

Element zbrojenia rozproszonego betonu

Przedmiotem wzoru użytkowego jest element zbrojenia rozproszonego betonu, przeznaczony w szczególności do wzmacniania wytrzymałości fibrobetonu.

Beton jest materiałem stosunkowo kruchym, którego struktura przy nadmiernym naprężeniu czy odkształceniu ulega rozpadowi. Konieczność naprawy uszkodzonych nawierzchni lub innych elementów betonowych już same w sobie niosą duże koszty, a przy tym powodują inne utrudnienia w działalności firmy, jakie wiążą się z każdym remontem. Stąd tak ważne jest każde działanie w kierunku polepszenia jakości nawierzchni betonowej lub innych elementów betonowych, a co za tym idzie przedłużenie ich żywotności.

Elementy betonowe z dodatkiem włókien zbrojeniowych są coraz częściej wykorzystywane w budownictwie komunikacyjnym i pokrewnych technologiach. Stosowane są między innymi w nawierzchniach drogowych, ścianach oporowych, płytach lotnisk, przy stabilizacji zboczy, posadzkach przemysłowych, palach wbijanych, tunelowych konstrukcjach torkretowych. Zastosowania te opisane są między innymi publikacjach: E.N.B. Pereira, J.A.O. Barros, A. Camoes: Steel Fiber-Reinforced SelfCompacting Concrete: Experimental Research and Numerical Simulation. *Journal of Structural Engineering* 134:8 (2008) 1310-1321; V.M.C.F. Cunha, J.A.O. Barros, J.M. Sena Cruz: Tensile behavior of steel fiber reinforced self-compacting concrete. SP-274-4 Fiber Reinforced Self- Consolidating Concrete: Research and Applications, ACI Committees 544 and 237:51-68; J. Cai, H. Jiang, Y. Zhu, D. Wang: Mechanical properties of fiber reinforced selfcompacting concrete. *Optoelectronics and advanced materials -rapid communications* 4:7 (2010) 1013-1016; C.I. Goodier. Development of self-compacting concrete. *Proceedings of the ICE - Structures and Buildings* 56:4 (2003) 405-414; J. Katzer, J. Domski: Quality and mechanical properties of engineered steel fibres used as reinforcement for concrete, *Construction and Building Materials* 34 (2012) 243-248; J. Gołaszewski: Influence of cement properties on new generation superplasticizers performance, *Construction and Building Materials* 35 (2012) 586-596; T. Ponikiewski: Reologiczne i mechaniczne właściwości betonów samozagęszczalnych z włóknami stalowymi, *Cement Wapno Beton* 17:5 (2012) 301 - 309; A.M. Glinicki: Trwałość betonu w nawierzchniach drogowych, IBDiM Warszawa, 2011.

Najnowsze kompozyty fibrobetonowe, wykonane na bazie mieszanki samozagęszczalnej, często charakteryzujące się bardzo dużą zawartością włókien (nawet do 15% udziału objętościowego), znajdują coraz szersze zastosowanie, w tym coraz częściej stosuje się je jako podstawowy materiał konstrukcyjny w budownictwie zamiast zwykłego betonu [K. Holschemacher, T. Mueller, Y. Ribakov: Effect of steel fibers on mechanical properties of high-strength concrete. *Materials and Design* 31 (2010) 2604-2615; D.V. Soulioti, N.M. Barkoula, A. Paipetis, T.E. Matikas: Effects of Fiber Geometry and Volume Fraction on the Flexural Behaviour of Steel-Fibre Reinforced Concrete. *An International Journal for Experimental Mechanics* 47 (2011) 535-541; M. Di Prisco, G. Plizzari, L. Vandewalle: Fiber reinforced concrete: new design perspectives. *Materials and Structures* 42 (2009) 1261-1281; G. Giaccio, J.M. Tobes, R. Zerbino: Use of small beams to obtain design parameters of fibre reinforced concrete. *Cement & Concrete Composites* 30:4 (2008) 297-306; R. Hameed, A. Turatsinze, F. Duprat, A. Sellier: Study on the flexural properties of metallic-hybrid-fibre-reinforced concrete. *Maejo International Journal of Science and Technology* 4:02 (2010) 169-184; D.J. Kim, S.H. Park, G.S. Ryu, K.T. Koh: Comparative flexural behavior of Hybrid Ultra High Performance Fiber Reinforced Concrete with different macro fibers. *Construction and Building Materials* 25 (2011) 4144-4155; N. Banthia, M. Sappakittipakom: Toughness enhancement in steel fiber reinforced concrete through fiber hybridization, *Cement and Concrete Research* 37 (2007) 1366-1372; M.C. Nataraja, N. Dhang, A.P. Gupta: Toughness characterization of steel fiberreinforced concrete by JSCE approach. *Cement and Concrete Research* 30:4 (2000) 593-597].

Nowoczesne techniki, takie jak konstrukcje stalowo-fibrobetonowe, betony zbrojone matami z włókien stalowych czy zbrojenie hybrydowe konstrukcji betonowych, stwarzają bardzo szerokie możliwości stosowania zwykłych i samozagęszczalnych fibrobetonów, przy wykazywanych problemach technologicznych.

W ostatnich latach pojawiła się nowa technologia zbrojenia betonu poprzez wprowadzanie do niego, w czasie robienia wy lewki, odpowiednio wyprofilowanych elementów z cienkiego stalowego drutu. W technologii tej kluczowe jest odpowiednie dobranie profilu/kształtu pojedynczego stalowego elementu oraz ilości takich elementów w stosunku do

określonej objętości betonu, w taki sposób by parametry te wpłynęły na podniesienie wytrzymałości na pęknięcie fibrobetonu.

Przykładem odpowiednio wyprofilowanych elementów z cienkiego stalowego drutu stosowanych zwłaszcza jako zbrojenie trwałej nawierzchni betonowej jest rozwiązanie znane z oferty firmy Urban-Metal sp. z o.o. [<http://urban-metal.pl/7wlokna-stalowe.html>]. Rozwiązanie to (przedstawione na rysunku dotyczącym wcześniejszego stanu techniki) stanowi odcinek drutu stalowego, w którym z każdej strony wykonane jest symetrycznie podwójne zagięcie, tworzące w widoku z boku wyprofilowanie o kształcie otwartego trapezu bez dłuższej podstawy. Tego rodzaju włókna stalowe przeznaczone są głównie do stosowania jako zbrojenie rozproszone posadzek przemysłowych.

Celem niniejszego wzoru użytkowego było opracowanie takiej konstrukcji elementów zbrojenia rozproszonego betonu, wykonanych z cienkiego stalowego drutu, która - po ich wprowadzeniu do płynnej masy betonowej - umożliwi pod wpływem ruchu masy betonowej ich łączenie się (zahaczanie) końcami i tworzenie długich struktur wytrzymałościowych, co jest bardzo istotne, bowiem w dużym stopniu podnosi wytrzymałość na pęknięcie fibrobetonu. Znane do tej pory podobne elementy zbrojeniowe o innym kształcie nie wykazywały tej wyjątkowej właściwości.

Istotę wzoru użytkowego stanowi element zbrojenia rozproszonego betonu, który stanowi odcinek drutu stalowego, korzystnie o okrągłym przekroju poprzecznym, w którym z każdej strony wykonane jest symetrycznie podwójne zagięcie przypominające rozciągniętą literę Z, które w widoku z boku tworzą wyprofilowanie o kształcie otwartego trapezu bez dłuższej podstawy, w którym odcinek środkowy drutu stanowiący krótszą podstawę otwartego trapezu jest wyprofilowany na kształt przypominający sinusoidę.

Korzystnie, element zbrojenia rozproszonego ma długość $L = 55$ mm.

Korzystnie, element zbrojenia rozproszonego wykonany jest z drutu o średnicy $\phi = 0,65$ mm.

Korzystnie, element zbrojenia rozproszonego ma wysokość $h = 4\text{mm}$.

Przedmiot wzoru użytkowego został przedstawiony w przykładzie wykonania na rysunku, na którym fig. 1 przedstawia element zbrojenia rozproszonego betonu w widoku z boku bez wymiarowania, natomiast fig. 2 - element zbrojenia rozproszonego betonu w widoku z boku w korzystnym wariacie wymiarowym.

Przykładowy element zbrojenia rozproszonego betonu ma postać odcinka cienkiego drutu o okrągłym przekroju poprzecznym i średnicy $\phi = 0,65\text{ mm}$, w którym z każdej strony wykonane jest symetrycznie podwójne zagięcie przypominające rozciągniętą literę Z 2, tworzące w widoku z boku wyprofilowanie o kształcie otwartego trapezu bez dłuższej podstawy, w którym odcinek środkowy 1 drutu stanowiący krótszą podstawę otwartego trapezu jest wyprofilowany na kształt sinusoidalny, przy czym długość elementu wynosi $L = 55\text{ mm}$, wysokość $h = 4\text{mm}$. Dobór odpowiedniej liczby „fal”, to jest okresów sinusoidy wyprofilowania odcinka środkowego 1 oraz poszczególnych wymiarów zapewniają optymalne kotwienie elementów zbrojenia w matrycy betonowej. Parametry elementu zbrojeniowego według niniejszego przykładu zostały określone w tabeli 1.

Dzięki zastąpieniu tradycyjnego zbrojenia betonu w postaci siatki z prętów stalowych zmniejsza się pracochłonność inwestycji, co niesie określone oszczędności na materiale i robociznie. Wyniki badań materiałów, w których zastosowano włókna stalowe jako domieszki do betonów wykazały, że właściwe zastosowanie włókien stalowych prowadzi do obniżenia bezpośrednich kosztów inwestycji oraz kosztów w tzw. rachunku ciągnionym, to jest uwzględniającym trwałość konstrukcji oraz ograniczenie prac konserwatorskich i naprawczych. Dużą zaletą jest możliwość stosowania wszystkich konwencjonalnych metod dostarczania mieszanek betonowych na miejsca budowy. Włókna stalowe można mieszać z masą betonową zarówno w zakładach betoniarskich jak i w betonowozach na miejscu budowy, co pozwala na bardziej elastyczne planowanie robót wpływając pozytywnie na koszty inwestycji. Beton zbrojony elementami zbrojeniowymi według wzoru użytkowego może być wylewany w cieńszych warstwach niż beton zbrojony tradycyjnie, co sprawia, że jest to znakomity materiał do naprawy

uszkodzonych posadzek i innych nawierzchni.

Do podstawowych zalet betonu zbrojonego elementami stanowiącymi przedmiot niniejszego wzoru użytkowego należą:

- zwiększenie parametrów wytrzymałościowych betonu, w tym zwiększona odporność na udary i obciążenia dynamiczne, duża odporność na obciążenia statyczne, wyższa odporność na ścieranie, łuszczenie i pękanie, wysoka odporność na nagłe zmiany temperatury
- eliminacja rys i pęknięć na powierzchni posadzki wykonanej z betonu z elementem zbrojenia
- obniżenie kosztów produkcji przez zwiększenie wydajności robót oraz oszczędności na materiale
- skrócenie czasu inwestycji
- zwiększona żywotność konstrukcji betonowych.

Również w porównaniu do przywołanego wcześniej rozwiązania (zaznaczonego na rysunku dotyczącym znanego stanu techniki) rozwiązanie według niniejszego wzoru użytkowego posiada lepsze właściwości. W wyniku analizy wyników otrzymanych po przeprowadzeniu badań wytrzymałości na rozciąganie przy zginaniu i wytrzymałości równoważnej na rozciąganie przy zginaniu belek fibrobetonowych z wprowadzonym zróżnicowanym (25, 35, 45 kg/m³) dodatkiem włókien stalowych znanych oraz falisto- haczykowatych włókien według niniejszego wzoru (włókna o zbliżonych parametrach geometrycznych ale innym kształcie), można stwierdzić:

- badania wykazały poprawę parametrów mechanicznych betonu (wytrzymałość na ściskanie) większą o około 5% przy zastosowaniu w betonie włókien według wzoru,
- badania wykazały poprawę parametrów mechanicznych betonu (wytrzymałości na rozciąganie przy zginaniu) większą o około 15,5% przy zastosowaniu w betonie włókien według wzoru,
- badania wykazały poprawę parametrów mechanicznych betonu (równoważna wytrzymałość na zginanie) większą o około 48% przy zastosowaniu w betonie włókien według wzoru,
- dodatkowe badania wykazały poprawę parametrów mechanicznych betonu (wytrzymałości

resztkowej na zginanie) większą o około 26% (dla fR,1), 22% (dla fR,2), 27% (dla fR,3), 51% (dla fR,4), przy zastosowaniu w betonie włókien według wzoru,

Na podstawie badań rozmieszczenia włókien w matrycy betonowej metodą TK, stwierdzono:

- następuje dobre przestrzenne rozmieszczenie włókien według wzoru w betonie niezależnie od stopnia ich rozpatrywanego dozowania,
- nie stwierdzono występowania tzw, „jeży” (wspólnego blokowania się włókien według wzoru ze sobą).

Rozwiązanie według wzoru użytkowego może znaleźć zastosowanie w takich dziedzinach przemysłu jak:

- budownictwo przemysłowe
 - o posadzki przemysłowe i nawierzchnie silnie obciążone o fundamenty pod maszyny
 - o elementy pali fundamentowych
- budownictwo komunikacyjne
 - o nawierzchnie lotniskowe i drogowe
 - o mosty
 - o obudowy tuneli
 - o nawierzchnie parkingów
- budownictwo hydrotechniczne
 - o elementy konstrukcji narażone na obciążenia dynamiczne
 - o elementy nabrzeży portowych
- budownictwo specjalne (skarbcze, sejfy, ściany osłonowe, zastosowania militarne, pojemniki na szkodliwe odpady)
- budownictwo ogólne, prefabrykaty betonowe, segmenty obudowy tuneli, kręgi studni
- naprawy i remonty budynków i konstrukcji (drogowych, mostowych, wodnych).

Zastrzeżenia ochronne

1. Element zbrojenia rozproszonego betonu zniemny tym, że ma postać odcinka drutu stalowego, korzystnie o okrągłym przekroju poprzecznym, w którym z każdej strony wykonane jest symetrycznie podwójne zagięcie przypominające rozciągniętą literę Z (2), które w widoku z boku tworzy wyprofilowanie o kształcie otwartego trapezu bez dłuższej podstawy, w którym odcinek środkowy (1) drutu stanowiący krótszą podstawę otwartego trapezu jest wyprofilowany na kształt przypominający sinusoidę.
2. Element według zastrz. 1 zniemny tym, że ma długość $L = 55$ mm.
3. Element według zastrz. 1 zniemny tym, że wykonany jest z drutu o średnicy $\phi = 0,65$ mm.
4. Element według zastrz. 1 zniemny tym, że ma wysokość $h = 4$ mm.

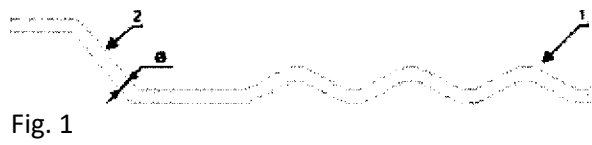


Fig. 1

2
~V



L = 55rwn

Fig. 2



Deklarowane właściwości użytkowe :

Zasadnicze charakterystyki	Właściwości użytkowe	Zharmonizowana specyfikacja techniczna
Grupa	1 - drut ciągniony na zimno	m g 9 1 ^4
Kształt	haczykowato odkształcone na końcach, sinusoidalnie odkształcone w części	
Długość	55 mm	
Średnica	0,65 mm	
Powierzchnia	niepokrywana, rriepowtekana	
Wytrzymałość na rozciąganie	FU = 1100 MPa	

Tabela 1

Rysunek dotyczący wcześniejszego stanu techniki

