



Zastosowanie prętów zbrojeniowych z włókna szklanego (GFRP) w budownictwie

Dr inż. Bogusław Jarek, mgr inż. Aleksandra Kubik, Politechnika Krakowska

1. Wprowadzenie

Ograniczone możliwości stosowania stali w niekorzystnych warunkach środowiska prowadziły do poszukiwania alternatywnych rozwiązań dla konstrukcji budowlanych. Pierwsze zastosowania kompozytów włóknistych w budownictwie wykazały, że materiał ten charakteryzuje się wysoką odpornością na korozję oraz zmienne warunki środowiska, co ma znaczący wpływ na trwałość, bezpieczeństwo i niezawodność użytkowania obiektu. Cechy te zadecydowały o wykorzystaniu kompozytów nie tylko do zewnętrznego wzmocnienia konstrukcji, ale również jako zbrojenia głównego elementów konstrukcyjnych. Tym samym zbrojenie niemetaliczne, głównie z włókien szklanych i bazaltowych, w konstrukcjach budowlanych stało się alternatywą dla stali zbrojeniowej.

2. Pręty z włóknem szklanym jako kompozyt

Materiały kompozytowe składają się z co najmniej dwóch różnych komponentów, które łączą się na poziomie makroskopowym, tworząc niejednorodną strukturę. Materiały kompozytowe składają się z fazy ciągłej – zwanej matrycą lub osnową, otaczającej zbrojenie, oraz fazy rozproszonej – zwanej zbrojeniem. Ze względu na charakter fazy rozproszonej można wyróżnić kompozyty zbrojone cząstkami, zbrojone dyspersyjnie i zbrojone włóknami [1]. Do tych ostatnich należą również pręty zbrojone włóknem szklanym (GFRP).

Najstarszymi i obecnie najczęściej stosowanymi włóknami sztucznymi używanymi do zbrojenia materiałów kompozytowych są włókna szklane [6]. Początkowo w budownictwie znalazły zastosowanie jako izolacje cieplne czy też tkaniny filtracyjne [3], a następnie zaczęto ich używać do wzmocniania polimerów syntetycznych. Ich szerokie zastosowanie w wielu gałęziach przemysłu podyktowane zostało nie tylko dobrymi właściwościami mechanicznymi, ale również niską ceną w stosunku do lekkich stopów metali (obecnie kilogram włókien szklanych kosztuje ok. 12 zł). Udział włókien w kompozytach włóknistych dochodzi nawet do 90%,

Tabela 1. Własności wybranych włókien [8]

Rodzaj włókna szklanego	Średnica [μm]	Gęstość [g/cm^3]	Wytrzymałość na rozciąganie R [MPa]	Moduł sprężystości E [GPa]
Typ E	5–9	2,54	1350–3500	60–70
Typ M	8–10	2,89	b.d.	124
Typ R	10	2,50	4750	83
Typ S	16	2,49	4900	87

dlatego w materiałach tego typu obciążenia przenoszone są głównie przez włókna, a nie matrycę. Wyróżnia się cztery grupy włókien szklanych – typy E, M, R, S. Najczęściej do wzmocniania kompozytów na osnowie polimerowej stosuje się włókna szklane typu E wykonane ze szkła glinowo-borowo-krzemowego [4]. Mimo iż mają gorsze właściwości wytrzymałościowe, sprężyste, udarnościowe i zmęczeniowe, to znalazły zastosowanie wszędzie tam, gdzie nie wymaga się dużych modułów sprężystości. Włókna typu S mają lepsze parametry mechaniczne, a co za tym idzie – wyższą cenę. Zostały one stworzone z myślą o zastosowaniu militarnym i tam głównie znalazły swoje przeznaczenie. W tabeli 1 przedstawiono podstawowe właściwości wybranych włókien.

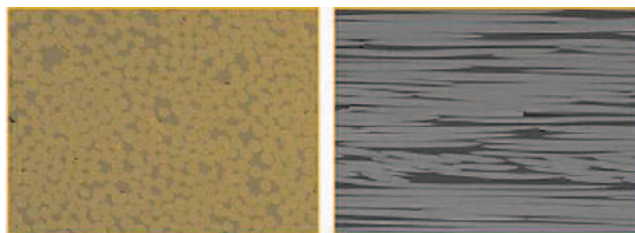
Szczegółowo właściwości i zastosowania włókien szklanych opisał Mayer [4]. Zaznaczył, iż cenną zaletą włókien szklanych jest bardzo dobra zwilżalność przez polimery, a co za tym idzie, możliwość powstawania mocnego połączenia na granicach międzyfazowych polimer/szkło. Tę cechę wykorzystuje się przy produkcji prętów zbrojeniowych z włókien szklanych.

2.1 Wytwarzanie prętów kompozytowych

Metody produkcji kompozytów wzmocnianych włóknami zapewniają odpowiednie rozmieszczenie i orientację włókien oraz właściwe ich połączenie z matrycą. Nowoczesne metody otrzymywania kompozytów umożliwiają również masową produkcję elementów, a co za tym idzie, zmniejszenie kosztów wytwarzania oraz niższą cenę gotowego wyrobu. Najczęściej spotykanymi metodami



Rys. 1. Schemat procesu wytwarzania prętów kompozytowych metodą pultruzji [M1]



Rys. 2. Makrofotografia przekroju poprzecznego i podłużnego przez pręt zbrojony włóknami szklanymi [M1]

produkcji kompozytów są: metoda kontaktowa, metoda natryskowa, metoda nawijania włókien (ang. *filament winding*), wytwarzanie z taśm prepreg, metoda ciąгла (pultruzji, ang. *pultrusion*).

Rury, kształtowniki i pręty wykonywane są metodą pultruzji (rys. 1), która pozwala na wytwarzanie elementów o niezmiennym przekroju poprzecznym.

Zbrojenie matrycy odbywa się za pomocą taśm, składających się z wiązki równoległych włókien. Są one wstępnie połączone ze sobą za pomocą lepkiej substancji oraz nawinięte na specjalną szpulę, czyli tzw. ciągły roving. Rozwinięta taśma zostaje umieszczona w wannie wypełnionej żywicą termoutwardzalną, która pełniąc rolę matrycy, impregnuje włókna. Tak przygotowane wiązki włókien przeciągane są przez stalowy tłocznik, który ma za zadanie nadać elementowi początkowy kształt.

W tym czasie możliwe jest również skontrolowanie oraz właściwa regulacja składu kompozytu, np. poprzez jego obserwację makroskopową (rys. 2), polegającą na sprawdzeniu ilości włókien w elemencie, które powinny stanowić ok. 40–70% całej objętości.

Kolejno element przeciągany jest przez bardziej precyzyjny tłocznik, który nadaje mu ostateczny kształt oraz inicjuje proces utwardzania żywicy. Tak powstały produkt przechodzi do przeciągarek sterujących prędkością produkcji, która może osiągać nawet kilkadziesiąt metrów na godzinę.

2.2 Cechy wytrzymałościowe prętów kompozytowych

Cechy wytrzymałościowe prętów kompozytowych w tym i z włókien szklanych zależą m.in. od rodzaju zastosowanych włókien, rodzaju matrycy (żywicy), nasycenia włóknem szklanym matrycy, sposobu produkcji i znacząco odbiegają od wartości określonych dla zastosowanych włókien i matrycy. Na podstawie katalogów producentów [M3, M4, M8] zestawiono w tabeli 2 podstawowe cechy wytrzymałościowe prętów z włókien szklanych (GFRP) i porównano z właściwościami stali zbrojeniowej klasy A III.

Przedstawione w tabeli 2 informacje wskazywały na znaczne różnice cech wytrzymałościowych prętów różnych producentów. Dlatego też wykonano badania porównawcze nośności dla trzech typów prętów z GFRP o deklarowanej przez producenta średnicy równej 12 mm:

- typ 1 – pręty o przekroju kołowym składające się z włókien szklanych ułożone równolegle, zatopione

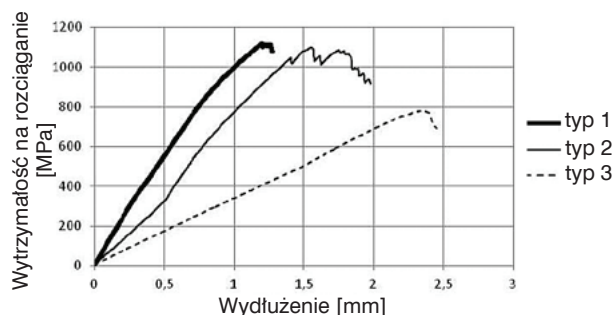
Tabela 2. Cechy wytrzymałościowe prętów kompozytowych wg katalogów producentów

Materiał		stal	pręt GFRP
Wytrzymałość na rozciąganie	f_{yk} [MPa]	440-550	1000 i więcej
Moduł sprężystości	E [GPa]	200	55-65
Wydłużenie względne przy próbie rozciągania	ϵ [%]	10-25	1,51-2,2
Odkształcalność graniczna	ϵ_{ULS} [‰]	2,18-2,72	7,4
Gęstość	γ (g/cm ³)	7,85	2,2

w żywicy winylowo-estrowej. W wyniku procesu produkcji w gotowych prętach zostaje wyżłobione zębrowanie, co powoduje zerwanie ciągłości włókien na powierzchni zewnętrznej;

- typ 2 – pręty o przekroju zbliżonym do kołowego z dodatkowym oplotem jednokierunkowo skrętnym wykonywane metodą pultruzji w żywicy epoksydowej. Żywica stanowiąca matrycę dla włókien szklanych na poboczniczy prętów wykazuje dużą zmienność geometryczną;
- typ 3 – pręty z dodatkowym oplotem jednokierunkowo skrętnym wykonywane metodą pultruzji w termoutwardzalnej żywicy syntetycznej. Dodatkowo cała powierzchnia zewnętrzna prętów pokryta jest piaskiem zwiększającym przyczepność. Pręt ma przekrój odcinkami „becułkowaty” – zmienny – przy czym najwęższy jest przy oplotcie, a najszerszy w środku odcinka pomiędzy oplotami.

Wyniki wytrzymałości na rozciąganie w funkcji wydłużenia dla poszczególnych typów prętów z GFRP zobrażowano na rysunku 3.



Rys. 3. Porównanie nośności trzech typów prętów z włókien szklanych



Na podstawie badań stwierdzono, że wytrzymałość na rozciąganie prętów GFRP mieści się w przedziale 765–1267 [MPa] i jest ponad dwukrotnie wyższa niż dla stali zbrojeniowej. Wyznaczony w badaniach ściskowy moduł sprężystości jest w zakresie 39–56 [GPa] a odkształcenia graniczne mieszczą się w przedziale 1,91–2,48 [%]. Metodyka badań i szczegółowe wyniki zawarte są w pracy [2]. Przy wyznaczaniu odkształceń granicznych nie uwzględniano współczynników materiałowych i obciążeniowych, dlatego wartość ich znacznie różni się od wartości ε_{ULS} z tabeli 2. Przedstawione wyniki znacząco odbiegają od informacji podawanych w katalogach, a duży rozrzut cech wytrzymałościowych zależy od badanego produktu skłania do stwierdzenia, iż zebrane w tabeli 2 wartości należy traktować wyłącznie jako orientacyjne i każdorazowo weryfikować u producenta prętów.

3. Pręty z włókien szklanych GFRP (*Glass Fiber Reinforced Polymer*) – właściwości i przykłady zastosowania

Ze względu na swoje unikalne właściwości oraz niską cenę, włókna szklane zdobywają większą popularność w budownictwie niż włókna węglowe czy aramidowe. W wielu przypadkach pręty kompozytowe mogą z powodzeniem zastąpić tradycyjne zbrojenie, nawet w najbardziej wymagających konstrukcjach. Powstające na świecie kolejne realizacje potwierdzają, że pręty GFRP mogą być rozsądną alternatywą dla stali, zarówno pod względem technologicznym jak i finansowym.

Pręty kompozytowe stosuje się do zbrojenia betonów. Współpraca z betonem, czyli tzw. przyczepność, w klasycznych rozwiązaniach jest uzyskiwana poprzez użebrowanie [5]. To połączenie może też nastąpić za pomocą powłoki piaskowej, która powstaje po otoczeniu pręta piaskiem w momencie zastygania żywicy [M8]. Ponadto stosowane są nacinania spiralne na powłocę [M2, M5], a także wykorzystywane jest tworzenie różnego rodzaju żeber ze sznurka nasączonego żywicą [M7]. Z uwagi na stosowane różne rozwiązania technologiczne mające na celu zapewnić odpowiednią przyczepność prętów do betonu należy koniecznie stosować się do zaleceń producentów prętów zbrojeniowych z włókien szklanych, ponieważ wykorzystanie właściwości mechanicznych prętów zależy od zapewnienia odpowiedniej ich współpracy z betonem.

Zainteresowanie prętami kompozytowymi wiąże się głównie z ich trwałością w środowiskach agresywnych, gdzie tradycyjna stal jest szczególnie narażona na działanie korozji. Poprzez niekorzystny wpływ soli i środków odladzających, proces ten zachodzi najczęściej w obiektach infrastruktury drogowej oraz w budownictwie wodnym. Zbrojenie z włókien szklanych jest odporne na działanie kwasów oraz innych czynników agresywnych. W związku z tym ich zastosowanie polecane jest szczególnie w płytach pomostu, kapach chodnikowych,

betonowych barierach ochronnych, ekranach akustycznych, powierzchniach parkingowych, posadzkach przemysłowych, jezdniach z podbudową betonową (w tym nawierzchnie lotnisk), powierzchniach w oczyszczalniach ścieków i na pływalniach oraz jako zapory, budowle portowe, kanały, elementy umocnienia brzegów i mury nabrzeżne. Można przytoczyć szereg przykładów zastosowania prętów GFRP ze względu na ich wysoką odporność na korozję [M6, M2, M3, 5]:

- kapy mostu i bariery zabezpieczające na McHugh Street Bridge w Windsor, Kanada,
- zbrojenie bariery ochronnej most Irvine Creek, Kanada,
- górne zbrojenie płyty pomostu w Jagsthausen, Niemcy,
- górne zbrojenie płyty pomostu Wotton Bridge, Kanada,
- górne zbrojenie płyty pomostu Magog Bridge, Kanada,
- zbrojenie płyty pomostu w Montague Bridge, Kanada,
- zbrojenie płyty pomostu w Victoria Bridge, Kanada,
- zbrojenie płyty pomostu Morristown Bridge, Kanada
- mury nadbrzeżne królewskiej willi w Doha, Katar,
- umocnienia brzegowe w Hall's Harbour, Kanada,
- umocnienia brzegowe wzdłuż promenady nadbrzeżnej w Blackpool, Wielka Brytania,
- basen Uniwersytetu Technicznego w Darmstadt, Niemcy,
- zbrojenie krawędziowe na parkingu Park & Fly w Kelsterbach, Niemcy,
- posadzka przemysłowa w Coca-Cola AG w Osnabrück, Niemcy,
- posadzka parkingu Forum Steglitz w Berlinie, Niemcy.

Pręty zbrojone włóknami szklanymi są doskonałymi izolatorami prądu elektrycznego, co sprawdza się szczególnie w obiektach energetycznych oraz w bezpodszypkowych nawierzchniach tramwajowych i kolejowych. Z tego powodu są znakomitym materiałem do budowy fundamentów transformatorów oraz różnego rodzaju obudów w stacjach transformatorowych, rozdzielnicach, a także obiektach przemysłu ciężkiego, hutach i zakładach metalurgicznych. Dzięki tym właściwościom pręty GFRP sprawdzają się również jako zbrojenie konstrukcyjne w płytach torowisk tramwajowych i kolejowych. Pozwalają na zminimalizowanie skutków prądów błędzących, które są elektrochemiczną przyczyną powstawania korozji wszystkich elementów metalowych, znajdujących się w obszarze ich oddziaływania. Ich destrukcyjny wpływ najłatwiej można zauważyć na podziemnych rurociągach, zbrojeniach podkładów, jak również konstrukcjach nośnych mostów i wiaduktów. Przykładami tego typu zastosowań są m.in. wg [M2, M3]:

- ściana działowa pomiędzy transformatorami w zakładzie Isar – Amperwerke w Monachium, Niemcy,
- fundamenty stacji transformatorowej w Kaprun, Austria,



Umocnienia brzegowe wzdłuż promenady nadbrzeżnej w Blackpool, Wielka Brytania, zbrojone prętami GFRP [M5]



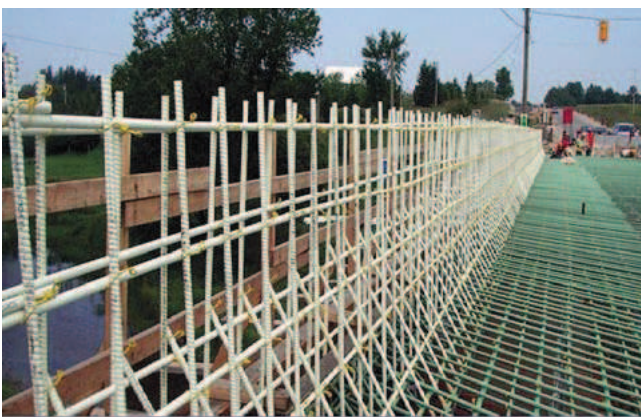
Zbrojenie płyty fundamentowej trasy kolejowej w Bazylej, Szwajcaria [M6]



Zbrojenie ścian domu jednorodzinnego w Bad Lippspringe, Niemcy, [M6]



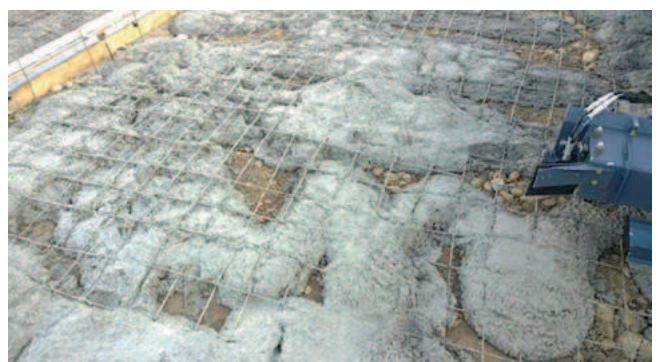
Zbrojenie ścian tunelu pod Martwą Wisłą w Gdańsku, Polska [M5]



Zbrojenie bariery ochronnej za pomocą prętów GFRP most Irvine Creek, Kanada, [M6]



Siatki zbrojeniowe z GFRP przed ułożeniem - Polska



Zbrojenie płyty na gruncie - Polska



- fundamenty instalacji kompensacyjnej prądu biernego w Swiss Steel AG w Chemiepark w Marl, Niemcy,
- zbrojenie stropów w przepustach pod przewody w elektrowni w Mannheim, Niemcy,
- płyta dena prostownika w zakładach aluminium Qatalum, Katar,
- fundamenty pod transformatory w Hamneset, Norwegia,
- fundamenty pod transformator w Peine Träger GmbH, Peine, Niemcy,
- tor bezpodspokowy na dworcu kolejowym w Bernie, Szwajcaria,
- płyta fundamentowa trasy kolejowej w Bazylei, Szwajcaria.

Pręty GFRP, odmiennie niż pręty ze stali, nie przewodzą ciepła i fal elektromagnetycznych. W związku z tym znajdują zastosowanie w placówkach badawczych, szpitalach i zakładach przemysłowych, gdzie występowanie takiego przewodnictwa może mieć negatywny wpływ na dokładność pracy i funkcjonalność występujących tam urządzeń. Te właściwości według [M2, M3] znalazły zastosowanie podczas budowy:

- róży kompasowej na płycie lotniska w Manching, Niemcy,
- płyty posadzkowej pod pomieszczeniami laboratoryjnymi Quantum Nano Center w Waterloo, Kanada,
- ław fundamentowych w Uniwersytecie Twente w budynku Carré w Enschede, Holandia,
- ścian wewnętrznych laboratorium w Centre for Addiction & Mental Health w Toronto, Kanada,
- płyty posadzkowej w laboratorium mikroskopowym Uniwersytetu Technicznego w Berlinie, Niemcy,
- fundamentu pod urządzenia do wykonywania jądrowego rezonansu magnetycznego w Instytucie Genetyki Roślin w Gatersleben, Niemcy,
- płyty posadzkowej i bloków fundamentowych dwóch laboratoriów TEM CeNTech II w Münster, Niemcy,
- bloków fundamentowych w Centrum IBM Nanotech w Zurychu, Szwajcaria.

Dzięki możliwości kształtowania zbrojenia konstrukcyjnego poprzez obróbkę skrawaniem pręty GFRP świetnie nadają się do elementów, które muszą zostać przewiercone lub przycięte. Takie właściwości są ważne w przypadku drażenia przewodów kanalizacyjnych, tuneli lub innych elementów budownictwa podziemnego, gdzie wykorzystywane są m.in. maszyny typu TBM. W sytuacji gdy na drodze takiej maszyny znajdują się ściany żelbetowe zbrojone tradycyjnie, prace są wstrzymywane, a przeszkoda jest burzona ręcznie. W przypadku gruntów niestabilnych zmniejszone jest bezpieczeństwo pracowników, czas całej budowy zostaje wydłużony oraz zwiększa się koszt inwestycji. Zastosowanie zbrojenia kompozytowego GFRP pozwala więc na przebicie się maszyn przez przeszkodę oraz zwiększenie efektywności prowadzonych prac. Sprawdza się to szczególnie

przy budowie tzw. soft-eyes w ścianach szybu tuneli, ścianach szczelinowych, przy wykonywaniu pali wierconych, kotew szalunkowych oraz tymczasowych budowli betonowych. Przykładami takiego zastosowania według [M2, M3] są:

- tunel pod Martwą Wisłą w Gdańsku, Polska,
- przejście pod portem w Durban, Afryka Południowa,
- tunel bagażowy w terminalu 5 lotniska Heathrow w Londynie, Wielka Brytania,
- tunel kolejowy Liefkenshoek w Antwerpii, Belgia,
- zbrojenie pali fundamentowych w Karlsruhe, Niemcy.

Pręty GFRP nie mają wpływu na organizm człowieka oraz otaczające środowisko. Są nietoksyczne oraz łatwe w utylizacji. Stare bądź zniszczone elementy budowlane są łatwiejsze w rozbiórce i generują mniejszą ilość odpadów niż ich odpowiedniki ze stalowym zbrojeniem. Według [M4] produkcja prętów kompozytowych zużywa ok. 20–30% energii, potrzebnej do wyprodukowania takiej samej ilości stali zbrojeniowej. Możliwość zmniejszenia otuliny prętów zbrojonych włóknami szklanymi oraz wymiarów przekroju konstrukcji budowlanej pozwala na redukcję ilości betonu w elemencie, czego następstwem jest ograniczenie zużycia energii i emisji dwutlenku węgla. Ich szacowana trwałość wynosi od 70–100 lat. Dzięki unikalnym cechom oraz szerokim możliwościom transportu pręty GFRP znajdują zastosowanie również w budownictwie mieszkaniowym. Przykładem tego są m.in. domy jednorodzinne w Bayern i Bad Lippspringe w Niemczech [M2, M3].

4. Podsumowanie

Należy podkreślić niewątpliwe zalety prętów GFRP, do których można zaliczyć: odporność na korozję, brak przewodnictwa elektrycznego i magnetycznego, brak przewodnictwa cieplnego, niski współczynnik rozszerzalności cieplnej wzdłuż włókien, łatwa skrawalność, brak oddziaływania na środowisko, mała gęstość i z tym związany mniejszy ciężar w porównaniu do stali. Zastosowanie ich pozwala na zmniejszenie wymiarów elementów żelbetowych (grubości betonu, wielkości otuliny), zmniejszenia nakładów finansowych na transport i montaż. Aby obiektywnie poddać ocenie właściwości prętów zbrojonych włóknami szklanymi, należy również wskazać ich wady w porównaniu do tradycyjnej stali, którymi według [7] są: brak rezerwy plastycznej, niska wytrzymałość na ścinanie, niski moduł sprężystości, mała odporność na działanie promieniowania UV, niska trwałość włókien szklanych w środowisku wilgotnym i zasadowym, wysoki współczynnik rozszerzalności cieplnej w kierunku poprzecznym do włókien, mogą mieć niską odporność ogniową w zależności od rodzaju żywicy i grubości otuliny betonowej, cena wyższa niż stali. Należy jeszcze zwrócić uwagę, iż przy projektowaniu konstrukcji z wykorzystaniem prętów GFRP (w odróżnieniu



od tradycyjnego stalowego zbrojenia) najpierw trzeba wybrać dostawcę zbrojenia kompozytowego, a dopiero później wykonać obliczenia projektowe z uwagi na różne własności fizyczne (wytrzymałość na rozciąganie, moduł Younga, odkształcalność) prętów podawane przez producentów.

Pręty kompozytowe zbrojone włóknami szklanymi jako materiał nowoczesny mogą stanowić korzystną alternatywę dla tradycyjnego zbrojenia ze stali. Ich ponadprzeciętne właściwości sprawiają, że są one popularyzowane w USA i Kanadzie, a także coraz częściej w krajach Europy – w Niemczech, Austrii, Szwajcarii, Polsce, Belgii, Holandii oraz Wielkiej Brytanii.

Kilka realizacji pokazano na zdjęciach na stronie 24.

BIBLIOGRAFIA

- [1] German J., Podstawy mechaniki kompozytów włóknistych, Politechnika Krakowska, Kraków 2001
- [2] Jarek B, Kubik., The Examination of the Glass Fiber Reinforced Polymer Composite Rods in Terms of the Application for Concrete Reinforcement, Procedia Engineering Volume 108, 2015, Pages 394–401
- [3] Królikowski W., Tworzywa wzmocnione i włókna wzmacniające. Wydawnictwa Naukowo-Techniczne, Warszawa 1988
- [4] Mayer P, Kaczmar J.W., Właściwości i zastosowania włókien węglowych i szklanych, Tworzywa Sztuczne i Chemia Nr 6/2008 s. 52–56
- [5] Serbeńska A., Zbrojenie niemetaliczne w konstrukcjach mostowych [online], [dostęp 14.07.2014], [http://edroga.pl/nawosci-w-bran-](http://edroga.pl/nawosci-w-bran-zy/materiały/1669-zbrojenie-niemetaliczne-w-konstrukcjach-mostowych)

[zy/materiały/1669-zbrojenie-niemetaliczne-w-konstrukcjach-mostowych](http://edroga.pl/nawosci-w-bran-zy/materiały/1669-zbrojenie-niemetaliczne-w-konstrukcjach-mostowych)

[6] Stankiewicz B., Świat włókien w budownictwie, Szkło i Ceramika, rocznik 59, 2/2008, s. 8–12

[7] Szumigala M., Pawłowski D., Zastosowanie kompozytowych prętów zbrojeniowych w konstrukcjach budowlanych, Przegląd Budowlany, 3/2014, s. 47–50

[8] Żuchowska D., Polimery konstrukcyjne. Wydawnictwo Naukowo-Techniczne, Warszawa 1995

WYKORZYSTANE MATERIAŁY

[M1] Katalog firmy Schöck, Schöck ComBAR- Technical Information, Czerwiec 2010

[M2] <http://www.schock.pl/>

[M3] <http://www.schoeck.de/>

[M4] Katalog firmy Armastek, Pręty kompozytowe do zbrojenia betonu. [online], [dostęp 14.04.2015], dostępny w Internecie: <http://www.armastek.com.pl/Ekokompozyt_katalog_25-02-2014.pdf>

[M5] Materiały udostępnione przez firmę Schöck

[M6] Schöck ComBAR, Ogólne dopuszczenie nadzoru budowlanego nr Z-1.6–238, Diet – Niemiecki Instytut Techniki Budowlanej, 22 czerwiec 2011

[M7] Materiały udostępnione przez firmę Biznes- Kontinent

[M8] Katalog firmy H-BAU TECHNIK, FIBERNOX V-ROD. GRP reinforcement for corrosion – free and sustainable structures

II Konferencja Naukowo-techniczna, Opole 25–28 kwietnia 2016 „Zagadnienia inżynierii środowiska w budownictwie”

ORGANIZATORZY KONFERENCJI

Polski Związek Inżynierów i Techników Budownictwa
Oddział w Opolu
Wydział Budownictwa Politechniki Opolskiej
Polskie Zrzeszenie Inżynierów i Techników Sanitarnych
Oddział w Opolu
Opolska Okręgowa Izba Inżynierów Budownictwa
przy współudziale
Oddziału PAN w Katowicach, Komisja Ochrony Środowiska
i Gospodarki Odpadami

KOMITET ORGANIZACYJNY

Przewodniczący: dr inż. Wiesław Baran - Polski Związek Inżynierów i Techników Budownictwa Oddział w Opolu
Członkowie: dr hab. inż. Adam Rak, prof. PO – Opolska Okręgowa Izba Inżynierów Budownictwa, dr inż. Jan Mizera – Oddział PAN w Katowicach, Komisja Ochrony Środowiska i Gospodarki Odpadami, mgr inż. Zenon Mieruszyński – Polskie Zrzeszenie Inżynierów i Techników Sanitarnych Oddział w Opolu
Sekretarz: dr inż. Jan Centkowski - Polski Związek Inżynierów i Techników Budownictwa Oddział w Opolu
Sekretariat: Joanna Wojdak

TEMATYKA KONFERENCJI

Prace naukowe i przeglądowe z dziedziny budownictwa oraz inżynierii i ochrony środowiska z zakresu:

- Budownictwo zrównoważone, oddziaływanie na środowisko
- Inżynieria materiałów budowlanych, zagospodarowanie odpadów w budownictwie
- Projektowanie obiektów budowlanych, w tym rekonstrukcja i odnowa obiektów zabytkowych
- Trwałość i ochrona budynków i budowli, energochłonność w budownictwie, niekonwencjonalne źródła energii
- Innowacyjne technologie budowy i eksploatacji obiektów budowlanych w budownictwie przemysłowym, hydro-technicznym, infrastrukturze komunalnej i transportowej
- Zagadnienia prawno-organizacyjne przygotowania i realizacji przedsięwzięć budowlanych

ADRES KOMITETU ORGANIZACYJNEGO

Politechnika Opolska, Wydział Budownictwa
z dopiskiem: Konferencja PZITB - 2016
ul. Katowicka 48, 45-061 Opole
tel. +48 77 449 8575
email: konferencjapzitb2016@po.opole.pl
www: <http://www.kisipb.po.opole.pl>
(zakładka Konferencja PZITB – 2016)