

MGR INŻ. BARBARA DYMIDZIUK

Bekaert Poland Sp. z o.o.

# FIBROBETONOWE posadzki bezspoinowe – cz. II

Fibrobetonowa posadzka bezspoinowa niekiedy przysparza poważnych problemów eksploatacyjnych. Kontynuujemy temat rozpoczęty w numerze 1/2010 „Nowoczesnych Hal”.



**P**orównajmy dwa typy włókien, różniące się od siebie smukłością (tab. 1 w części I):

- włókno 50/1: długość = 50 mm, średnica = 1 mm, smukłość = 50,
  - włókno 60/0,75: długość = 60 mm, średnica = 0,75 mm, smukłość = 80.
- Można łatwo zauważyć, jak smukłość wpływa na ich efektywną pracę w betonie. Fibrobeton zbrojony włóknami 50/1 w ilości 40 kg/m<sup>3</sup> ma 124 000 szt. włókien w m<sup>3</sup> betonu, których łączna długość wynosi 6200 m. Włókna 60/0,75 dodane do betonu w ilości 25 kg/m<sup>3</sup> mają łączną długość 7200 m, mimo że jest ich o 4000 mniej niż włókien 50/1 w m<sup>3</sup> betonu. Zatem mimo że włókien o smukłości 80 jest mniej o 15 kg/m<sup>3</sup> niż włókien o smukłości 50, mamy o cały kilometr więcej drutu w m<sup>3</sup> betonu chroniącego go przed zarysowaniem. Również wytrzymałość równoważna  $f_{eq,150}$  fibrobetonu z 25 kg/m<sup>3</sup> włókien 60/0,75 jest

dużo wyższa niż z włóknami 50/1. Dla betonu klasy C25/30 i 25 kg/m<sup>3</sup> włókien 60/0,75 wynosi 2,7 MPa, a dla tego samego betonu z 40 kg/m<sup>3</sup> włókien 50/1 wynosi tylko 2,2 MPa. Dlatego do zbrojenia posadzek bezspoinowych należy wybierać takie włókno z takim dozowaniem, aby łączna długość wszystkich włókien w m<sup>3</sup> betonu była jak najdłuższa, a wytrzymałość równoważna miała jak najwyższą wartość. Nie powinno się sugerować liczbą włókien w m<sup>3</sup> betonu, ponieważ, jak widać to w tab. 1, liczba włókien mniej smukłych może być większa niż włókien o większej smukłości, ale ich łączna długość dużo mniejsza, a wartość wytrzymałości równoważnej  $f_{eq,150}$  niższa.

## Włókna stalowe klejone w pasma oraz powlekane cynkiem

Niektórzy producenci włókien oferują włókna stalowe klejone w pasma. Zapobiega to zbijaniu się włókien w kule,

potocznie zwane „jeżami”, i zapewnią równomierne ich rozprowadzenie w mieszance betonowej. Pojawienie się takiego „jeża” w mieszance betonowej powoduje, że przy jej układaniu „jeż” jest usuwany i zamiast 30 kg włókien w m<sup>3</sup> betonu możemy mieć tylko 25 albo jeszcze mniej. Ponadto po wyjęciu do „jeża” z mieszanki w miejscu, w którym był, pozostaje beton pozbawiony zbrojenia. Każdy ubytek ilości włókien, a zwłaszcza miejscowy, naraża posadzkę na spękanie, nawet jeśli nie pojawi się w tym miejscu obciążenie. Dlatego, dokładne i równomierne wymieszanie włókien w mieszance betonowej, bez utraty jakiegokolwiek ilości włókien, jest warunkiem koniecznym otrzymania posadzki bezspoinowej wolnej od spękań. Na rynku dostępne są również włókna powlekane warstwą cynku. Włókna ocynkowane nie pozostawiają rdzawych przebarwień (rdza z włókien poza przebarwieniami nie powoduje żadnych uszkodzeń nawierzchni posadzki) na powierzchni posadzki. Jeżeli takie przebarwienia z powodów użytkowych posadzki są niepożądane (np. w zakładzie wytwarzającym żywność), można zastosować włókna ocynkowane.

### Od czego zależy ilość włókien dodawanych do betonu?

Ilość włókien dodawanych do betonu dla posadzek bezspoinowych zależy od smukłości włókna, wielkości obciążeń, nośności podłoża i wielkości pola roboczego. Im większe pole robocze, tym więcej włókien należy dodać do betonu. Minimalne ilości włókien zależą od klasy smukłości włókien i wytrzymałości równoważnej  $f_{eq,150}$ . Nie ma więc jednego określonego minimalnego dozowania dla wszystkich typów włókien. Nominalny objętościowy udział włókien o długości 50 mm i średnicy 1 mm w fibrobetonie  $V_f$  powinien wynosić 0,5%. Ze wzoru

$$V_f = \frac{W_f}{\rho_f} = \frac{W_f}{7850}$$

gdzie  $W_f$  oznacza dozowanie włókien w kg/m<sup>3</sup>,  $\rho_f$  – gęstość stali w kg/m<sup>3</sup>, można obliczyć wymagane dozowanie włókien. Dla  $V_f = 0,005$ , czyli 0,5%, dozowanie wynosi ok. 39 kg włókien

na 1 m<sup>3</sup> mieszanki betonowej. Dla włókien o długości 60 mm i średnicy 0,75 mm to dozowanie wynosi 24 kg/m<sup>3</sup>, a dla włókien o długości 60 mm i średnicy 0,90 mm wynosi 30 kg/m<sup>3</sup>.

### Wpływ włókien na spękanie posadzek

Rodzaj i typ włókien stosowanych do zbrojenia posadzek bezspoinowych ma bezpośredni wpływ na spękanie posadzki. Bardzo ważne jest stosowanie włókien o potwierdzonej jakości, dla których wytrzymałość równoważna  $f_{eq,150}$  została zbadana laboratoryjnie na odpowiedniej maszynie (maszyna o odpowiedniej sztywności, mierząca obciążenie w funkcji ugięcia), a producent włókien udziela gwarancji jakości. Poza włóknami stalowymi posadzki bezspoinowe należy dobroić dodatkowo siatkami lub/i prętami stalowymi w miejscach krytycznych, tj. tam, gdzie płyta posadzkowa ma tendencje do pęknięcia. Są to takie miejsca, jak: słupy, doki, naroża. Każdy producent włókien stalowych powinien również podać określone wytrzymałości równoważne fibrobetonowi  $f_{eq,150}$  z jego włóknami, dla różnych klas betonów i różnych ich dozowań oraz udostępniać je na każde życzenie inwestorów, wykonawców i projektantów. Bez znajomości wytrzymałości równoważnej fibrobetonu  $f_{eq,150}$  ze znaną liczbą kg w m<sup>3</sup> betonu nie można w żaden sposób zaprojektować nie tylko posadzki bezspoinowej, ale także każdej innej zbrojonej włóknami stalowymi.

### Od czego zależy wybór klasy betonu?

Jak wiadomo z podręczników dotyczących konstrukcji żelbetowych, dobra współpraca betonu i stali możliwa jest dzięki występowaniu zjawiska przyczepności zbrojenia do betonu. Przyczepność zależy od wielu czynników, m.in. od klasy betonu i jego wieku. Im wyższa klasa betonu i starszy beton, tym lepsza przyczepność zbrojenia stalowego do betonu. Dotyczy to również zbrojenia rozproszonego w postaci włókien stalowych. Wybór klasy betonu do posadzek przemysłowych zależy również od wymagań użytkowych posadzki, którymi są odporność na ścieranie i spękania. Beton o niskiej wytrzymałości będzie podatny na ścieranie, natomiast beton o wysokiej wytrzymałości, a więc

o dużej zawartości cementu, będzie charakteryzował się dużym skurczem. Zatem wybór właściwej klasy betonu jest kompromisem między otrzymaniem betonu odpornego na ścieranie i betonu o ograniczonej skurczliwości. W przypadku posadzek bezspoinowych beton o klasie co najmniej C25/30 jest w stanie zapewnić wymaganą wartość sił przyczepności włókien stalowych do betonu, pozwalających na pełne wykorzystanie efektywności włókien stalowych i osiągnięcie przez fibrobeton wymaganych właściwości mechanicznych i użytkowych (odporność na ścieranie i pęknięcie). Wartość wskaźnika w/c powinna się mieścić w granicach 0,48÷0,50. Dodanie do mieszanki betonowej włókien stalowych bardzo często wymusza zastosowanie plastyfikatorów, a nawet superplastyfikatorów, aby otrzymać odpowiednią konsystencję i urabialność mieszanki fibrobetonowej.

Ponieważ beton osiąga w pełni swoją projektowaną wytrzymałość po 28 dniach, posadzkę należy obciążać stopniowo, zaczynając dopiero po dwóch tygodniach od chwili ułożenia betonu, tj. gdy beton osiągnie pewien poziom swoich właściwości mechanicznych. Po dwóch tygodniach przyłożone obciążenie nie powinno przekroczyć wartości równej 40% obciążenia projektowego. Po 25 dniach od dnia ułożenia betonu można obciążenie zwiększyć do 60% projektowanego. Jednakże, z uwagi na pielęgnację betonu, która powinna się odbywać przez 4 tygodnie, wskazane jest, aby posadzkę obciążać dopiero po zakończonej pielęgnacji, czyli po 28 dniach.

### Od czego zależy rozstaw dylatacji?

Rozstaw dylatacji konstrukcyjnych zależy od kształtu hali, rozstawu słupów i od możliwości technologicznych wykonawcy. Nie ma ograniczeń konstrukcyjnych co do wielkości pola roboczego. Jedynym ograniczeniem są możliwości wykonawcy ułożenia tego pola w czasie jednego dnia roboczego, przy czym chodzi tu również o możliwości nieprzerwanego dostarczenia mieszanki betonowej i typu zbrojenia rozproszonego mającego możliwość kompensowania naprężeń powstających w betonie. Należy jednak pamiętać, że stosunek boków pola roboczego powinien być mniejszy ▶

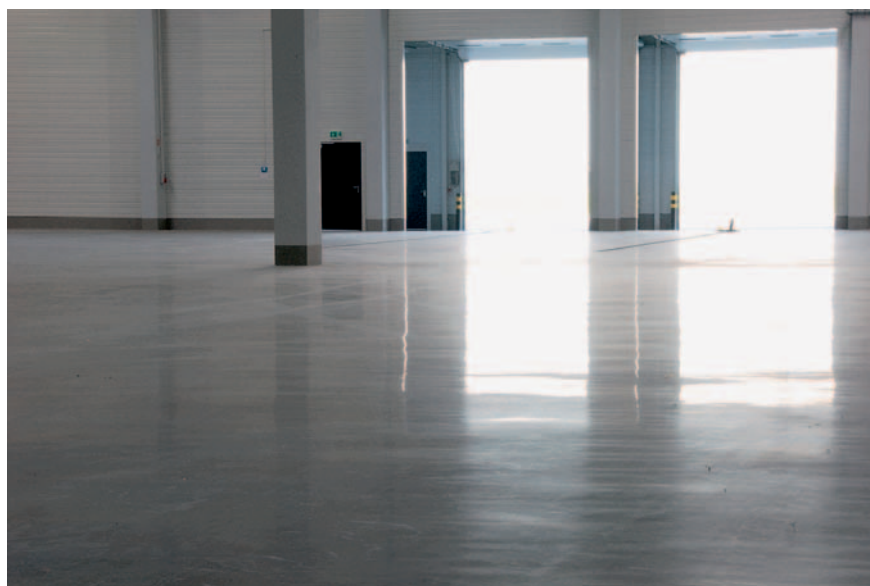
▷ niż 1,5, aby kształt pola roboczego był zbliżony do kwadratu. Zazwyczaj rozmiar pola roboczego wynosi 1000-1600 m<sup>2</sup>, ale wykonuje się również pola o wielkości 2500 m<sup>2</sup>. Grubość płyty posadzkowej jest zawsze określana na podstawie obliczeń statycznych i zależy od: nośności podłoża, rozstawu dylatacji konstrukcyjnych, wielkości obciążeń, typu zastosowanego zbrojenia rozproszonego oraz wymagań użytkowych płyty posadzkowej. Grubość posadzki bezspoinowej powinna wynosić co najmniej 18 cm, nawet jeśli z obliczeń statycznych otrzymujemy wartość mniejszą. Grubość ta wynika z wymagań dotyczących sztywności płyty posadzkowej, tj. stosunku jej grubości do wymiarów pola roboczego. Brak sztywności płyty przyczynia się do paczenia krawędzi konstrukcyjnych, a to w konsekwencji prowadzi do ich spękania.

### Posadzki „pływające”

Posadzki bezspoinowe posadowione na gruncie wykonuje się jako tzw. posadzki pływające. Określenie „pływające” oznacza, że posadzka jest całkowicie odizolowana od konstrukcji budowlanej (tj. od ścian, fundamentów i podbudowy) i może swobodnie się przesuwać. Jakikolwiek połączenie posadzki z konstrukcją budynku generuje niepożądane naprężenia w posadzce. Odizolowanie jej od konstrukcji budynku eliminuje te naprężenia. Dla zapewnienia niezawodnego poślizgu dla płyty posadzkowej należy ułożyć dwie warstwy folii budowlanej o grubości co najmniej 0,2 mm. W przypadku warstwy izolacji termicznej ułożonej na podbudowie folia jest układana na izolacji, bezpośrednio pod płytą posadzkową. Podłoże gruntowe musi spełniać dokładnie takie same wymagania, jak podłoże pod każdą inną posadzkę.

### Właściwości fibrobetonowych posadzek bezspoinowych

Fibrobetonowe posadzki bezspoinowe wykonane według wyżej wymienionych zaleceń zazwyczaj nie pękają. Niekiedy jednak mogą pojawić się rysy mimo przestrzegania wszystkich zasad prawidłowego wykonania. Jeśli zostanie zastosowany beton z włókna-  
mi stalowymi o wysokiej efektywności,



mogą pojawić się rysy o rozwartości od 0,3 mm do 0,5 mm. Takie rysy nie pogarszają funkcjonowania posadzki, jest ona nadal zdatna do użytku i trwała, o ile nie zostaną jej postawione jakieś inne wyjątkowe wymagania. Występowanie rys włoskowatych na powierzchni posadzki jest zjawiskiem powszechnym. Rysy włoskowate pojawiają się nie tylko na powierzchniach posadzek bezspoinowych, ale także na powierzchniach posadzek z dylatacjami ciętymi, niezależnie od rodzaju zastosowanego zbrojenia, tj. włókien stalowych lub siatek stalowych. Rysy włoskowate powstają w wyniku nierównomiernego skurczu betonu przy powierzchni płyty w stosunku do pozostałej części posadzki. Mechanizm powstawania rys włoskowatych nie jest do końca poznany i dlatego nie można zaproponować skutecznych środków zapobiegających temu zjawisku. Zarysowania włoskowate nie są jednak zagrożeniem dla konstrukcji posadzki lub jej właściwości użytkowych, mają jedynie wpływ na estetykę posadzki. Dlatego, jeśli ich występowanie w posadzce nie jest z jakiś powodów pożądanym, można powierzchnię pomalować lub pokryć warstwą żywicy. Posadzki bezspoinowe wymagają dokładnego wykonania, szczegółowego opracowania detali konstrukcji, użycia prawidłowych materiałów i sumiennej pielęgnacji betonu. Skurcz betonu wymusza bezwzględne przestrzeganie zasad sztuki budowlanej, również

bardzo dokładnej pielęgnacji betonu. Przygotowanie równej podbudowy, zastosowanie podwójnej warstwy poślizgowej, wysokoefektywnych włókien stalowych, betonu o odpowiednim w/c, profili stalowych i dokładne opracowanie innych detali są warunkami koniecznymi do spełnienia, aby wykonać posadzkę bezspoinową wolną od usterek. Przerwy w dostawie mieszanki betonowej, niedostateczna jakość betonu i włókien czy zaniedbania w pielęgnacji betonu mogą zniweczyć wszystkie wysiłki i koszty poniesione w czasie wykonywania posadzki i w rezultacie otrzymuje się posadzkę, która sama się zdylatowała. □

### Piśmiennictwo

1. Glinicki M.A.: *Ocena i projektowanie fibrobetonów na podstawie wytrzymałości równoważnej*. „Drogi i Mosty”, 2002, 3.
2. Glinicki M.A., Chibowski T.: *Fibrobetonowe posadzki bezspoinowe*. Seminarium Podłogi Przemysłowe, 2009.
3. Jamróży Z.: *Beton i jego Technologie*. Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa – Kraków 2000.
4. Concrete Industrial Ground Floors – *A Guide to their Design and Construction*. Concrete Society Technical Report 34, second edition, 1994.
5. Japan Standard JCI SF-4.
6. PN-EN 14845-2: *Metody badania włókien w betonie. Część 2: Efekt oddziaływania na beton*.
7. PN-EN 14845-1: *Metody badania włókien w betonie. Część 1: Betony wzorcowe*.
8. PN-EN 14889-1: *Włókna do betonu. Część 1: Włókna stalowe. Definicje, wymagania i zgodność*.