

dr inż. Michał Musiał*
dr inż. Dariusz Styś*

Posadzki przemysłowe ze zbrojeniem zwykłym lub/i rozproszonym

Industrial ground floors with steel rebars or/and fibres

Streszczenie. W artykule porównano posadzki betonowe zbrojone prętami lub/i włóknami stalowymi oraz wskazano zakres ich stosowania. Na podstawie własnych doświadczeń opisano typowe defekty.

Słowa kluczowe: beton zbrojony, fibrobeton, posadzka.

Abstract. In the paper concrete ground floors reinforced with steel rebars or/and fibres were compared. The range of their application was specified. On the basis of own experiences typical defects were described.

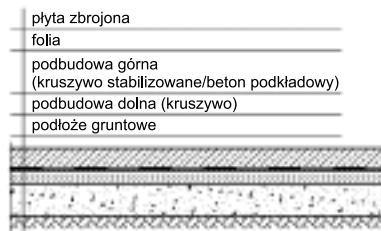
Keywords: fibre-reinforced concrete, ground floor, reinforced concrete.

Istotnym elementem obiektów przemysłowych są posadzki. Oprócz funkcji nośnej (przekazywania obciążeń użytkowych na grunt) powinny wykazywać się odpornością na agresję chemiczną, ścieranie, uderzenia, pylenie, niską i podwyższoną temperaturę. Czasem oczekuje się od nich właściwości antypoślizgowych, antyelektrostatycznych, estetyki bądź łatwości utrzymania w czystości. Zwykle posadzki wykonywane są w ramach końcowych etapów inwestycji. W perspektywie kończącej się środków finansowych stwarza to zagrożenie stosowania rozwiązań tańszych (zamiennych), które nie spełniają założeń projektu. Ponadto wielu użytkowników nie jest świadomych tego, że obciążenia, jakie można przyłożyć do posadzki (jako elementu spoczywającego na podbudowie bądź podłożu gruntowym), są ograniczone. Symptomy awarii posadzek przemysłowych nie budzą tak dużych emocji jak awarie innych elementów nośnych. Powoduje to opieszałość w podejmowaniu interwencji.

Projektowanie i wykonawstwo posadzek przemysłowych

Najczęściej stosowanym obecnie rozwiązaniem jest tzw. posadzka pływająca (rysunek 1), wykonywana na warstwie poślizgowej (np. z folii polietylenowej). Warstwa poślizgowa umożliwia przemieszczanie się poziome płyty posadzki w wyniku skurczu i pęcznienia betonu oraz zmiany temperatury. Ponadto pełni rolę izolacji wodnej oddzielającej posadzkę od podłoża.

Podłoże gruntowe stanowi odpowiednio zagęszczony rodzimy piasek lub pospółka. Korzystnie jest wykonać podbudowę dolną (zwykle grubości ok. 30 cm) z zagęszczanego warstwami kruszywa różnoziarnistego. W podbudowie górnej (grubości min. 10 cm) należy zastosować stabilizację kruszywa cementem lub wykonać ją z betonu podkładowego.



Rys. 1. Schemat posadzki pływającej

Jedną z najpopularniejszych metod projektowania posadzek, opartą na teorii Westergarda [1], umożliwia określenie sił przekrojowych lub naprężeń w płycie spoczywającej na podłożu sprężystym. Podstawowym parametrem uwzględniającym interakcję konstrukcji z podłożem jest tzw. moduł reakcji podłoża. Zwykle określa się go na podstawie pomiaru osiadań podbudowy pod obciążeniem płyty wzorcowej (metoda VSS). W projektowaniu posadzek stosowana jest też metoda linii załomów, która polega na analizie płyty w stanie plastycznym, przy założonym (hipotetycznym) mechanizmie zniszczenia. W zależności od działającego obciążenia wprowadzane są do schematu przeguby-załomy plastyczne w postaci odcinków prostych oraz tzw. wachlarzy (pod obciążeniami skupionymi). Ze względu na złożoność zagadnienia projektowania posadzek

wykorzystywane są także metody oparte na nomogramach oraz numeryczne.

Istotną rolę w posadzkach odgrywają dylatacje. Wykonuje się je, aby uwolnić naprężenia rozciągające będące następstwem skurczu oraz temperatury, bądź aby oddzielić obszary o zróżnicowanych przemieszczeniach i/lub obciążeniach. Dylatacje formowane są przez całą wysokość płyty lub wymuszane nacinaaniem 1/4 + 1/3 grubości płyty. Oprócz dylatacji konieczne są przerwy robocze.

Zbrojenie posadzek przemysłowych

Podstawową wadą betonu jest jego kruchość. Po przekroczeniu wartości granicznej odkształceń rozciągających beton ulega nagłemu uszkodzeniu. W związku z tym w posadzkach stosuje się zbrojenie stalowe w postaci klasycznych wkładek (prętów lub siatek) lub zbrojenia rozproszonego (włókien). Zwykle zawartość włókien wynosi 20 ÷ 40 kg/m³ mieszanki betonowej. Oczywiście oba sposoby zbrojenia mogą być zastosowane jednocześnie. Dodatkowo można je uzupełniać (szczególnie przy niewielkiej zawartości włókien stalowych) drobnymi włóknami polipropylenowymi w ilości 0,6 ÷ 1,0 kg/m³. Ich korzystny wpływ objawia się jedynie w fazie wiązania betonu przez redukcję naprężeń skurczowych. Włókna polipropylenowe, jako samodzielne zbrojenie, są stosowane w podkładach podłogowych.

Właściwościom betonu zbrojonego włóknami stalowymi poświęcono wiele publikacji [2]. Do głównych zalet płynących z zastosowania stalowego zbrojenia rozproszonego należy zaliczyć: wzrost wytrzymałości betonu na rozciąganie osiowe i przy zginaniu, zmę-

* Politechnika Wrocławska, Wydział Budownictwa Lądowego i Wodnego

zeniowej, równoważnej przy zginaniu, na uderzenia. Zawartość włókien nie wpływa natomiast w zasadniczy sposób na wytrzymałość na ściskanie oraz moduł Younga. Dodatkową zaletą technologiczną w stosowaniu włókien jest to, że wbudowanie fibrobetonu nie wymaga dodatkowych maszyn i skomplikowanych zabiegów.

Celem ilustracji korzyści płynących z zastosowania zbrojenia rozproszonego przeprowadzono przykładową analizę ekonomiczności, uwzględniającą jedynie koszty materiałów. Zaprojektowano posadzkę przemysłową na obciążenie charakterystyczne 50 kN/m^2 . Przyjęto grubość płyty $h = 200 \text{ mm}$, moduł reakcji podłoża $k = 0,2 \text{ N/mm}^3$ oraz beton klasy C25/30. Przewidziano zbrojenie w dwóch wariantach: tradycyjne w postaci siatki zgrzewanej Q188 (#6/150 mm w obu kierunkach) górą i dołem ze stali B500A oraz haczykowatych włókien 50/1,0. W analizowanym przypadku oba rozwiązania mają podobną nośność z kilkunastoprocentowym zapasem. Wyniki obliczeń zestawiono w tabeli (uwzględniono ceny netto z kwietnia 2014 r.).

Wyniki analizy stosowania zbrojenia tradycyjnego i rozproszonego

Typ zbrojenia	Zawartość zbrojenia		Cena	
	[kg/m ²]	[kg/m ²]	[PLN/kg]	[PLN/m ²]
Siatka	30,1	2 x 3,01 = 6,02	3,15	19
Włókna	20,0	4,0	3,50	14

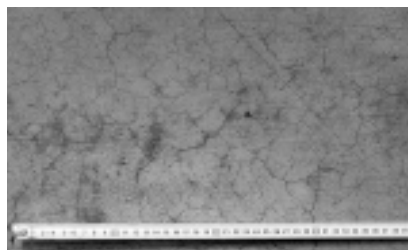
Przeprowadzone analizy wykazały celowość stosowania zbrojenia rozproszonego w pewnym zakresie obciążeń. Cena zbrojenia tradycyjnego jest o ok. 36% wyższa. Analizy nie uwzględniają kosztów wbudowania, które także przemawiają na korzyść zbrojenia rozproszonego (nie trzeba stosować podkładek dystansowych, drutu wiązałkowego, oddzielnego transportu i układania). Dodatkowe korzyści wynikają wprost z zalet fibrobetonu, których nie ma klasyczny żelbet, a są szczególnie pożądane w przypadku posadzek (np. odporność na pęknięcie i uderzenia). Wymienione spostrzeżenia dotyczą jedynie określonego zakresu obciążenia powierzchniowego, powyżej którego stosowanie zbrojenia tylko w postaci włókien jest technologicznie i ekonomicznie nieuzasadnione. Można oszacować, że w przypadku analizowanej

posadzki graniczną wartością będzie ok. 100 kN/m^2 . Powyżej niej uzasadnione będzie zaprojektowanie posadzki zbrojonej prętami stalowymi. Zalecane jest jednak zastosowanie dodatkowo zbrojenia rozproszonego w minimalnej ilości ($15 \pm 20 \text{ kg/m}^3$), co znacznie poprawi walory mechaniczne posadzki.

Typowe uszkodzenia posadzek przemysłowych

Źle zaprojektowanym, wykonanym bądź użytkowanym posadzkom przemysłowym towarzyszą typowe uszkodzenia. Najczęściej są to rysy skurczowe w drobnej regularnej siatce (fotografia 1) lub spękania o różnym układzie i głębokości. Niejednokrotnie rysy są na tyle niewielkie, że uwidaczniają się dopiero po zwilżeniu powierzchni betonu. W celu zapewnienia swobody przemieszczeń między słupami a posadzką wykonuje się wokół nich odpowiednie szczeliny. W przypadku ich braku należy liczyć się z tym, że rysy wytworzą się same (fotografia 2). Dość często spotykane są rysy spowodowane przeciążeniem posadzki po bokach traktów komunikacyjnych [3]. Charakteryzują się w przybliżeniu prostoliniowym przebiegiem oraz znacznymi rozwartościami. Inne, często występujące uszkodzenia o charakterze powierzchniowym, to tzw. leje typu *popout* (fotografia 3). Powodowane są przez kruszywo reaktywne lub zanieczyszczenia. Skutkują powierzchniowym odłupaniem betonu w wyniku pęcznienia ziaren reaktywnych po kontakcie z alkalijskim cementem.

Jedną z bardzo uciążliwych wad posadzek przemysłowych jest pylenie. Naj-



Fot. 1. Rysy skurczowe



Fot. 2. Rysa przy słupie



Fot. 3. Krater *popout*

częstszą przyczyną pylenia jest nieprawidłowa pielęgnacja (np. przesuszenie bądź przemrożenie w okresie dojrzewania) lub nieprawidłowy sposób wykończenia powierzchni. Naprawa pyłacej posadzki musi być przeprowadzona metodami inwazyjnymi, które zakłócają eksploatację obiektu (np. zeszlifowanie górnej warstwy i ponowne zastosowanie preparatu utwardzającego). Do wad posadzek można też zaliczyć ich nieprawidłową geometrię, np. zbyt małą grubość, pofalowanie powierzchni oraz niedostateczne właściwości mechaniczne, widoczne zbrojenie rozproszone i itp.

Podsumowanie

Niemożliwa jest jednoznaczna odpowiedź na pytanie, które zbrojenie jest lepsze: w postaci prętów czy włókien stalowych. Wybór związany jest z warunkami pracy posadzki. W przypadku posadzek poddanych małym obciążeniom bardziej racjonalne wydaje się zastosowanie zbrojenia rozproszonego. Ze wzrostem obciążeń nieuniknione staje się stosowanie klasycznych stalowych wkładek zbrojeniowych w postaci prętów. Zbrojenie to zaleca się jednak uzupełniać zbrojeniem rozproszonym stalowym lub polipropylenowym.

W przeprowadzonych analizach ograniczono się do przypadku obciążenia powierzchniowego. Posadzki oczywiście poddane są także obciążeniom skupionym (regaly wysokiego składowania, pojazdy). Nierzadko jest to decydujący przypadek obciążenia przy wymiarowaniu. Należy mieć to na uwadze przy doborze optymalnego wariantu zbrojenia.

Fotografie – Autorzy

Literatura

- [1] Brandt A. M., Kasperkiewicz J., Glinicki M. A.: Podstawy stosowania fibrobetonów z włóknami stalowymi, PAN IPPT, Warszawa 1996.
- [2] Glinicki M. A.: Beton ze zbrojeniem strukturalnym, XXV Ogólnopolskie Warsztaty Pracy Projektanta Konstrukcji – Szczyrk 2010, PZITB, Gliwice 2010.
- [3] Musiał M., Styś D.: Analiza przyczyn spękań posadzki fibrobetonowej w hali magazynowej, Materiały Budowlane, nr 2, 2012, s. 18 – 19.