

ale włókna usytuowane w poprzek rysy pozwalają nadal przenosić pewne naprężenie rozciągające pomiędzy jej krawędziami;

- poziom siły odpowiadającej końcowemu, praktycznie poziomemu odcinkowi krzywej, zależy w przypadku danego rodzaju betonu od liczby włókien i zwiększa się wraz ze wzrostem tej liczby.

Włókna nadają betonowi resztkową wytrzymałość na rozciąganie, tzn. pewną zdolność do przenoszenia obciążenia rozciągającego z jednej krawędzi rysy na drugą. W pewnym sensie włókna można uważać za zbrojenie rozproszone nadające betonowi odporność na naprężenie rozciągające, nawet w warunkach zarysowania.

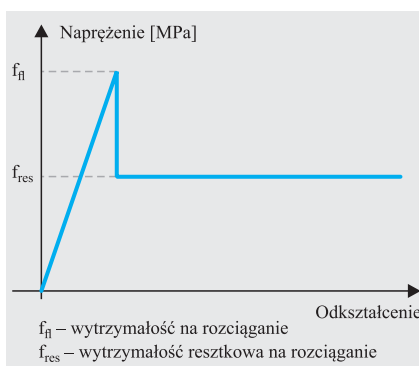
RUREDIL X FLOOR DESIGN

Dział Zarządzania Technicznego firmy Ruredil opracował program obliczeniowy służący do projektowania posadzek układanych na gruncie, którego celem jest wyeliminowanie konieczności stosowania siatek zgrzewanych i włókien metalowych.

Program RXF54 Design oblicza zawartość włókien Ruredil RXF54 niezbędną do wykonania posadzki betonowej, po ustaleniu wartości różnych zmiennych: grubości posadzki; modułu reakcji podłoża; powierzchni nacisku, klasy betonu i obciążenia. Do obliczenia liczby włókien koniecznej przy danej grubości wykorzystuje się teorię linii załomów. Grubość i dozowanie włókien wyznacza się w celu zapewnienia, że górna powierzchnia betonowej posadzki nie ulegnie zarysowaniu przy maksymalnym momencie ujemnym.

Zależność naprężenie-odkształcenie betonu zbrojonego włóknami przedstawiono na rysunku 2, gdzie f_{ct} jest wytrzymałością betonu na naprężenie rozciągające (niezależnie od dozowania włókien zastosowanego w badaniu), a wytrzymałość resztkowa f_{res} jest spowodowana obecnością włókien krzyżujących się z rysą i umożliwiającą przenoszenie naprężenia rozciągającego przez rysę. Wytrzymałość resztkowa zależy od klasy betonu (R_{ck}) oraz zawartości i rodzaju włókien (V_f).

Zależność $f = f_{res}(R_{ck}, V_f)$ została wyznaczona na podstawie wyników eksperymentów przeprowadzanych przy różnej zawartości włókien Ruredil



Rys. 2. Relacja konstytutywna obecności włókna w betonie poddawanych rozciąganiu przy zginaniu

RXF54 i różnych klasach betonu. Badanie wykonano w laboratorium Działu Inżynierii Materiałów Konstruktacyjnych firmy Ruredil wg metod zalecanych w normach EN 14889 (część 1 i 2) z 2006 r. i zweryfikowano przez eksperymenty przeprowadzone przez zewnętrzną instytucję certyfikującą.

Wyniki eksperymentów pozwoliły sklasyfikować beton zbrojony włóknami i wyznaczyć zależność wytrzymałości resztkowej od zawartości włókien. Dane te zastosowano następnie w algorytmie programu obliczeniowego RXF Floor Design, który pozwala projektować bezpieczne posadzki. Jest także zgodny z wymaganiami metody obliczeniowej dotyczącej posadzek przemysłowych o sztywno-plastycznym zachowaniu i najnowszymi normami dotyczącymi betonów zbrojonych włóknami.

Porównanie wyników projektowania betonowych posadzek wg modelu Westergaarda i teorii linii załomów

Teoria klasyczna. Przy obliczaniu grubości płyty w obszarze sprężystym, wytrzymałość betonu na rozciąganie traktuje się jako jedyną cechę wytrzymałościową. Maksymalne naprężenie rozciągające oblicza się, stosując model Westergaarda, tzn. teorię płyt spoczywających na sprężystym gruncie (podłoże Winklera). Na podstawie tego modelu posadzka powinna być wymiarowana tak, aby była odporna na dominujące naprężenie zginające bez zarysowania, niezależnie od obecności zbrojenia. Reakcja podłoża Winklera na przyłożone obciążenie jest proporcjonalna do przemieszczenia (ugięcia) posadzki.

Maksymalne naprężenie rozciągające (σ), powodowane przez obciążenia działające na płytę posadzkową, powinno być we wszystkich miejscach mniejsze niż wytrzymałość na rozciąganie przy zginaniu przewidziana w projekcie (f_{ctd}). W przypadku obciążenia skupionego, maksymalne naprężenie rozciągające (σ) powodowane przez podporę w środku płyty betonowej wynosi:

$$\sigma = 1,264 P/h^2(\log(R/b) + 0,267)$$

gdzie:

P – obciążenie pionowe [N];
h – grubość płyty [mm];
E – moduł sprężystości betonu [N/mm²];
k – moduł reakcji podłoża [N/mm³];

$$b = \sqrt{(1,6a^2 + h^2 + 0,675h)}$$

$$\text{dla } a \geq 1,724h$$

$$b = a \text{ dla } a < 1,724h$$

b = teoretyczny promień obszaru nacisku [mm];

$$a = (A/\pi)^{1/2}$$

gdzie:

a – rzeczywisty promień działania obciążenia;
A – rzeczywista powierzchnia, na którą działa obciążenie

$$R = \sqrt[4]{E \cdot h^3 / 12(1 - \mu^2) \cdot k}$$

gdzie:

R – promień względnej sztywności płyty;
 μ – współczynnik Poissona.

Weryfikacja posadzki polega na sprawdzeniu warunku:

$$\sigma \leq f_{ctd}$$

Jeżeli ten warunek nie jest spełniony, można odpowiednio dostosować grubość posadzki h, moduł podłoża (k) lub klasę betonu. Przykładowo zrobiono obliczenia w przypadku następujących danych projektowych:

- P = 120 kN/4 = 30,00 kN – obciążenie na jedno koło;

- Q = P · γ = 45,00 kN – obciążenie obliczeniowe;

- γ = 1,5 – współczynnik bezpieczeństwa;

- h = 250 mm – grubość posadzki;

- R_{ck} = 30 MPa – klasa betonu;

- k = 0,06 N/mm³ – moduł reakcji podłoża;

- D = 30 cm – średnica obszaru nacisku (od dwóch kół).

Wynika z nich, że jeżeli naprężenie w betonie wywołane rozciąganiem przy zginaniu nie przekracza 1,37 N/mm², to posadzka niezbrojona może przeniesić na podłoże obciążenie 78,93 kN.

Program RXF Floor Design (z wykorzystaniem teorii linii załomów). Zachowując grubość 25 cm i stosując włókna w ilości 1,5 kg/m³, przy niezmiennych pozostałych parametrach, moż-