



# Określenie rysy na potrzeby analizy wyników badania procesu powstawania i rozwoju rys w belkach żelbetowych z zastosowaniem systemu Aramis

Dr hab. inż. Barbara Goszczyńska, mgr. inż. Justyna Tworzewska,  
Politechnika Świętokrzyska

## 1. Wprowadzenie

W elementach betonowych, niemalże od początku ich uformowania, na skutek zmian objętościowych zaczynu powstają naprężenia wewnętrzne, które prowadzą do mikropęknięć w samym zaczynie bądź na styku zaczynu z ziarnami kruszywa lub prętów zbrojeniowych [1, 2]. Na skutek oddziaływań zewnętrznych na element np. w postaci obciążenia, mikropęknięcia mogą zmieniać swoją szerokość, długość, a także łączyć się ze sobą tworząc mikrorysy stanowiące załazek powstania rys na powierzchni elementu.

Rysy w elementach betonowych są zjawiskiem naturalnym i choć nie decydują o nośności elementu w krótkim okresie czasu, to wywierają duży wpływ na trwałość obiektu oraz jego estetykę. Powstają one w wyniku przekroczenia wytrzymałości betonu na rozciąganie, a ich nadmierna szerokość może przyspieszać korozję zbrojenia. W zginanych elementach prętowych wyróżnia się zazwyczaj rysy prostopadłe i ukośne, które są zawsze prostopadłe do kierunku naprężeń głównych, a zjawisko zarysowania opisuje się zazwyczaj trzema wielkościami: momentem rysującym, szerokością rysy i odległością między rysami [3].

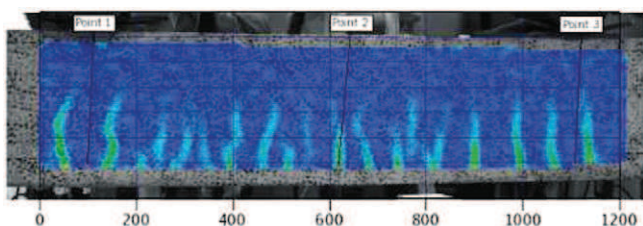
Pomimo że proces zarysowania był już analizowany w wielu pracach, nadal jest tematem badań ze względu na zastosowanie nowych, bardziej wytrzymałych i ciągliwych materiałów (betonu i stali) oraz możliwości realizacji badań zachowania się elementów żelbetowych pod wpływem złożonych programów obciążeniowych, w tym obciążeń cyklicznych. Analiza procesu powstawania i rozwoju rys na podstawie wyników uzyskanych z wykorzystaniem nowoczesnej aparatury pomiarowej opartej na polowym pomiarze odkształceń powierzchni betonu wymaga określenia minimalnej wielkości lokalnego odkształcenia, które uznane będzie za rysę (pęknięcie), w odróżnieniu od odkształceń spowodowanych

plastycznymi właściwościami betonu oraz tworzącymi się mikrorysami. Ze względu na coraz częstsze zastosowanie systemu Aramis do badania zarysowania elementów betonowych np. [4, 5, 6, 7], w pracy podjęto próbę rozdzielenia tych zjawisk, które przy tradycyjnych metodach badawczych nie mają znaczenia, gdyż powstanie rysy rejestrowane jest wtedy, gdy zostanie ona zauważona przez badacza. Na wynikach uzyskanych z systemu Aramis nie widać pęknięcia betonu, przez co określenie minimalnej wielkości lokalnego odkształcenia uznawanego za rysę jest niezbędne do prowadzenia analiz procesu zarysowania. Wyniki badań doświadczalnych przedstawione w pracy, w których rysa została określona jako kumulacja odkształceń powstających na skutek działania siły rysującej, pozwalają na określenie rysy (pęknięcia) jako odkształcenia o średniej szerokości 0,05 mm.

## 2. Zastosowanie systemu Aramis do badania belek żelbetowych

Do badania procesu powstawania i rozwoju rys w belkach żelbetowych wykorzystano skaner optyczny 3D wraz z oprogramowaniem, tworzący system Aramis, który służy do bezkontaktowych pomiarów przemieszczeń i odkształceń w trzech kierunkach [4, 5]. W trakcie badania wykonywane są zdjęcia, odpowiednio przygotowanej powierzchni bocznej belki, a następnie program oblicza odkształcenia połowe na badanej powierzchni. W prowadzonych badaniach zdjęcia wykonywano z częstotliwością 20-30 s, zwiększając ich częstotliwość przed zniszczeniem belki. Wyznaczone odkształcenia, na każdym poziomie obciążenia, można przedstawić w formie graficznej.

Rysunek 1 przedstawia przykładowy obraz wyznaczonych odkształceń połowych na powierzchni belki podanej obciążeniu monotonicznemu, gdzie jaśniejszym



**Rys. 1.** Obraz odkształceń połowych badanej powierzchni belki

kolorem oznaczone są obszary kumulacji odkształceń. Na podstawie właściwości betonu – materiału kruchego, te lokalne kumulacje odkształceń są interpretowane jako rysy, a przeliczone skumulowane odkształcenia określają ich szerokość. Wykorzystanie do badań skanera optycznego umożliwia analizę procesu zarysowania na każdym poziomie realizowanego programu obciążania, bez konieczności zatrzymywania obciążenia, w celu wykonywania pomiarów. Na obrazie graficznym odkształceń nie widać pęknięcia betonu, stąd należy określić, od jakiej minimalnej wielkości wyznaczonego odkształcenia można przyjąć, że rysa już powstała. Określenie tej minimalnej wartości odkształceń jest więc

konieczne do prowadzenia analiz procesu powstawania i rozwoju zarysowania na podstawie wyników badań z zastosowaniem systemu Aramis.

Proces powstawania i rozwoju rys w elementach żelbetowych ma charakter wysoce losowy uzależniony od wielu czynników, dlatego możliwość badania całej powierzchni belki, a zwłaszcza odpowiadającej odcinkowi stałego momentu jest bardzo ważna. Z tego względu Politechnika Świętokrzyska posiada niestandardowy zestaw systemu Aramis



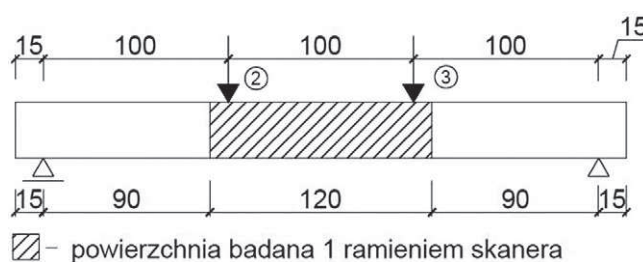
**Rys. 2.** Stelaż skanera optycznego 3D z układem dwóch kamer

złożony z dwóch stelaży wyposażonych w „ramiona” z układem dwóch kamer, które umożliwiają jednoczesne rejestrowanie przemieszczeń i odkształceń dla dwóch badanych powierzchni o długości 1,2–1,4 m każda, co pokazano na zdjęciu stanowiska badawczego (rys. 4). Stelaż z „ramieniem” skanera wyposażony w układ dwóch kamer przedstawiono na rysunku 2. Dokładność wyników pomiaru szerokości rysy zależy od rozdzielczości kamer skanera i ich odległości od badanej powierzchni, a także jej wymiarów.

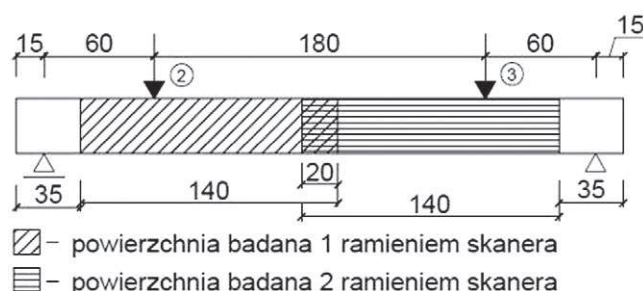
Jednoczesne zastosowanie do badania dwóch ramion skanera optycznego 3D ma charakter nowatorski, co było przedmiotem dyskusji na konferencji „Zastosowanie i aplikacja rozwiązań pomiarowych firmy GOM w nauce oraz przemyśle” Kraków 27.02-01.03.2013 r.

### 3. Opis przeprowadzonych badań

W pracy poddano analizie dziewięć belek żelbetowych statycznie wyznaczalnych, zaprojektowanych z betonu klasy C40/50, o przekroju prostokątnym 120x300 mm. Belki, o rozpiętości przęsła w osiach podpór 3000 mm obciążano w sposób monotoniczny dwiema siłami skupionymi, z prędkością 0,4 kN/min. Sześć belek o symbolach: A2M, C2M, D2M (po dwie sztuki) obciążano wg

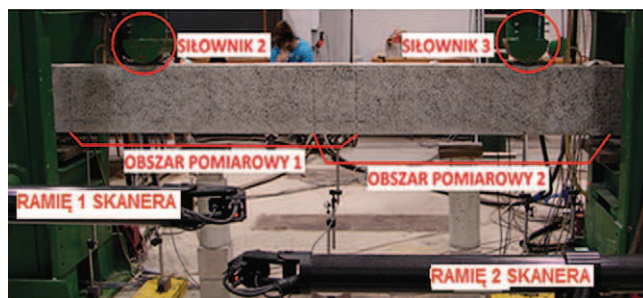


**Rys. 3.** Schemat obciążania belek A2M, C2M, D2M

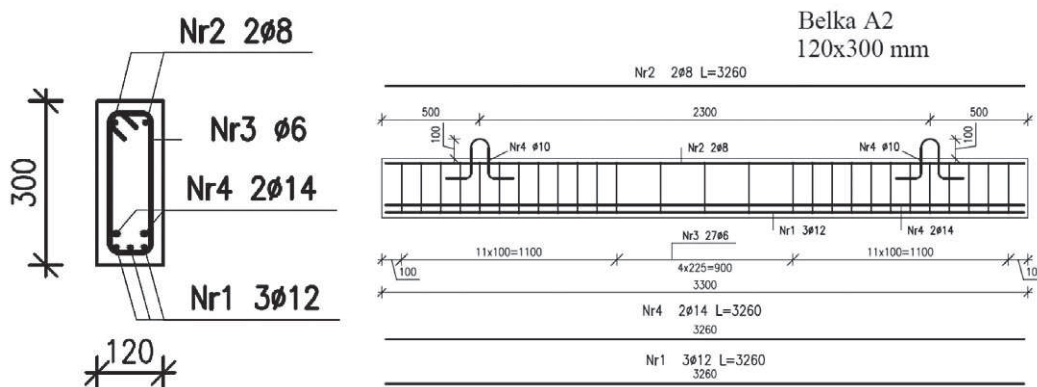


**Rys. 4.** Schemat obciążania belek S2M

schematu przedstawionego na rysunku 3, a trzy belki o symbolu S2M wg schematu na rysunku 4. Na rysunkach 3 i 4 zaznaczono badaną skanerem optycznym powierzchnię, czyli obszary poddawane analizie z wykorzystaniem systemu Aramis.



**Rys. 5.** Stanowisko badawcze



**Rys. 6.**  
Przykładowe  
zbrojenie belek  
typu A2M

Wszystkie belki zostały zaprojektowane z takim samym zbrojeniem w strefie rozciąganej, a zróżnicowane było, na odcinku środkowym belek, zbrojenie w strefie ściskanej oraz zbrojenie poprzeczne. Przykładowe zbrojenie belki typu A2M pokazano na rysunku 6.

Belki wykonane zostały w Zakładzie Prefabrykacji, w formie bateryjnej po 4 sztuki. Przy każdym betonowaniu pobierane były próbki betonowe: kostki o wymiarach 150x150x150 mm oraz walce 150x300 mm, a także pobrane zostały odcinki prętów zbrojeniowych, w celu określenia rzeczywistej wytrzymałości betonu i stali. Po przeprowadzonych badaniach belki zostały rozkute w celu inwentaryzacji rzeczywistego rozmieszczenia prętów zbrojeniowych w przekroju.

#### 4. Wyznaczanie momentu rysującego

Moment rysujący  $M_{cr}$  – moment zginający, przy którym przekroczona zostaje wytrzymałość betonu na rozciąganie, a dokładniej zostają przekroczone odkształcenia krytyczne – odpowiada przewidywanemu pojawieniu się pierwszej rysy w elemencie. Jest on wielkością losową ze względu na niejednorodną strukturę betonu. Według teorii faz pracy elementu zginanego betonowego moment ten rozdziela fazę I i II. Sposób jego wyznaczania jest zróżnicowany, ze względu np. na przyjęcie pracy betonu jako materiału sprężystego albo plastycznego, a także pominięcie lub uwzględnienie zbrojenia [8, 9]. Ze względu na zastosowane podejście wyniki momentu krytycznego znacznie różnią się od siebie. Dlatego w pracy wyznaczono moment rysujący, wykorzystując sześć podejść nazwanych dalej metodami.

W przedstawionych obliczeniach momentu rysującego wykorzystano uzyskane z badania próbek wartości wytrzymałości betonu i stali oraz rzeczywiste rozmieszczenie zbrojenia w przekroju i wymiary elementu. Przykładowo dla belek o symbolu A2M:  $f_{cm} = 68,59$  MPa,  $f_{ck} = 48,57$  MPa,  $f_{ctm} = 3,99$  MPa.

##### 4.1. Moment rysujący wg Eurokodu 2 bez uwzględnienia zbrojenia

W normie [N2] moment rysujący jest opisany wzorem:

$$M_{cr} = f_{ctm} W \quad (1)$$

Wzór ten uwzględnia średnią wytrzymałość betonu na rozciąganie oraz wskaźnik wytrzymałości wyrażony jako  $bh^2/6$ .

##### 4.2. Moment rysujący wg Eurokodu 2 z uwzględnieniem zbrojenia

Obliczając moment rysujący ze wzoru (1) można uwzględnić zbrojenie poprzez zastosowanie wielkości  $f_{ctm, fl}$ , czyli średniej wytrzymałości betonu na rozciąganie przy zginaniu elementów zbrojonych. Oszacowanie tej wielkości wykonane zostało zgodnie z EC2. Wzór zatem przyjmuje postać:

$$M_{cr} = f_{ctm, fl} W \quad (2)$$

##### 4.3. Moment rysujący wg PN-84/B-03264

Dla porównania wyznaczono moment krytyczny zgodnie z nieobowiązującą już normą [N1]. W poniższych wzorach zmieniono oznaczenia, celem ujednoczenia opisu. We wzorze (3) uwzględnienie zbrojenia następuje poprzez wyznaczenie wskaźnika wytrzymałości przekroju sprężonego o symbolu  $W_{fp}$ , który uwzględnia plastyczne własności betonu.  $R_{bzk}$  w poniższym wzorze oznacza charakterystyczną wytrzymałość betonu na rozciąganie, jednakże celem uzyskania bardziej rzeczywistych wyników podstawiono wartość średnią wytrzymałości.

$$M_{cr} = R_{bzk} W_{fp} \quad (3)$$

##### 4.4. Przejście z fazy I do fazy II pracy elementu zginanego

Dla zginanego elementu żelbetowego można wyróżnić trzy fazy pracy. W fazie I moment zginający jest na tyle mały, że przekrój przyjmuje się za niezarysowany. Po przekroczeniu wartości momentu rysującego przekrój jest zarysowany, więc element przechodzi w fazę II pracy. Natomiast faza III jest fazą zniszczenia elementu [8]. Na podstawie teorii faz pracy, moment rysujący można wyznaczyć na podstawie przejścia z fazy I do fazy II.

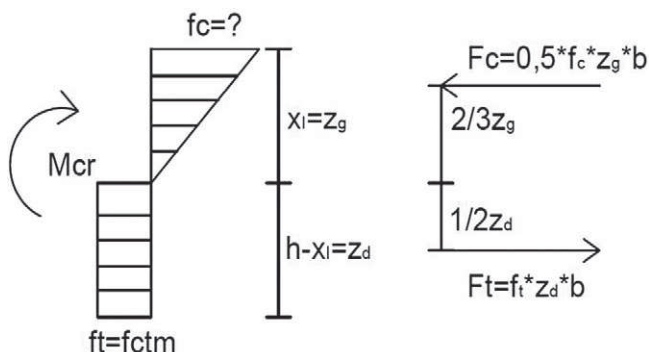
###### 4.4.1. Moment rysujący bez uwzględnienia zbrojenia w $f_{ctm}$

Moment rysujący na podstawie przejścia z fazy I do II pracy elementu zginanego można opisać wzorem:



$$M_{cr} = F_c \frac{2}{3} z_g + F_t \frac{1}{2} z_d \tag{4}$$

Symbole wykorzystane we wzorze (4) wyjaśnia rysunek 7.



**Rys. 7.** Wykres naprężeń dla betonu – przejście z fazy I do fazy II

Symbole  $b$ ,  $h$  stosowane w obliczeniach oznaczają wymiary przekroju poprzecznego belki, natomiast  $x_i$  położenie osi obojętnej w fazie I pracy. Moment rysujący otrzymuje się z sumy momentów względem osi obojętnej.

#### 4.4.2. Moment rysujący z uwzględnieniem zbrojenia w $f_{ctm,fl}$

Piąta metoda wyznaczenia momentu rysującego bazuje na wzorze (5), gdzie w celu uwzględnienia zbrojenia, licząc wielkość  $f_c$  wzięto wartość  $f_{ctm,fl}$  a nie  $f_{ctm}$ .

#### 4.4.3. Moment rysujący z uwzględnieniem zbrojenia w $W_{fp}$

W ostatnim podejściu na podstawie teorii faz pracy wprowadzony został moment bezwładności  $I_{fp}$ , który wykorzystuje się do obliczenia  $W_{fp}$ . Moment rysujący obliczono ze wzoru:

$$M_{cr} = f_{ctm} W_{fp} \tag{5}$$

w którym:

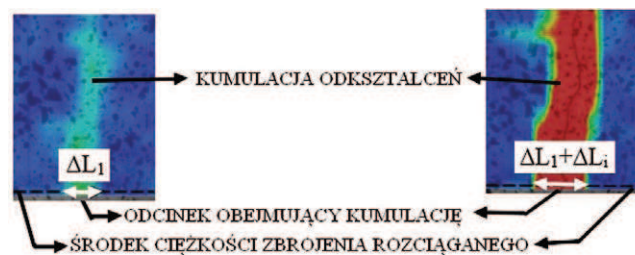
$$W_{fp} = \frac{2I_{fp}}{h - x} \tag{6}$$

Zestawienie wszystkich uzyskanych wyników zostało przedstawione w tabeli 1.

### 5. Pomiar szerokości rysy skanerem optycznym 3D

Skaner optyczny w trakcie badań wykonuje zdjęcia jednocześnie wszystkimi kamerami [5, 7]. Następnie przelicza odkształcenia połowe na badanej powierzchni bocznej belki odnosząc się do pierwszego zdjęcia jako fotografii elementu nieodkształconego. W rezultacie otrzymuje się rozkład odkształceń połowych wyrażony skalą kolorów, co przedstawiają rysunki 1 i 8. Jak wspomniano wcześniej, tworzenie lokalnych kumulacji odkształceń można uznać

za powstawanie i rozwój szerokości rys, ze względu na pomijalnie małe odkształcenia betonu. W celu badania tego procesu, należy poddać analizie odkształcenia połowe i zarejestrować wszystkie lokalne kumulacje odkształceń. Następnie w każdą kumulację odkształceń należy wrysować odcinek obejmujący całą kumulację, tak jak pokazano na rysunku 8. Pomiar szerokości rysy w na dowolnym poziomie ob-

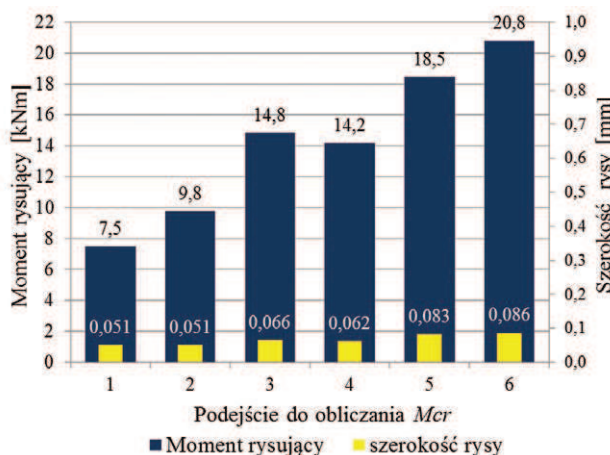


**Rys. 8.** Schemat pomiaru szerokości rysy skanerem

ciążenia polega na obliczeniu  $\Delta L$ , czyli zmiany długości odcinka obejmującego kumulację odkształceń. Zgodnie z przedstawionym w tej pracy uzasadnieniem określenia rysy w badaniach z zastosowaniem systemu Aramis, powstanie rysy można przyjąć wtedy, gdy lokalne odkształcenie odpowiada odcinkowi o długości  $\Delta L_1 = 0,05$  mm. Pomiar szerokości rysy prostokątnych, w belkach żelbetowych, wykonuje się na linii odpowiadającej położeniu środka ciężkości zbrojenia rozciąganego, jak na rysunku 8.

### 6. Określenie rysy – szerokość pęknięcia odpowiadająca momentowi rysującemu

W celu określenia rysy zestawiono wszystkie wyniki obliczeń momentu rysującego wyznaczonego dla dziewięciu belek wg sześciu przytoczonych metod. Dla każdej wielkości momentu rysującego obliczono odpowiadającą, maksymalną szerokość rysy  $w_{max}$  uzyskaną z badania skanerem optycznym 3D, co przedstawiono w tabeli 1.

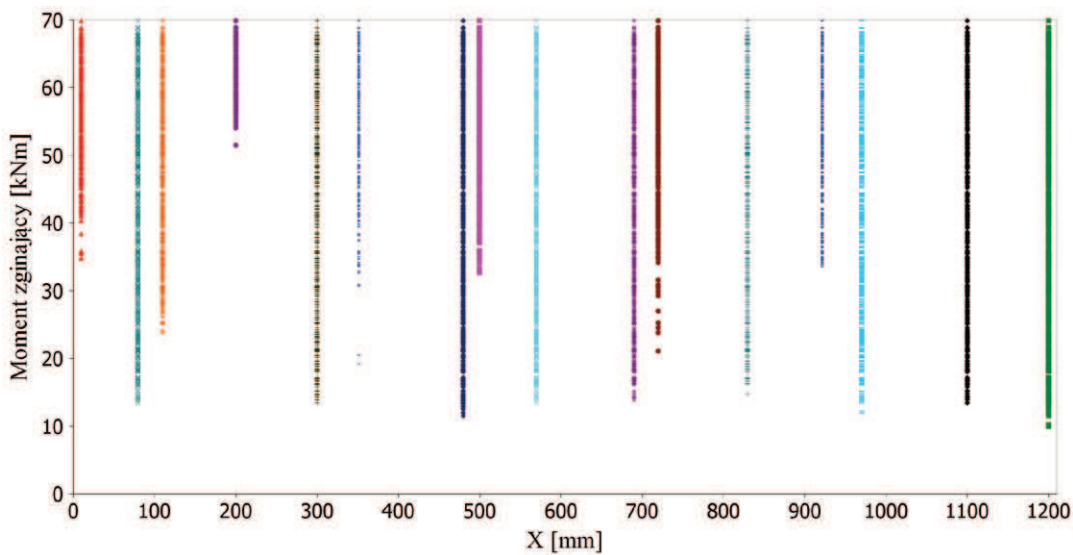


**Rys. 9.** Wykres średnich wartości momentu rysującego i szerokości rysy dla danego podejścia

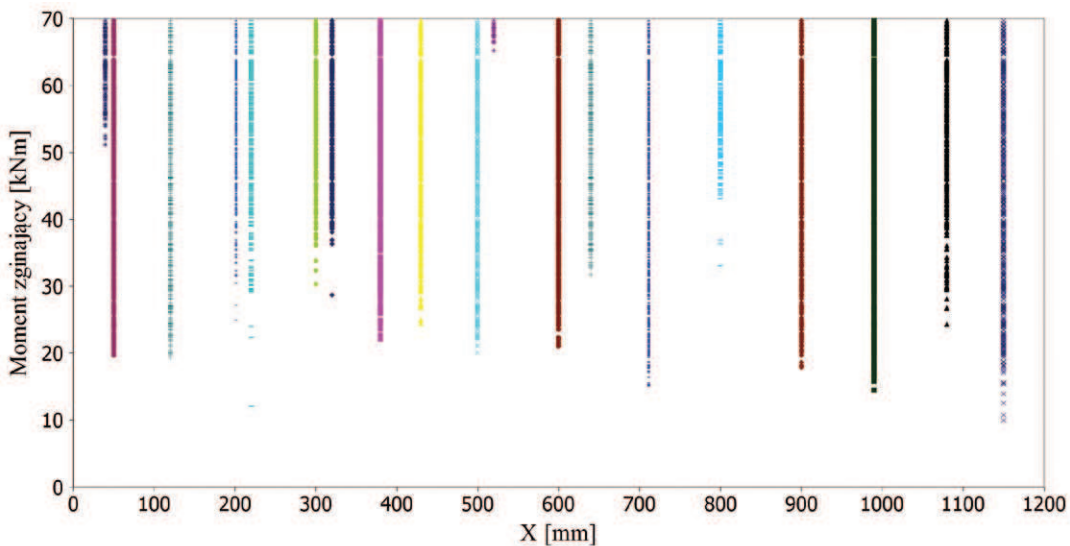


**Tabela 1.** Zestawienie wyników obliczonego momentu rysującego z maksymalną szerokością rysy na poziomie obciążenia odpowiadającego temu momentowi

Belka	A2M-1	A2M-2	C2M-1	C2M-2	D2M-1	D2M-2	S2M-2	S2M-3	S2M-4	
podej- ście	$f_{cm}$ [MPa]	68,59	68,59	71,29	71,29	71,9	71,9	71,9	74,09	74,09
	$v$ [%]	7	7	4,67	4,67	3,9	3,9	3,9	6,08	6,08
1	$M_{cr}$ [kNm]	7,12	7,12	7,53	7,63	7,56	7,47	7,76	7,69	7,70
	$w_{max}$ [mm]	0,059	0,071	0,035	0,057	0,049	0,02	0,042	0,068	0,056
2	$M_{cr}$ [kNm]	9,26	9,26	9,79	9,91	9,82	9,73	10,07	9,98	10,00
	$w_{max}$ [mm]	0,067	0,058	0,025	0,059	0,043	0,032	0,045	0,078	0,049
3	$M_{cr}$ [kNm]	14,55	14,55	14,73	14,90	14,76	14,60	15,02	15,21	15,22
	$w_{max}$ [mm]	0,07	0,068	0,081	0,092	0,053	0,051	0,046	0,059	0,064
4	$M_{cr}$ [kNm]	13,46	13,34	14,51	14,66	14,24	14,03	14,71	14,41	14,45
	$w_{max}$ [mm]	0,049	0,079	0,081	0,092	0,064	0,038	0,046	0,049	0,057
5	$M_{cr}$ [kNm]	17,50	17,34	18,86	19,02	18,50	18,27	19,11	18,70	18,77
	$w_{max}$ [mm]	0,076	0,084	0,09	0,134	0,064	0,068	0,055	0,092	0,08
6	$M_{cr}$ [kNm]	19,79	19,29	21,09	21,19	20,95	20,48	22,03	21,12	21,20
	$w_{max}$ [mm]	0,089	0,087	0,096	0,131	0,075	0,076	0,065	0,07	0,089



**Rys. 10.** Wykres gęstości powstania zarysowania dla belki C2M-1



**Rys. 11.** Wykres gęstości powstania zarysowania dla belki D2M-2



W tabeli zamieszczono również fcm średnią wytrzymałość betonu dla poszczególnych belek oraz współczynnik zmienności  $v$  tej wytrzymałości, otrzymane z badań próbek betonowych.

Następnie dla każdego podejścia wyliczono średnią wartość momentu rysującego oraz średnią szerokość rysy, co przedstawiono na rysunku 9.

Średnią wartość szerokości rysy dla wszystkich metod oszacowano na poziomie 0,066 mm. Ze względów bezpieczeństwa i uwzględniając dokładność pomiarów przyjęto, że za mikrorysę można traktować odkształcenie poniżej wartości 0,05 mm, natomiast rysę można przyjąć od szerokości 0,05 mm. Tak zdefiniowane powstanie rysy umożliwia prowadzenie dalszych analiz procesu zarysowania dla badanych belek, z zastosowaniem skanera optycznego, w różnych aspektach, w tym dla obciążeń zmiennych cyklicznie.

W tradycyjnie wykonywanych badaniach obciążania belek żelbetonowych, szerokość rys mierzona jest przyrządami optycznymi (np. lupką Brinella). Pomiar szerokości rysy możliwy jest po zatrzymaniu procesu obciążania, a jego dokładność uzależniona jest od wzroku badacza, a ponadto, szerokość rys zmienia się podczas zatrzymanego procesu. Przyjęcie określenia rysy jako lokalnego odkształcenia o wartości 0,05 mm pozwala na śledzenie kolejnych miejsc powstawania rys w procesie obciążania, w tym przy realizacji programów obciążeń zmiennych i cyklicznie zmiennych.

Przykładowo wykorzystano podane określenie rysy do analizy procesu powstawania zarysowania. Na rysunkach 10 i 11 przedstawiono wykres gęstości powstawania zarysowania na środkowym odcinku belek w funkcji momentu zginającego, odpowiednio dla belki C2M-1 (rys. 10) i D2M-2 (rys. 11). Wykresy umożliwiają analizę kolejności powstawania rys oraz liczby rys i odległości między rysami na każdym poziomie obciążenia. Z poniższych wykresów wyraźnie widać, że proces zarysowania jest zjawiskiem losowym.

## 7. Podsumowanie

Biorąc pod uwagę sześć podejść obliczenia momentu rysującego określono rysę jako lokalne odkształcenie o wartości  $\geq 0.05$  mm. Mniejsze lokalne wartości odkształceń traktowane będą w prowadzonych analizach jako mikrorysy. Takie określenie rysy umożliwia prowadzenie analizy procesu powstawania i rozwoju zarysowania na podstawie wyników badań z zastosowaniem nowoczesnej aparatury pomiarowej opartej na bezkontaktowych i ciągłych pomiarach przemieszczeń, która jest szczególnie przydatna przy prowadzeniu badań elementów pod działaniem złożonych programów obciążania, w tym obciążeń zmiennych cyklicznie.

### BIBLIOGRAFIA

- [1] Jamroz Z., Beton i jego technologie. PWN, Warszawa 2008  
 [2] Goszczyńska B., Świt G., Trąmpczyński W., Bacharz K.,

Godowska M., Krampikowska A., Identyfikacja sygnałów emisji akustycznej w betonie nieobciążonym. Zeszyty Naukowe Politechniki Rzeszowskiej, 3/2012/III, Nr 283 str. 189–196

[3] Goszczyńska B., Description of empirical process of crack formation in framework of probabilistic theory. Archiwum Inżynierii Łądowej XLVIII, 4/2002 str. 405–423

[4] Goszczyńska B., Trąmpczyński W., Bacharz K., Bacharz M., Tworzewska J., Tworzewski P., Doświadczalna analiza odkształceń przestrzennych belek żelbetonowych z zastosowaniem skanera optycznego 3D. Inżynieria i Budownictwo 3/2014 str. 156–159

[5] Golewski G. L., Wykorzystanie systemu Aramis do analizy propagacji rys pierwotnych w betonach z dodatkiem popiołów lotnych. Przegląd Budowlany 11/2010 str. 30–35

[6] Smarzewski P. Stany graniczne użytkowalności belek żelbetonowych z betonu wysokowartościowego z dodatkiem włókien. Budownictwo i Architektura 1/2013 str. 155–162

[7] Ajdukiewicz C., Gajewski M., Mossakowski P., Zastosowanie systemu optycznej korelacji obrazu „Aramis” do identyfikacji rys w elementach betonowych, Logistyka, 6/2010, str. 27–34

[8] Knauff M., Obliczanie konstrukcji żelbetonowych według Eurokodu 2. PWN, Warszawa 2012

[9] Słowik M., Błazik-Borowa E., Wyznaczanie momentu rysującego w betonowych elementach zginanych. Eksploatacja i Niezawodność 4/2004 str. 50–53

[N1] PN-84/B-03264 Konstrukcje betonowe, żelbetowe i sprężone. Obliczenia statyczne i projektowanie

[N2] PN-EN 1992-1-1 Eurokod 2. Projektowanie konstrukcji z betonu

## XXX Jubileuszowe Ogólnopolskie Warsztaty Pracy Projektanta Konstrukcji WPPK 2015 odbędą się w Szczyrku w Centrum Kongresów i Rekreacji „Orle Gniazdo” w dniach 25–28 marca 2015 roku

Poświęcone będą problemom obejmującym naprawy i wzmocnienia konstrukcji budowlanych

Tematyka wykładów: spełnienie wymagań podstawowych przy wzmocnieniach i remontach; diagnostyka obiektów budownictwa ogólnego oraz zabytków; obciążenia próbne; systemy monitoringu konstrukcji; zabezpieczenie budynków przy głębokich wykopach; zabezpieczenie obiektów przed drganiami; komputerowe modelowanie konstrukcji; ochrona p-poż.; przegląd metod rozbiórki budynków i budowli; metody określenia wytrzymałości murów w konstrukcjach istniejących, materiały stosowane do renowacji murów, naprawy zarysowanych murów, wzmocnienia konstrukcji drewnianych; zabezpieczenia konstrukcji drewnianych przed korozją biologiczną i ogniem; wzmocnienie i naprawy stropów; naprawy dachów i stropodachów; konserwacja i wzmocnianie historycznych konstrukcji ceglanych; sposoby napraw murowanych sklepień; rewitalizacja zabytkowych obiektów o konstrukcji drewnianej; naprawa tynków; tynki renowacyjne; błędy w pracach wykończeniowych i sposoby ich napraw; poprawa izolacyjności akustycznej budynków; uszkodzenia i naprawa wadliwie wykonanych izolacji termicznych, problemy eksploatacji balkonów i tarasów, osuszanie budynków zalanych wodą.

Kontakt: Oddział PZITB w Bielsku-Białej,  
ul. 3 Maja 10/14, 43-300 Bielsko-Biała,  
tel./faks 33/822 02 94, e-mail: biuro@pzitb.bielsko.pl.  
Więcej informacji: www.pzitb.bielsko.pl