

Posadzki na palach wykonane z betonu zbrojonego włóknami stalowymi

Rewolucyjne włókna stalowe Dramix® 4D i 5D

W przypadku, gdy warunki gruntowe nie są wystarczająco stabilne, posadzka przemysłowa powinna być posadowiona na palach. Staje się wówczas elementem konstrukcyjnym, bardziej skomplikowanym i droższym od zwykłej posadzki posadowionej na gruncie. Opracowane w ostatnich latach przez firmę Bekaert nowe włókna stalowe Dramix® 4D i 5D, przeznaczone na główne zbrojenie betonowych posadzek na palach sprawiają, że rozwiązanie to jest efektywne, ekonomiczne i łatwe w wykonaniu.



Posadzki na palach jako zastosowanie konstrukcyjne włókien stalowych

Przemysłowa, betonowa posadzka na palach jest konstrukcją wspartą na palach wbijanych w ziemię w regularnej, jeśli to możliwe kwadratowej, siatce od 2 x 2 m do 5 x 5 m. W miarę upływu czasu grunt pod posadzką osiada i po jakimś czasie płyta jest podparta tylko na palach. Zachowuje się ona jak niezależny element konstrukcyjny, czyli nie jest połączona ani z palami, ani z konstrukcją budynku. Posadzka może być wykonana jako bezszwowa (bez żadnych dylatacji) lub bezspoinowa (z dyblowanymi dylatacjami konstrukcyjnymi i polami roboczymi o rozpiętości do 50 m).

Dramix® 4D i 5D – włókna stalowe o ultrawysokiej efektywności

Po latach intensywnych badań Bekaert odkrył nowe zachowanie się włókien stalowych w betonie, co zapoczątkowało rewolucyjne spojrzenie na ten materiał. W wyniku tego, w 2012 r. firma ta wprowadziła na rynek **dwie nowe rodziny włókien stalowych: Dramix® 4D i Dramix® 5D**, opracowane w celu zoptymalizowania efektywności mechanicznej włókien w betonie. Włókna 4D zaprojektowano przede wszystkim do współpracy z tradycyjnym zbrojeniem w celu aktywnego kontrolowania powstawania rys w granicznym stanie użytkowalności, a włókna 5D – do przejmowania

bardzo dużych momentów zginających w granicznym stanie nośności.

Sposób kotwienia włókien w betonie, wytrzymałość stali na rozciąganie i jej ciągliwość są trzema zasadniczymi parametrami określającymi efektywność włókien stalowych. **Zakotwienie włókien** kontroluje ich wyciąganie z betonu w chwili pojawienia się rys. Im bardziej końcówka kotwiąca jest rozwinięta, tym większy jest opór włókna przed wyciągnięciem. Każda rodzina włókien Dramix® ma inny kształt kotwienia, co obrazuje fotografia 1. Włókna 5D mają końcówkę kotwiącą dwa razy mocniejszą niż włókna 3D.

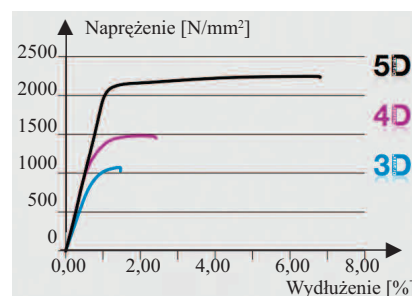


Fot. 1. Rodziny włókien Dramix® 5D, 4D i 3D

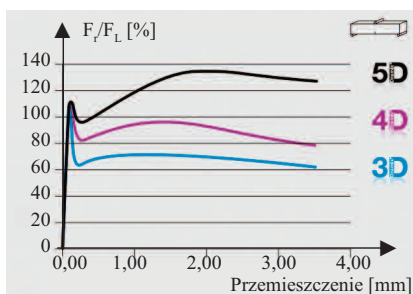
W związku z tym, że mocniejsze kotwienie włókien powoduje ich większą odporność na wyciąganie, wytrzymałość drutu musi być odpowiednio dobrana, aby uniknąć jego zerwania. Z tego powodu wytrzymałość stali, z jakiej są wykonane włókna 4D, wynosi 1500 MPa, a wytrzymałość stali włókien 5D nawet 2300 MPa! I ostatnia rzecz: **ciągliwość drutu**. Ma ona najistotniejsze znaczenie, jeśli chodzi o wpływ włókien na wytrzymałość betonu. Jeśli dzięki końcówkom kotwiącym nastąpi prawie perfek-

cyjne zakotwienie włókien w betonie, co ma miejsce w przypadku włókien Dramix® 5D, ich wyciąganie następuje w bardzo małym stopniu. Aby uzyskać plastyczny beton z włóknami stalowymi, drut musi być wykonany z bardzo odkształcalnej stali. W przypadku włókien 5D, wydłużenie jednostkowe drutu osiąga 7%. Różnice między jakością stali poszczególnych rodzin włókien pokazano na rysunku 1.

Wytrzymałość na rozciąganie, zdolność do wydłużenia i kształt końcówek kotwiących nie wskazują bezpośrednio, jaki wpływ mają włókna stalowe na wytrzymałość betonu. Dopiero normowe badanie fibrobetonu na belce zginanej pokazuje idealnie różnice wytrzymałości. Badanie porównujące włókna Dramix® 3D, 4D i 5D o tej samej długości i tej samej smukłości oraz dodane do betonu o tych samych właściwościach jasno pokazują różnice w wytrzymałości fibrobetonu (rysunek 2). Zachowanie się włókien Dramix® jest nazywa-



Rys. 1. Rozciąganie stali, z której są wykonane włókna stalowe Dramix® 3D, 4D i 5D



Rys. 2. Wytrzymałość betonu z dodatkami włókien stальных Dramix® 3D, 4D i 5D; gdzie: F_r – wytrzymałość resztkowa fibrobetonu na zginanie po pierwszym zarysowaniu; F_L – wytrzymałość fibrobetonu na zginanie przy pojawieniu się pierwszej rysy

ne „wzmocnieniem przy zginaniu”, ponieważ resztkowa wytrzymałość na zginanie osiąga wartość wyższą niż resztkowa wytrzymałość przy pierwszej rysie betonu niezbrojonego. To zachowanie jest podobne do zachowania się betonu zbrojonego tradycyjnie w stanie zginania. Pozwala zaprojektować posadzkę na palach zbrojoną tylko włóknami 5D, bez dodatkowego zbrojenia siatkami stalowymi.

Zasady wymiarowania – historia i terażniejszość

W przeszłości wykonywano posadzki na palach zbrojone włóknami stalowymi, ale zawsze w kombinacji ze zbrojeniem tradycyjnym. Oto dwie koncepcje zastosowania hybrydowego zbrojenia (włókna stalowe + siatki/pręty stalowe) w projektowaniu posadzek na palach:

- **koncepcja Brunswick**, zakładająca miejscowe zbrojenie posadzki wzdłuż osi pali;
- **koncepcja holenderska**, zakładająca miejscowe zbrojenie nad palami.

W każdej posadzce na palach największe momenty zginające pojawiają się nad palami. Natura tych momentów nie pozwala użyć klasycznych włókien stальных, tj. z podwójnym wygięciem końcówek kotwiących (takich jakie mają włókna 3D), ponieważ wykazują osłabienie przy zginaniu pod wpływem izostacyjnych warunków zginających. Dzięki wynalazieniu włókien 5D i ich zdolności do wzmocnienia betonu przy zginaniu, można wyeliminować zbrojenie tradycyjne wzdłuż osi pali i nad palami. W przypadku szczególnych wymagań inwestora, dotyczących szerokości rys (np. konstrukcja wodoszczelna) lub

gdymogą występować dylatacje dyblowane, preferowanym rozwiązaniem posadzek są włókna Dramix® 4D w połączeniu z ciągłą siatką stalową w górnej części przekroju płyty. Synergia siatki stalowej i włókien stальных Dramix® 4D, optymalnie kontrolujących szerokość rys, jest również najbardziej ekonomicznym rozwiązaniem takiej posadzki.

Projekt referencyjny

Projekt Thales w Hengelo (Holandia) może być ciekawym projektem referencyjnym posadzki na palach, ponieważ zawiera obie koncepcje. Jedną część jest wykonana jako posadzka wodoszczelna (fotografia 2), a druga część jako posadzka bezspoinowa zbrojona tylko włóknami stalowymi o rozpiętości pola roboczego do 40 m (fotografia 3). Obie posadzki mają powierzchnię 2000 m². Pale zostały wykonane w rozstawie



Fot. 2. Układanie wodoszczelnej posadzki na palach; zbrojenie Dramix® 4D 65/60BG w ilości 30 kg/m³ i siatka stalowa ø8, 150 x 150 mm na całej powierzchni, beton C28/35, grubość 180 mm



Fot. 3. Układanie bezspoinowej posadzki na palach; zbrojenie Dramix® 5D 65/60BG w ilości 30 kg/m³, beton C28/35, grubość 180 mm

2,4 x 2,4 m, a ich średnica wynosiła 18 cm. Posadzkę wodoszczelną zwymiarowano na obciążenie równomierne 25 kN/m² i rysy średniej szerokości 0,25 mm. Bekaert zaproponował ekonomiczne rozwiązanie: grubość posadzki 180 mm, beton klasy C28/35 z dodatkami włókien Dramix® 4D 65/60BG w ilości 30 kg/m³ i siatką stalową

ø8, 150 x 150 mm w górnej części przekroju na całej powierzchni płyty. Posadzka bezspoinowa na palach została zwymiarowana dla obciążenia równomiernego 25 kN/m², a szerokość rys ograniczona dylatacjami konstrukcyjnymi (z profilami stalowymi i systemem dyblującym). Bekaert zaproponował posadzkę o grubości 180 mm z betonu C28/35 z dodatkami włókien Dramix® 5D 65/60BG w ilości 30 kg/m³ i tak wykonana płyta spełniła wymagania inwestora.

Zalety fibrobetonowych posadzek przemysłowych na palach

Konstrukcje posadzek na palach są projektowane w sposób wiarygodny i rzetelny, tj. całkowicie zgodnie z odpowiednimi normami. Poza tym mają również inne zalety. Najbardziej oczywista jest ich **ekonomiczność** uzyskana dzięki optymalnemu wymiarowaniu, w wyniku którego koszt materiałów jest mniejszy niż w tradycyjnym rozwiązaniu, a także skraca się czas wykonania. W przypadku bezspoinowej posadzki na palach, zaprojektowanej wyłącznie z włóknami stalowymi Dramix® 5D, można sobie wyobrazić, ile czasu zaoszczędzimy, jeśli podłoże nie jest w ogóle wzmocniane. Te prace mogą być całkowicie wyeliminowane, ponieważ nie ma tradycyjnego zbrojenia. Oznacza to łatwiejszą logistykę na miejscu budowy i krótszy czas wznoszenia budowli. W przypadku wodoszczelnych posadzek na palach stosuje się rozwiązanie hybrydowe, czyli połączenie włókien stальных i siatki stalowej z małym rozstawem prętów. Ponadto, wszystkie rozwiązania z włóknami stalowymi zmniejszają liczbę ludzkich błędów, są ergonomiczne i bezpieczne w użyciu oraz dostosowane do potrzeb klienta.

Potrzebujesz więcej informacji? Skontaktuj się z nami.

*mgr inż. Steven Pouillon
Szef Techniczny Dramix®*



tel. 22/851 41 63; www.bekaert.com