

Nośność i wytrzymałość osiowo ściskanych polimerowych rur grubościennych wypełnionych betonem

We współczesnym budownictwie betonowym są znane zalety zbrojenia FRP (Fibre Reinforced Polymer), zwłaszcza ich duża odporność korozyjna i duża wytrzymałość. Wykazują one jednak także cechy niekorzystne, do których należy brak odporności ogniowej, mały moduł sprężystości oraz gorsza przyczepność do betonu. Niebagatelną rolę odgrywa także ich relatywnie wysoka cena. Są jednak takie obszary, zwłaszcza w budownictwie przemysłowym, gdzie wspomniane wady i ograniczenia odgrywają rolę drugorzędą, a na plan pierwszy wybijają się zalety tego rodzaju zbrojenia, zwłaszcza w aspekcie trwałości konstrukcji [3]. Z tej przyczyny w wielu ośrodkach krajowych i zagranicznych prowadzi się szerokie badania konstrukcji z betonu, zbrojonych prętami i siatkami z materiałów kompozytowych, czego przykładem mogą być także publikacje [1, 2].

Program badań eksperymentalnych

W artykule przedstawiono wyniki badań dziesięciu słupów wykonanych przez zabetonowanie wnętrza rur z kompozytu poliestrowo-szklanego. Badania wykonano w laboratorium Katedry Konstrukcji Betonowych Politechniki Gdańskiej. Rury miały nominalne wymiary: średnica wewnętrzna 158 mm, grubość ścianki 23 mm, średnica zewnętrzna 204 mm (rys. 1). Włókna rowingowe, nawijane metodą bez końca w procesie produkcji, koncentrują się przede wszystkim w strefach zewnętrznych ścianki i mają kierunek obwodowy. Dane dotyczące badanych słupów podano w tabl. 1. Przyjęto, że każdy słup zostanie poddany ścisnaniu technicznie osiowemu.



Rys. 1. Struktura rury nawojowej z żywicy poliestrowej wzmocnionej włóknem szklanym UP-GF z wypełniaczem, według DIN 16868 [4, 5] (źródło: broszura informacyjna firmy Amitech Poland)

Tablica 1
 Program badań eksperymentalnych słupów

Oznaczenie słupa	Wysokość słupa, cm	Wysokość teoretyczna słupa, cm	Wypełnienie betonem	Obciążenie przyłożone przez:
KP	100	117	nie	cały przekrój
KC1	100	117	tak	cały przekrój
KC2	100	117	tak	cały przekrój
KR1	100	117	tak	rdzeń betonowy
KR2	100	117	tak	rdzeń betonowy
DP	200	217	nie	cały przekrój
DC1	200	217	tak	cały przekrój
DC2	200	217	tak	cały przekrój
DR1	200	217	tak	rdzeń betonowy
DR2	200	217	tak	rdzeń betonowy

Badania wykonano w ramach projektu badawczego „Innowacyjne środki i efektywne metody poprawy bezpieczeństwa i trwałości obiektów budowlanych i infrastruktury transportowej w strategii zrównoważonego rozwoju” (pakiet tematyczny PT 2 – Zaawansowane metody projektowania konstrukcji ze względu na trwałość, uwzględniające zasady zrównoważonego rozwoju, temat badawczy T.2.1. – Nośność, odkształcalność i trwałość elementów betonowych z niestalowym zbrojeniem), finansowanego przez Unię Europejską w ramach Europejskiego Funduszu Rozwoju Regionalnego.

Badania wytrzymałościowe materiałów użytych do wykonania słupów

• **Właściwości mechaniczne materiału rur.** Przeprowadzono badania wytrzymałości materiału sześciu odcin-

ków rur długości 500 mm na ścisnienie wzdłużne oraz badania modułu sprężystości dwóch odcinków rur długości 500 mm.

Badanie wytrzymałości na ścisnienie wzdłużne przeprowadzono w prasie zasilanej hydraulicznie. Obciążenie sterowano przemieszczeniem, przy stałej prędkości wysuwu tłoka prasy. Podczas badania wszystkie

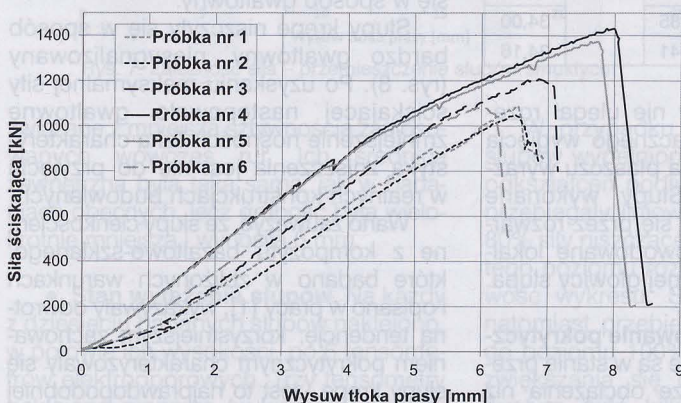
rury niszczyły się lokalnie przez wyczerpanie wytrzymałości na docisk. Widoczne były spękania matrycy żywicznej. Przebieg zależności siła ścisniająca – skrócenie rury był w przypadku wszystkich próbek liniowy, aż do momentu zniszczenia (rys. 2). Wartość średnia wytrzymałości rur na ścisnienie wyniosła 88,4 MPa, a odchylenie standardowe 15,3 MPa (tabl. 2).

W badaniu modułu sprężystości materiału rury na ścisnienie wzdłużne przed umieszczeniem próbek w prasie na zewnętrzną powierzchnię poboczniczy rur naklejono tensometry elektrooporowe do pomiaru odkształceń podłużnych. Na obie badane rury naklejono w środku ich wysokości po trzy tensometry, co 120° na obwodzie. Odkształcenia rejestrowano mostkiem tensometrycznym, stopniowo zwiększając obciążenie przyłożone do badanych elementów. Metodę wyznaczania modułu sprężystości materiału rury ilustruje rys. 3, na którym przedstawiono wyniki pomiarów jednej z próbek. Wzięty pod uwagę zakres pomiaru odkształceń podłużnych rury odpowiadał od 10 do 30% średniej wartości wytrzymałości. Średni moduł sprężystości wyniósł 15,5 GPa.

• **Badania właściwości mechanicznych betonu słupów.** Zamówiono w wytwórni zewnętrznej beton towarowy klasy C30/37. Betonu z jednej dostawy

Tablica 2
Wyniki badania wytrzymałości rur na ściskanie

Wymiary próbki, mm				Siła niszcząca kN	Wytrzymałość MPa	Wytrzymałość średnia MPa
średnica zewnętrzna	średnica wewnętrzna	grubość ścianki	wysokość			
204,2	155,5	24,4	497	1080	78,5	88,4
208,3	154,6	26,3	495	1049	68,6	
205,0	155,5	24,7	497	1208	86,2	
202,0	155,0	23,2	500	1430	108,6	
202,0	155,0	23,5	500	1373	104,2	
201,0	155,0	23,3	499	1082	84,2	



Rys. 2. Zależność siły od wysuwu tłoka prasy sześciu badanych próbek rury

użyto do wykonania wszystkich badanych słupów. Badania słupów wykonano w siedmiu różnych terminach, natomiast badania wytrzymałości na ściskanie betonu oraz jego modułu sprężystości – na standardowych próbkach cylindrycznych ϕ 150/300 – w czterech różnych terminach. Wyniki badań wytrzymałości betonu podano w tabl. 3.

Tablica 3
Wyniki badania wytrzymałości betonu na ściskanie

Lp.	Siła F , kN	Napężenie σ_n , MPa	Napężenie $\sigma_{sr,n}$, MPa
Wiek betonu – 79 dni			
1	621	35,1	34,3
2	584	33,1	
3	609	34,5	
4	617	34,9	
5	598	33,8	
Wiek betonu – 169 dni			
1	634	35,9	35,9
Wiek betonu – 196 dni			
1	613,6	34,7	36,1
2	613,6	34,7	
3	640,7	36,3	
4	686,8	38,9	
Wiek betonu – 241 dni			
1	683	38,7	37,8
2	641	36,3	
3	680	38,5	

Aby sprowadzić wartości wytrzymałości i modułu sprężystości do jednakowego terminu 28-dniowego, skorzystano z algorytmu zaproponowanego w Eurokodzie 2 [7]. Zgodnie z tym algorytmem wytrzymałość średnią betonu w dowolnym wieku t można wyznaczyć według wzoru

$$f_{cm}(t) = \beta_{cc}(t) f_{cm}, \quad (1)$$

w którym:

$$\beta_{cc}(t) = \exp \left[s \left(1 - \sqrt{\frac{28}{t}} \right) \right], \quad (2)$$

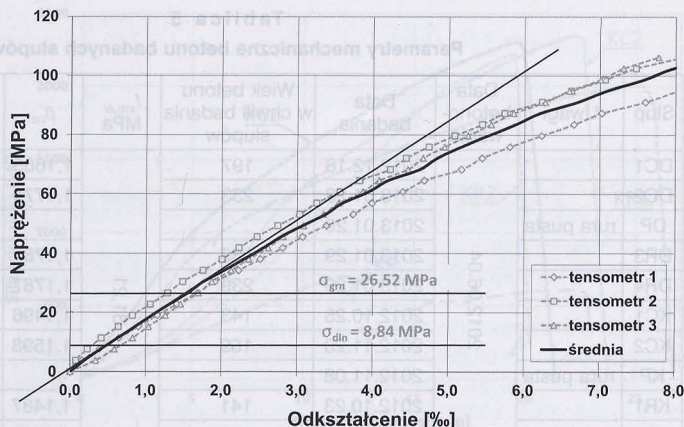
f_{cm} – średnia wytrzymałość betonu na ściskanie po 28 dniach,
 $\beta_{cc}(t)$ – współczynnik zależny od wieku betonu t (w dniach),
 s – współczynnik zależny od rodzaju cementu.

Po odwróceniu tego wzoru można na podstawie wytrzymałości betonu po t dniach wyznaczyć wytrzymałość betonu po 28 dniach

$$f_{cm} = \frac{f_{cm}(t)}{\beta_{cc}(t)}. \quad (3)$$

Po podstawieniu w miejsce współczynnika s wartości 0,25 odpowiadającej użytemu w recepturze betonu cementowi marki 32,5R otrzymano wartości wytrzymałości 28-dniowej, zestawione w tabl. 4.

Ze względu na to, że podczas badań betonu występowała różna liczba próbek, jako wartość średnią miarodajną wytrzymałości przyjęto średnią ważoną



Rys. 3. Wyniki badania i wyznaczenie modułu sprężystości materiału rury na przykładzie jednej z próbek

Tablica 4
Wyniki badania wytrzymałości betonu na ściskanie

Wiek betonu w dniu badania próbek betonu, dni	$\beta_{cc}(t)$	f_{cm} MPa
79	1,106	31,00
169	1,160	30,95
196	1,168	30,90
241	1,179	32,06

z wyników 28-dniowych uzyskanych według przedstawionego algorytmu. Ostatecznie wartość średnia wytrzymałości wyniosła

$$f_{cm} = \frac{\sum f_{cm,i} n_i}{\sum n} = \frac{31 \cdot 5 + 30,95 \cdot 1 + 30,9 \cdot 4 + 32,06 \cdot 3}{13} = 31,21 \text{ MPa}.$$

Na podstawie tej wartości obliczano, przy użyciu powyższego algorytmu, wytrzymałości dorazne betonu w każdym z siedmiu terminów badań słupów. Wyznaczone wytrzymałości na ściskanie, a także moduły sprężystości betonu zestawiono w tabl. 5.

Opis stanowiska badawczego i realizacja badań

Obie podpory badanych próbek, górna i dolna, były przegubowe (rys. 4). Były to przeguby kulowe. Odległość pomiędzy górną i dolną krawędzią słupa a osią przegubu wynosiła 85 mm. Dlatego teoretyczna wysokość słupów była o 170 mm większa niż ich wysokość rzeczywista, wynosząca 1000 lub 2000 mm (por. tabl. 1).

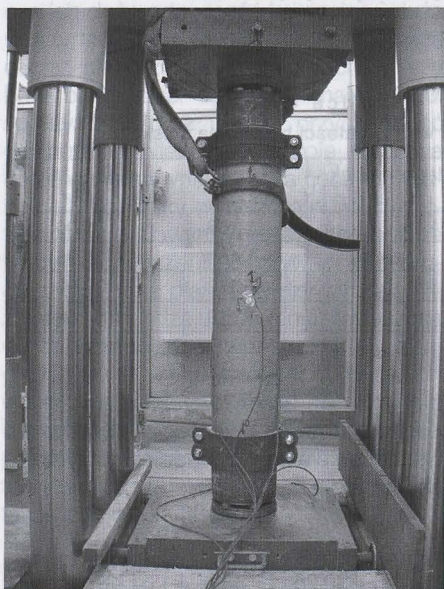
W celu zapobieżenia rozwarstwianiu się rur na skutek miejscowego docisku, na czas badania wzmocniono głowice dolną i górną słupów za pomocą skręconych śrubami obręczy stalowych (por. rys. 4). Analogiczne wzmocnienie zastosowano w przypadku rur pustych, z tym że aby nie dopuścić do nadmiernego



Tablica 5

Parametry mechaniczne betonu badanych słupów

Słup	Uwagi	Data betonowania	Data badania	Wiek betonu w chwili badania słupów	$f_{cm,śr}$ MPA	β_{cc}	$f_{cm}(t)$ MPA	E_{cm} GPa	$E_{cm}(t)$ GPa
DC1		2012.06.04	2012.12.18	197	31,21	1,1685	36,47	32,62	34,18
DC2			2013.01.23	233		1,1774	36,75		34,26
DP	rura pusta		2013.01.29						
DR3			2013.01.29	239		1,1787	36,79		34,27
DR4			2013.01.29	239		1,1787	36,79		34,27
KC1			2012.10.25	143		1,1496	35,88		34,01
KC2			2012.11.20	169		1,1598	36,20		34,10
KP	rura pusta		2012.11.08						
KR1			2012.10.23	141		1,1487	35,85		34,00
KR2			2012.12.11	190		1,1665	36,41		34,16



Rys. 4. Stanowisko badawcze ze słupem wysokości 117 cm

ściśnięcia tychże rur, najpierw wypełniono betonem (tzw. betonowe korki) wnętrza rur do wysokości około 20 cm. Obciążanie słupów sterowano przemieszczeniem. Prędkość wysuwu tłoka prasy wynosiła 0,5 mm/min w przypadku słupa w postaci rury pustej oraz 1,0 mm/min – słupów z betonowym rdzeniem. Łączny czas trwania badania każdego słupa wyniósł od 20 do 50 min.

Wyniki badań eksperymentalnych

• **Sposób niszczenia.** Słupy wypełnione betonem zniszczyły się przez wyboczenie, przy widocznym gołym wygięciu. Istotna różnica zachowania między słupami krępyimi i smukłymi gwałtowności zniszczenia. Słupy po doznaniu niewielkiego wyboczenia pękały w sposób kruchy, przy czym płaszcz kompozytowy ulegał gwałtownemu rozerwaniu (rys. 5a, b). W przypadku słupa KC1 proces ten był tak gwałtowny, że słup przełamał się na dwie części (por. rys. 5c). Słupy smukłe nawały wyraźnego wyboczenia, lecz

płaszcz kompozytowy nie ulegał rozerwaniu. Na skutek znacznego wygięcia pojawiały się jednak na płaszczu wyraźne poziome rysy. Słupy wykonane z pustej rury niszczyły się przez rozwarstwienie płaszcza spowodowane lokalnym dociskiem na górnej głowicy słupa.

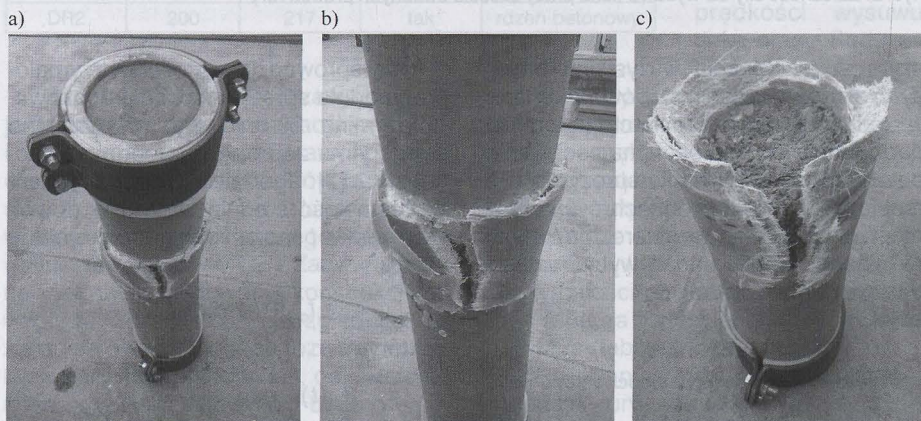
• **Nośność i zachowanie pokrytych słupów.** Słupy krępe są w stanie przetrwać znacznie większe obciążenia niż

słupy smukłe. Nośność słupów krępych była o około 70% większa niż smukłych (rys. 6). Nie zaobserwowano wyraźnego wpływu sposobu obciążania słupów (przez rdzeń betonowy lub przez cały przekrój) na nośność badanych słupów.

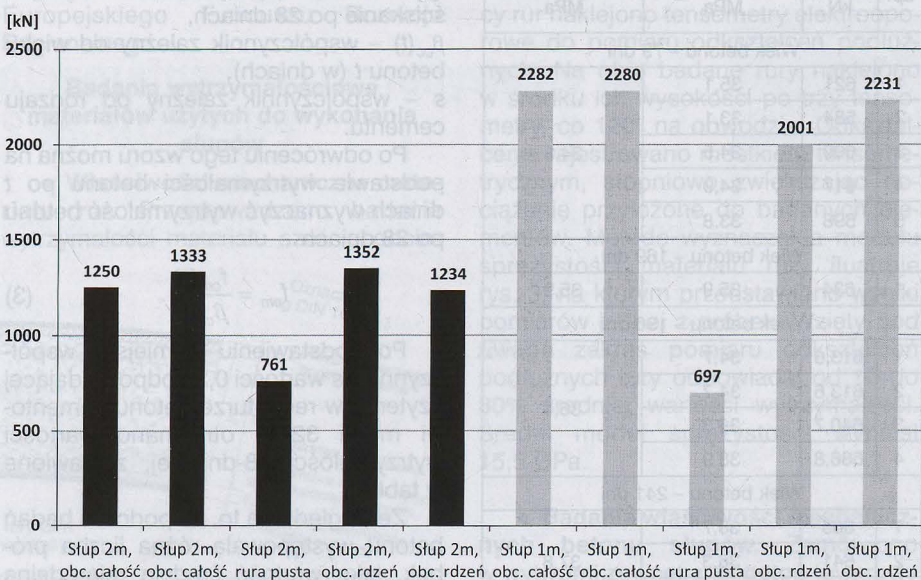
Słupy smukłe niszczyły się w sposób łagodny, sygnalizowany. Na wykresach ilustrujących zależność siły od przemieszczenia (rys. 7) widać, że po osiągnięciu nośności granicznej nie następowało gwałtowne zmniejszenie siły ściskającej. Jedynie smukły słup pusty niszczył się w sposób gwałtowny.

Słupy krępe niszczyły się w sposób bardzo gwałtowny, niesygnalizowany (rys. 8). Po uzyskaniu maksymalnej siły ściskającej następowało gwałtowne zmniejszenie nośności. Taka charakterystyka zniszczenia jest nie do przyjęcia w realnych konstrukcjach budowlanych.

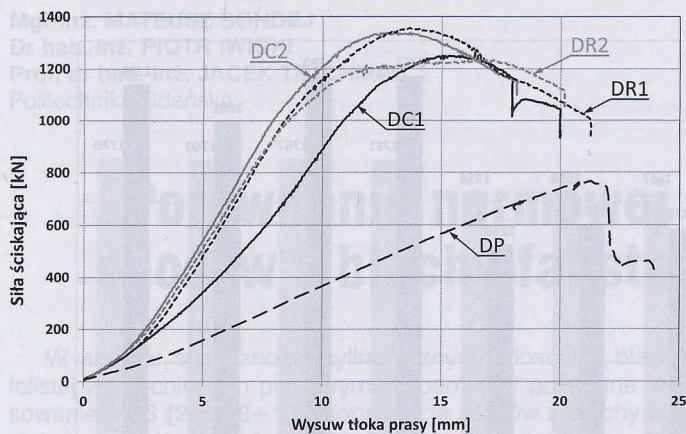
Warto zauważyć, że słupy cienkościennne z kompozytu bazaltowo-szklanego, które badano w zbliżonych warunkach i opisano w pracy [1], wykazywały odwrotną tendencję; korzystniejszym zachowaniem pokrytym charakteryzowały się słupy krępe. Jest to najprawdopodobniej



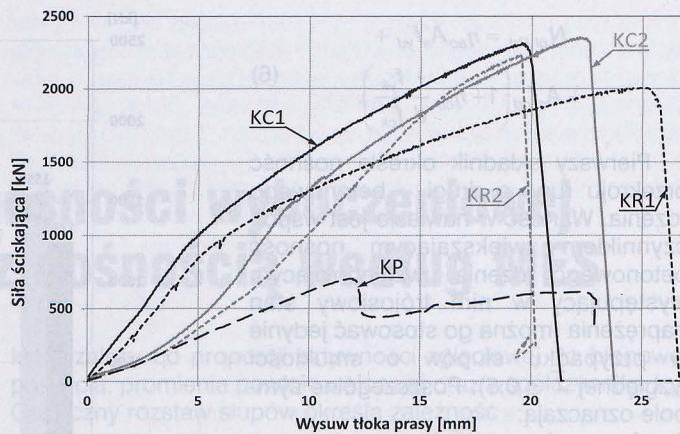
Rys. 5. Słupy po zniszczeniu: a) oraz b) KR1, c) KC1



Rys. 6. Zestawienie uzyskanych nośności wszystkich zbadanych słupów



Rys. 7. Zależność siła – przemieszczenie słupów smukłych



Rys. 8. Zależność siła – przemieszczenie słupów krępych

związane z mniejszą sztywnością zastosowanych wówczas rur. Ich średnica zewnętrzna była taka sama, jak w badaniach obecnych, lecz grubość była wielokrotnie mniejsza i wynosiła 6 mm.

• **Stan wyężenia słupów.** Na każdy z dziesięciu badanych słupów naklejono, w połowie ich wysokości, po 6 tensometrów elektrooporowych. Trzy tensometry naklejono pionowo (w kierunku podłużnym) w rozstawie co 120°, a trzy – poziomo (w kierunku obwodowym), również w rozstawie 120°.

Wyniki pomiarów tensometrycznych potwierdziły oczekiwania. Płaszcz wszystkich badanych słupów ulegał skróceniom w kierunku podłużnym, natomiast w kierunku obwodowym rejestrowano wydłużenia. Na wykresach odkształceń płaszcza w funkcji wyężenia słupa wypełnionego betonem można zaobserwować nieliniowość (rys. 9, 10). Ponadto na tych wykresach jest widoczny proces wyboczenia słupów: odkształcenia podłużne rejestrowane przez jeden z trzech tensometrów naklejonych podłużnie oraz odkształcenia obwodowe rejestrowane przez jeden z trzech tensometrów naklejonych obwodowo zaczynają pod koniec eksperymentu zwiększać się w kierunku odwrotnym do dotychczasowego.

W przypadku wszystkich smukłych słupów wypełnionych betonem wykresy odkształceń podłużnych i obwodowych przebiegały liniowo do wyężenia około 80% siły niszczonej (por. rys. 9). Powyżej tego poziomu rozpoczynała się nieliniowość wykresu. Słup pusty wykazywał natomiast przebieg liniowy odkształceń do poziomu 100% wyężenia. Prędkość zwiększania się odkształceń w słupie pustym była kilkukrotnie większa niż w słupach wypełnionych betonem.

W wypadku słupów krępych nieliniowość przebiegu odkształceń rozpoczynała się nieco wcześniej, bo w przedziale wyężenia 40÷60% siły niszczonej (por. rys. 10). Chociaż jest to wyężenie słupa mniejsze niż opisane wyżej w przypadku słupów smukłych, to odpowiada w przybliżeniu tej samej sile (1000 kN), jako że nośność słupów krępych była większa niż smukłych. Powyżej tego poziomu odnotowano szybsze zwiększanie odkształceń. Wyłącznie w przypadku rury pustej przebiegi odkształceń były liniowe w całym zakresie wyężenia.

Zaobserwowana nieliniowość wykresów odkształceń może świadczyć o interakcji zachodzącej między kompozytowym płaszczem słupa a jego betonowym rdzeniem. Interakcja ta powstawała lub nasilała się na poziomie około 80% wyężenia słupów smukłych oraz około

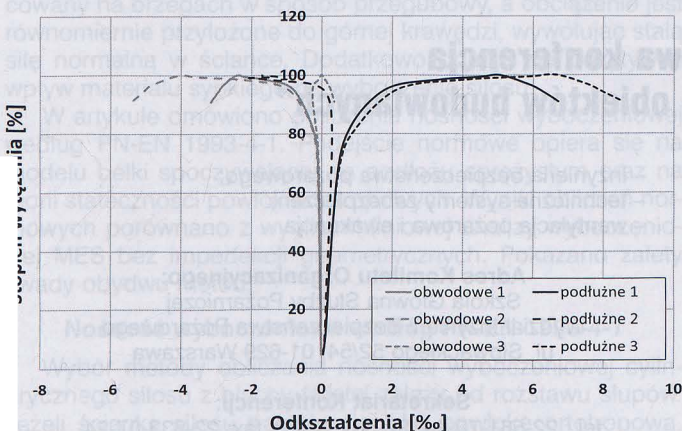
50% wyężenia słupów krępych. Warto odnotować, że słupy cienkościenne z kompozytu bazaltowo-szklanego, opisane szerzej w pracy [1], wykazywały liniowe przyrosty odkształceń podłużnych i obwodowych płaszcza w całym zakresie obciążeń.

Obliczanie nośności osiowo ściskanych rur kompozytowych wypełnionych betonem (CFCT)

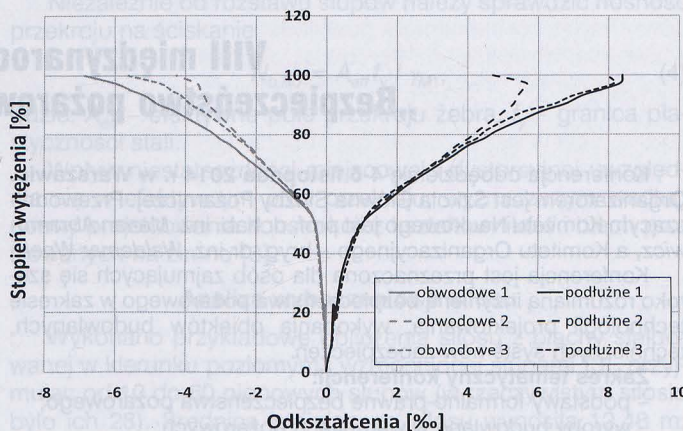
Obecnie nie istnieją krajowe lub międzynarodowe standardy obliczania nośności rur kompozytowych wypełnionych betonem. Dlatego autorzy do analizy wyników wykorzystali procedury obliczeniowe dotyczące osiowo ściskanych słupów CFST, podane w europejskiej normie projektowania zespolonych konstrukcji stalowo-betonowych [9]. Obciążenie przyłożone do słupa nie może przekraczać jego nośności na ściskanie

$$N_{Sd} < \chi N_{pl,Rd} \quad (5)$$

Współczynnik wyboczeniowy χ przyjmuje się na podstawie krzywej wyboczeniowej „a” lub „b” z europejskiej normy projektowania konstrukcji stalowych [8]. Wartość tego współczynnika zależy od względnej smukłości słupa CFT, a wartość $N_{pl,Rd}$, tj. nośność przekroju zespolonego na ściskanie, oblicza się jako sumę dwóch składników:



Rys. 9. Stan wyężenia słupa DR2 w zależności od siły niszczonej



Rys. 10. Stan wyężenia słupa KR2 w zależności od siły niszczonej

$$N_{pl,Rd} = \eta_{ao} A_a f_{yd} + A_c f_{cd} \left(1 + \eta_{co} \frac{t}{d} \frac{f_{yk}}{f_{ck}} \right) \quad (6)$$

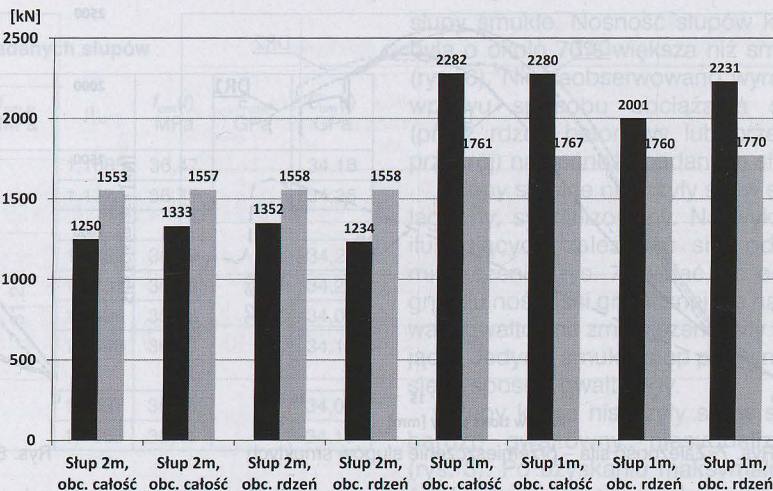
Pierwszy składnik określa nośność przekroju rury, a drugi – betonowego rdzenia. Wartość w nawiasie jest współczynnikiem zwiększającym nośność betonowego rdzenia uwzględniającym występujący w nim trójosiowy stan naprężenia (można go stosować jedynie w przypadku słupów o smukłości względnej $\bar{\lambda} \leq 0,5$). Poszczególne symbole oznaczają:

A_a , A_c – pole przekroju poprzecznego odpowiednio rury i betonowego rdzenia,
 f_{yd} , f_{cd} – obliczeniowe wartości wytrzymałości na ściskanie odpowiednio materiału rury i betonu rdzenia,
 η_{ao} – współczynnik redukujący nośność rury z uwagi na dwuosiowy stan jej wyężenia (ściskanie w kierunku podłużnym i rozciąganie w kierunku obwodowym),
 η_{co} – współczynnik zależny od smukłości względnej $\bar{\lambda}$ słupa CFT,
 t – grubość rury,
 d – zewnętrzna średnica rury,
 f_{yk} , f_{ck} – charakterystyczna wytrzymałość na ściskanie odpowiednio: materiału rury i betonu rdzenia.

Kryterium smukłości wykluczyło możliwość obliczeniowego uwzględnienia przyrostu wytrzymałości betonu słupów smukłych (smukłość względna $\bar{\lambda} = 0,74$), a pozwoliło na uwzględnienie tego efektu w słupach krępych ($\bar{\lambda} = 0,40$). Porównanie nośności uzyskanej eksperymentalnie i obliczeniowo zilustrowano na rys. 11. Nie uzyskano satysfakcjonującej zgodności obliczeń z wynikami badań. Odchyłki nośności obliczonych od nośności uzyskanych w badaniach sięgają kilkudziesięciu procent.

Wnioski i kierunki dalszych badań

Z przeprowadzonych badań wynika, że zarówno nośność pokrytyczna, jak



Rys. 11. Nośności badanych słupów uzyskane eksperymentalnie (kolor ciemny) i obliczone według Eurokodu 4 (kolor jasny)

i stan wyężenia płaszcza słupów z grubościennych rur kompozytowych wypełnionych betonem znacząco różni się od tych charakterystyk zarejestrowanych w przypadku słupów z cienkościennych rur kompozytowych o zbliżonych właściwościach materiałowych i geometrycznych [1]. Grubość płaszcza jest czynnikiem w znacznym stopniu determinującym zachowanie pokrytyczne i rozwój odkształceń w rurze kompozyto-

owej. Badania wykazały nieprzydatność słupów krępych do zastosowań budowlanych z racji niesygnalizowanego mechanizmu ich niszczenia.

Próba wykorzystania Eurokodu 4 [9] do obliczenia nośności badanych słupów nie powiodła się. Autorzy planują opracowanie procedury obliczeniowej opartej na metodzie nominalnej sztywności według Eurokodu 2 [7].

PIŚMIENNICTWO I WYKORZYSTANE MATERIAŁY

- [1] *Abramski M., Korzeniowski P.*: Load-carrying capacity and state of effort tubes made of glass and basalt fibre reinforced polymer filled

with concrete. "Current scientific challenges in concrete and steel structures and concrete technology", Gdańsk University of Technology, Faculty of Civil and Environmental Engineering, 2011.

- [2] *Abramski M., Korzeniowski P., Wesolowski M.*: Badania płyt betonowych zbrojonych prętami z włókien bazaltowych. „Inżynieria i Budownictwo”, nr 12/2012.
 [3] *Fam A.Z., Rizkalla S.H.*: Behavior of Axially Loaded Concrete-Filled Circular Fiber-Reinforced Polymer Tubes. "ACI Structural Journal", nr 5-6/2001.
 [4] DIN 16868-1. Rohre aus glasfaserverstärktem Polyesterharz (UP-GF) – Teil 1: Gewickelt, gefüllt; Maße, Deutsches Institut für Normung, November 1994.
 [5] DIN 16868-2. Rohre aus glasfaserverstärktem Polyesterharz (UP-GF) – Teil 2: Gewickelt, gefüllt; Allgemeine Güteanforderungen, Prüfung, Deutsches Institut für Normung, November 1994.
 [6] PN-B-03264:2002 Konstrukcje betonowe, żelbetowe i sprężone – Obliczenia statyczne i projektowanie.
 [7] PN-EN 1992-1-1:2008. Eurokod 2. Projektowanie konstrukcji z betonu. Część 1-1: Reguły ogólne i reguły dla budynków.
 [8] PN-EN 1993-1-1:2006. Eurokod 3. Projektowanie konstrukcji stalowych. Część 1-1: Reguły ogólne i reguły dla budynków.
 [9] PN-EN 1994-1-1:2008. Eurokod 4. Projektowanie zespolonych konstrukcji stalowo-betonowych. Część 1-1: Reguły ogólne i reguły dla budynków.

VIII międzynarodowa konferencja „Bezpieczeństwo pożarowe obiektów budowlanych”

Konferencja odbędzie się 4-6 listopada 2014 r. w Warszawie. anizatorem jest Szkoła Główna Służby Pożarniczej. Przewodniczącym Komitetu Naukowego jest prof. dr hab. inż. *Marian Abramoz*, a Komitetu Organizacyjnego – bryg. dr inż. *Waldemar Wnę*. Konferencja jest przeznaczona dla osób zajmujących się szeroko rozumianą inżynierią bezpieczeństwa pożarowego w zakresie inżynierii projektowania, wykonania obiektów budowlanych, inżynierii systemów zabezpieczeń.

Zakres tematyczny konferencji:

- podstawy formalno-prawne bezpieczeństwa pożarowego;
- wyroby budowlane w warunkach pożarowych;
- konstrukcje budowlane w warunkach pożarowych;

- inżynieria bezpieczeństwa pożarowego;
- techniczne systemy zabezpieczeń;
- wentylacja pożarowa i ewakuacja.

Adres Komitetu Organizacyjnego:

Szkoła Główna Służby Pożarniczej
 Wydział Inżynierii Bezpieczeństwa Pożarowego
 ul. Słowackiego 52/54, 01-629 Warszawa

Sekretariat Konferencji:

tel.: 22-561-76-44, 22-561-76-89, fax: 22-833-07-24
 email: wibp.bb2014@sgsp.edu.pl