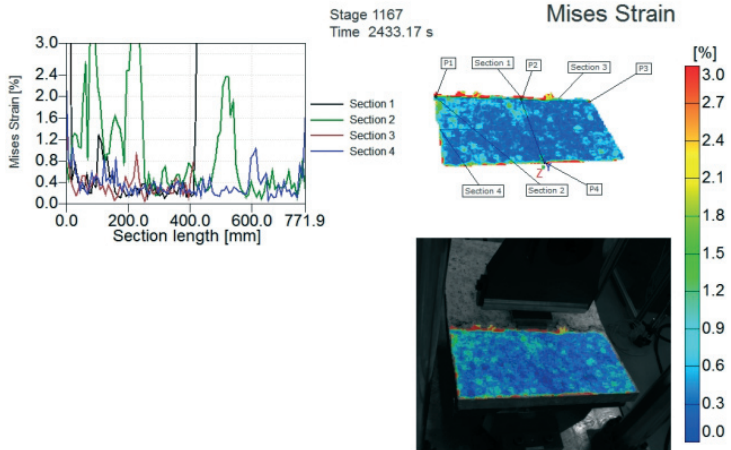
**Płyta 2 –  $F_u = 40,8$  kN**

**Mises Strain**





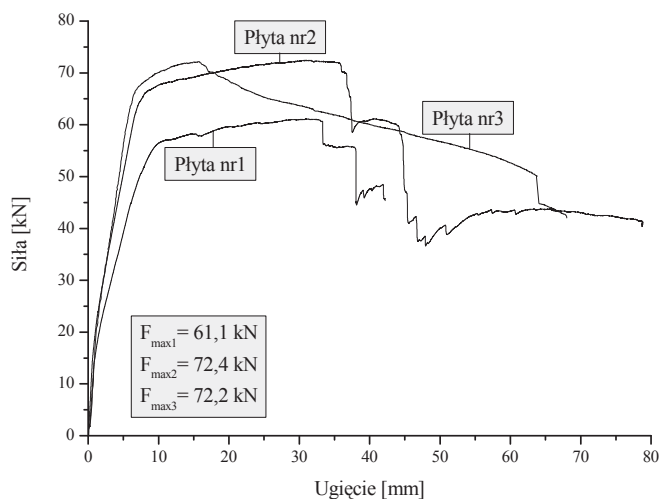
### Płyta 3 – $F_u = 42,1$ kN



Rys. 7. Raporty odkształceń i przemieszczeń pionowych płyt na ostatnich etapach obciążenia.  
Fig. 7. Reports of strains and vertical displacement in plates 1-3 at the final stage of loading.

Na ostatnim etapie obciążenia płyty nr 1 największe odkształcenia wystąpiły na prawie całym odcinku 2 o wartościach powyżej 2%. Maksymalne przemieszczenia pojawiły się na odcinku 3 i osiągały do 33,6 mm. W płycie nr 2 odkształcenia wynosiły przeważnie do 2% i wystąpiły na małych fragmentach powierzchni. Największe przemieszczenie pionowe było ponad dwukrotnie większe od przemieszczenia w płycie nr 1 i wynosiło 69,8 mm. W płycie nr 3 o większej procentowej zawartości zbrojenia rozproszonego odkształcenia włókien ścisanych fibrobetonu były większe niż w płycie nr 2 i na dłuższych odcinkach obserwowano nasilone efekty miażdżenia matrycy. Przemieszczenia w tym przypadku były również znaczne i osiągały 56 mm na odcinkach 1 i 3.

Na podstawie wyników pomiarów sporządzono wykresy zależności siła – ugięcie trzech badanych elementów, Rys. 8.



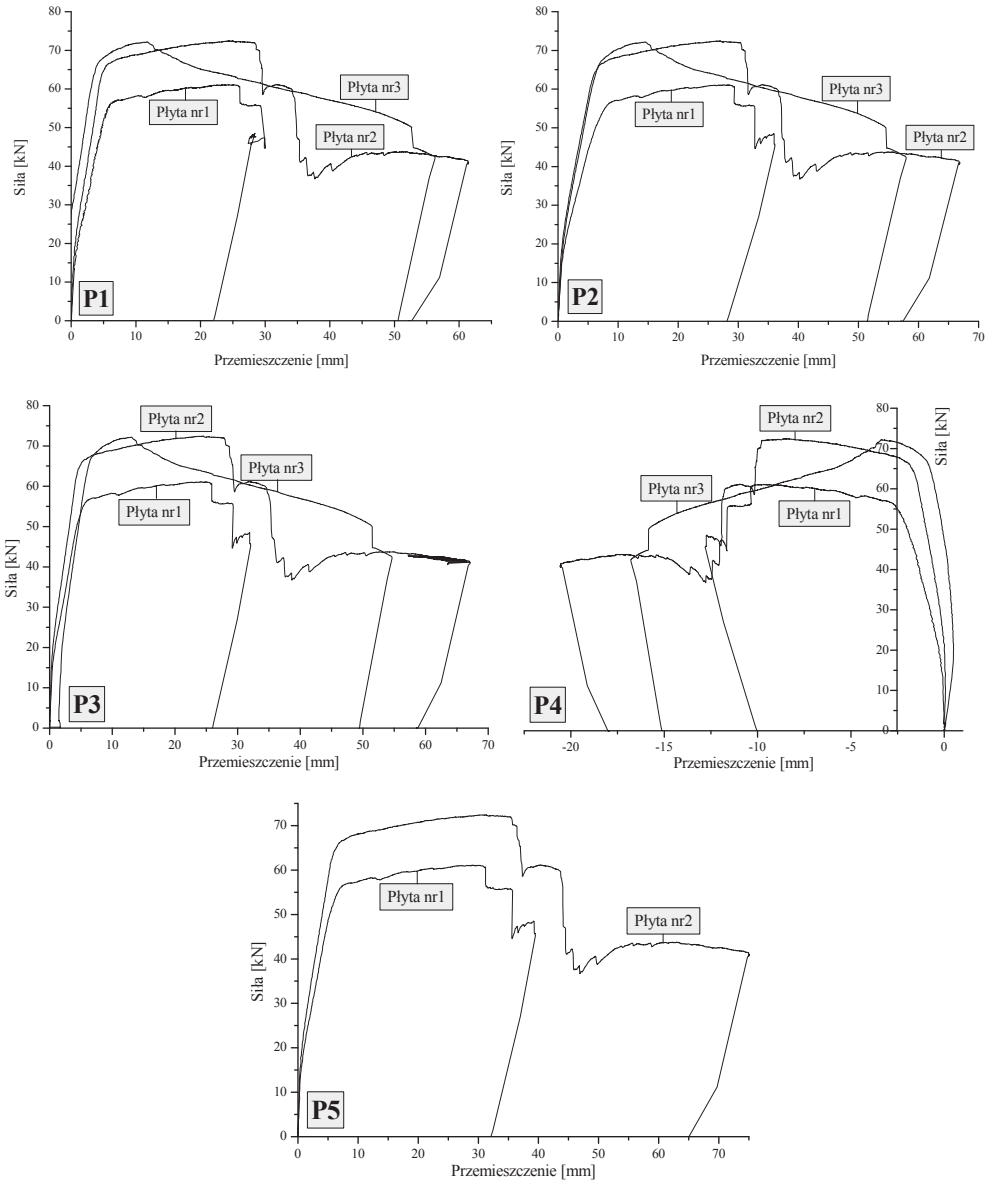
Rys. 8. Zależność siła-ugięcie badanych płyt.

Fig. 8. The force-displacement relation for tested plates.

Na podstawie zależności siła – ugięcie stwierdzono, że przy maksymalnym obciążeniu 61,1 kN płyta nr 1 ugięła się o 31,2 mm. W przypadku płyty nr 2 z dodatkiem włókien stalowych w ilości 0,5% zaobserwowano, że odpowiedź elementu jest podobna do płyty nr 1, ale największe obciążenie jest wyższe o 18,5% przy ugięciu 31 mm. W przypadku płyty nr 3 z 1% dodatkiem włókien stalowych zauważono, że ugięcie dla obciążenia 72,2 kN wynosi jedynie 15,6 mm. Po uplastycznieniu zbrojenia spadek nośności jest łagodny, bez wyraźnych załamań na wykresie, gdyż włókna stalowe hamują ewolucję rys.

Zależności siła-przemieszczenie pionowe w punktach P1-P5 dla płyt nr 1-3 przedstawiono na Rys. 9.





Rys. 9. Zależności siła-przemieszczenie pionowe w punktach P1-P5 dla płyt nr1-nr3.  
 Fig. 9. Load-vertical displacement relations in points P1-P5 for plates 1-3.

Zależność siła-przemieszczenie płyty nr 2 o zawartości włókien stalowych 0,5% i włókien polipropylenowych 0,06% ma w początkowych stadiach obciążenia, we wszystkich kontrolowanych punktach, podobny przebieg do krzywej otrzymanej dla płyty nr 1. Jednak zakres obciążenia i odpowiedzi elementu z włóknami jest dużo wyższy. Zakres pracy sprężystej jest zbliżony we wszystkich elementach, ale oczywiście największą sztywnością wykazała się płyta nr 3. Różne są natomiast wartości sił, przy których materiał rozpoczął pracę jako sprężysto-plastyczny. Po uplastycznieniu zbrojenia stalowego całkowicie zmienia się charakter odpowiedzi

plyty nr 3. W płycie nr 1 kształt wykresu wynika ze współpracy kruchej matrycy i prętów stalowych. W płycie nr 2 włókna stalowe w niewielkim stopniu wpływają na cechy kompozytu, natomiast mają istotny wpływ na jej wzrost wytrzymałości i sztywności. W płycie nr 3 z dodatkiem 1% włókien stalowych i 0,06% włókien polipropylenowych, po uplastycznieniu zbrojenia tradycyjnego można zaobserwować włączenie się do współpracy włókien. Kompozyt nabiera cech materiału plastycznego z łagodnie postępującym osłabieniem.

#### 4. Podsumowanie

Badania doświadczalne potwierdziły skuteczność stosowania dodatku włókien stalowych i polipropylenowych w celu poprawy wytrzymałości betonu wysokowartościowego na rozciąganie przy zginaniu w elementach płytowych. Na podstawie analiz otrzymanych wyników stwierdzono, że dodatek włókien stalowych w ilości 0,5% zwiększa wytrzymałość na rozciąganie matrycy betonu wysokowartościowego oraz sztywność elementu. Ponadto zastosowanie włókien polipropylenowych nawet w niewielkiej ilości jest skuteczne i poprawia wydajność pracy zdeformowanych włókien stalowych w betonie. Gwałtowne uwolnienie energii zarejestrowano jedynie w płycie żelbetowej. W płytach z włóknami zaobserwowano hamowanie nagłego pęknięcia betonu w efekcie pomostowania włókien. Wytrzymałość na rozciąganie przy zginaniu płyt nr 2 i nr 3 wzrosła o ponad 18% w porównaniu do płyty żelbetowej nr 1. W badanych elementach ze zbrojeniem rozproszonym nie powiększyła się ona wraz z wzrostem procentowego dodatku włókien. Zniszczenie płyty żelbetowej z betonu wysokowartościowego wzmocnionej włóknami stalowymi w ilości 1% i włóknami polipropylenowymi w ilości 0,06% miało charakter plastyczny, stopniowy i łagodny, gdyż każda rysa jest mostkowana przez włókna, co przekłada się na łagodny mechanizm zniszczenia i dużą ciągliwość elementu.

W najbliższej przyszłości planowane są dalsze badania eksperymentalne porównujące zachowanie betonu zbrojonego i żelbetu z dodatkiem włókien w elementach konstrukcyjnych, jak również symulacje numeryczne mechanizmów zniszczenia elementów żelbetowych z betonów wysokowartościowych wzmocnionych dwiema rodzinami włókien oraz optymalizacja tych kompozytów.

#### Literatura

- [1] Brandt A.M., *Toughness of fibre reinforced cement based materials*, Archives of Civil Engineering XLII (4), 1996.
- [2] Glinicki A., Litorowicz A., Zieliński M., *Badanie odporności fibrobetonów na pęknięcie przy zginaniu*, Materiały Budowlane 3 (2002) 74-76.
- [3] Domański T., Czkwianianc A., *Wpływ zbrojenia rozproszonego na parametry mechaniczne betonu*, Przegląd Budowlany 6 (2006).
- [4] Brandt A.M., *Fibre reinforced cement-based (FRC) composites after over 40 years of development in building and civil engineering*, Composite Structures 86 (2008) 3-9.
- [5] Brandt A.M., *Cement Based Composites: Materials, Mechanical Properties and Performance*, Taylor and Francis, London and New York 2009.
- [6] Foster S.J., *The application of steel-fibres as concrete reinforcement in Australia: from material to structure*, Materials and Structures 42 (2009) 1209-1220.
- [7] Walraven J.C., *High performance fiber reinforced concrete: progress in knowledge and design codes*, Materials and Structures 42 (2009) 1247-1260.

- [8] Prisco M., Plizzari G., Vandewalle L., *Fibre reinforced concrete: new design perspectives*, Materials and Structures 42 (2009) 1261-1281.
- [9] Glinicki M.A., *Beton ze zbrojeniem strukturalnym*, XXV Ogólnopolskie warsztaty pracy projektanta konstrukcji, Szczyrk 2010.
- [10] Bantia N., Gupta R., *Hybrid fiber reinforced concrete (HyFRC): fiber synergy in high strength matrices*, Materials and Structures 37 (2004) 707-716.
- [11] Cucchiara C., La Mendola L., Papia M., *Efectiveness of stirrups and steel fibres as shear reinforcement*, Cement & Concrete Composites 26 (2004) 777-786.
- [12] Chiaia B., Fantilli A.P., Vallini P., *Combining fiber-reinforced concrete with traditional reinforcement in tunnel linings*, Engineering Structures 31 (2009) 1600-1606.
- [13] Fairbairn E.M.R., Toledo Filho R.D., Formagini S., Rosa J.I., Battista R.C., *Experimental analysis and modeling of ultra high performance fiber reinforced concrete plates*, 1-8 (in press).
- [14] ARAMIS v6: *Podręcznik użytkownika* – Oprogramowanie. Germany, 2007.

## **The analysis of deformation states high strength fibre-reinforced concrete plates in flexural**

**Piotr Smarzewski, Mariusz Sz waj, Andrzej Szewczak**

*Department of Civil Engineering, Faculty of Civil Engineering and Architecture,  
Lublin University of Technology, e-mail: p.smarzewski@pollub.pl*

**Abstract:** The article presents the results of bending tests on reinforced concrete made of high strength concrete with water/(cement+microsilica) ratio of 0.2 with addition of steel and polypropylene fibres obtained with the system of non-contact three-dimensional displacement measuring system – ARAMIS. The plates were reinforced with grids and the variable was the content of fibres in concrete. The experiments proved significant influence of structural reinforcing combinations on load capacity of plates.

**Keywords:** reinforced concrete elements, high strength concrete, steel fibres, polypropylene fibres, plates. ARAMIS system.