

mgr inż. Tomasz Chibowski*

Posadzka bezspoinowa na palach

Podstawowym problemem w użytkowaniu posadzek przemysłowych są **dylatacje**. W halach zamkniętych, poza specjalnymi przypadkami, dylatacje nie są wykonywane i obliczane z uwzględnieniem ruchów termicznych. W miejscach, w których stosujemy dylatacje pozorne lub konstrukcyjne, występuje również zjawisko „paczenia się” płyt (curlingu). Skutki tego zjawiska są najczęściej spotykaną usterką w posadzkach przemysłowych. W związku z tym coraz większą popularnością cieszą się rozwiązania o ograniczonej liczbie dylatacji z pominięciem całkowitym dylatacji nacinających. W takich posadzkach konieczne jest skuteczne zapanowanie nad skurczem płyty na długości nawet do 50 m, a w praktyce w rozstawie 36 – 40 m.

Posadzki beznacięciowe (bezsposoinowe), realizowane od kilku lat także w Polsce, mają wiele właściwości, dzięki którym coraz większa liczba inwestorów decyduje się zapłacić większe pieniądze w trakcie budowy i ograniczyć znacznie koszty użytkowania posadzek. W posadzkach bezspoinowych efektywna łączna długość dylatacji jest prawie dziesięciokrotnie mniejsza niż w tradycyjnych. Każda z dylatacji jest dyblowana, a krawędzie są zabezpieczone elementami stalowymi lub żywicą epoksydową. Taka dylatacja, po ustaniu skurczu płyty betonowej, może mieć rozwarcie 8 – 30 mm, ale posadzkę stanowią płyty o bardzo dużej powierzchni 600 – 2500 m², które powinny być zbliżone do kwadratu lub w kształcie prostokąta o stosunku boków 2 : 3.

Przykład posadzki w hali logistycznej

W artykule przedstawię dodatkową cechę posadzek beznacięciowych (bezsposoinowych), która została wykorzystana podczas projektowania posadzki w hali logistycznej w Przejazdowie k. Gdańska.

* FIBRE System

Inwestor: Panattoni Europe.
Generalny wykonawca: Goldbeck Sp. z o.o.
Projekt i wykonawca palowania oraz projektu podłoża: Keller Polska sp. z o.o.
Projektant i wykonawca posadzki: FIBRE System sp. z o.o.
Powierzchnia: ok. 9 000 m².
Parametry posadzki: grubość 18 cm, beton C25/30, zbrojenie DRAMIX®.

Warunki gruntowe zdecydowały o posadowieniu hali na palach betonowych długości 12 m. Mając na uwadze cechy użytkowe i koszty użytkowania, inwestor zdecydował się na posadzkę z ograniczoną liczbą dylatacji. Obciążenia posadzki przyjęto jako równomierne 50 kN/m², punktowe wielkości 50 kN/stopę regału o powierzchni 225 cm² w dopuszczalnym osiowym rozstawie nóg regałów 1000 x 300 x 1000 mm.

W związku z tym, że siatka pali wynosi ok. 3 x 3 m, zdecydowaliśmy się na zastosowanie podbudowy właściwej ułożonej na palach o łącznej miąższości ponad 90 cm wykonanej z trzech warstw stabilizacji cementowej.

Myślą przewodnią było wykorzystanie płyt 36 x 36 m w celu przeniesienia obciążeń na podłoże jako jednolitych płyt. Problem pracy płyt rozpatrzyliśmy wraz z firmą Keller Polska, projektującą i wykonującą posadowienie na palach, w dwóch zakresach:

1) skala „micro” – problem oddziaływania obciążenia użytkowego na posadzkę i pracy płyty betonowej na podbudowę, przeniesienie wszystkich obciążeń na pale w obszarze 3 x 3 m. Na wykonanych palach średnicy 40 cm ułożono dodatkowo oczepy betonowe grubości 20 cm i wielkości 100 x 100 cm. Wykonana nad tym podbudowa właściwa grubości 90 cm daje pewność właściwej pracy posadzki betonowej pod obciążeniami punktowymi. W obliczeniach statycznych przyjęto współczynnik Wastergarda na poziomie 0,05 N/mm³. Beton z zastosowaniem stalowego zbrojenia rozproszonego (zastosowano specjalistyczne smukłe zbrojenie firmy DRAMIX®) staje się materiałem wysoce

elastycznym, którego zastosowanie na podłożu sprężystym daje bardzo dobrą i wieloletnią pracę posadzki;

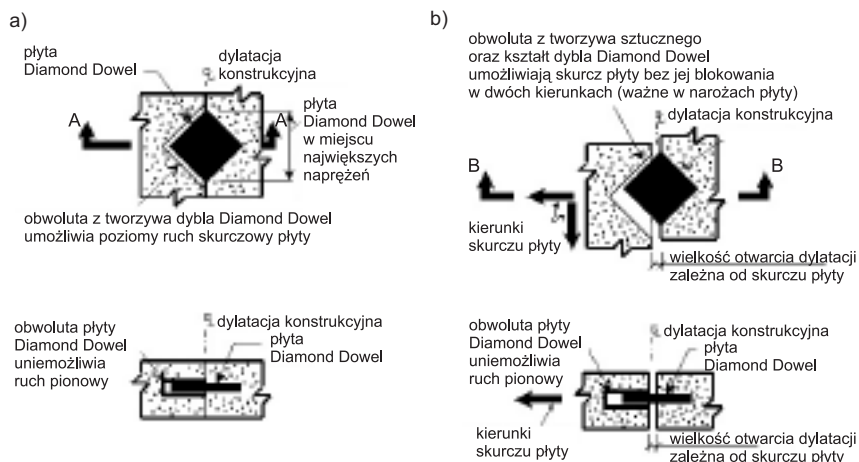
2) skala „makro” – wzajemne, różne oddziaływanie całych dużych płyt posadzkowych przy obciążeniu np. w szachownice i wynikające z tego różne osiadanie płyt i wpływ takiego zjawiska na wzajemne przemieszczenie płyt w trakcie użytkowania. Projektowanie dyblowania płyt na ich złączu obejmuje uwzględnienie:

- przeniesienia obciążeń w zakresie obciążenia przyłożonego przy dylatacji lub przejazd np. wózka widłowego;
- zjawisko paczenia się krawędzi płyt (szczególnie duże przy płytach o wymiarach 36 x 36 m);
- siły wynikające z różnego osiadania płyt na takim podłożu.

Zastosowano jednocześnie dyblowanie systemem Diamond Dowel (rysunek 1) mające za zadanie przejęcie naprężeń od obciążenia użytkowego i curlingu oraz zbrojenie dyblami okrągłymi ze względu na siły wynikające z różnie-

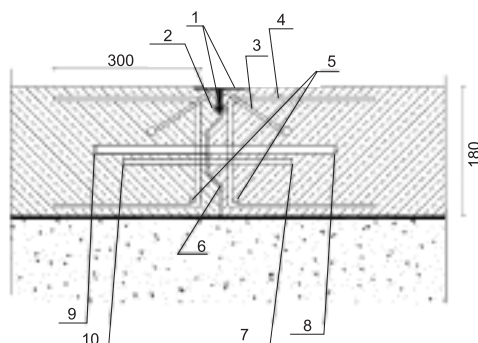


Posadzka bezspoinowa na palach w hali logistycznej Panattoni w Gdańsku – Przejazdowie w trakcie realizacji



Rys. 1. Praca dyblowania Diamond Dowel: a) rzut przed skurczem płyty; b) rzut po skurczu płyty

go osiadania płyt. Wykorzystano również zbrojenie brzegów płyty jako zwiększenie zakotwienia dybli i przejmujące większość naprężeń od nierównomiernego skurczu górnej i dolnej powierzchni płyty przy dylatacji, która wywołuje zjawisko paczenia się. Finalny profil dylatacji przedstawiono na rysunku 2.



Rys. 2. Finalny profil dylatacji: 1 – 2 x kątownik L 50 x 50 x 5 mm; 2 – śruba M8 z tworzywa sztucznego 8 szt./2,5 m; 3 – zakotwienie – pręt żebrowany 10 mm mocowany drabinką z pręta żebrowanego 10 mm; 4 – ucho – pręt żebrowany \varnothing 10 mm długość 30 x 12 x 30 cm co 40 cm pomiędzy Diamond Dowel a dyblem okrągłym; 5 – wzdłużny pręt żebrowany \varnothing 8 mm; 6 – blacha 3 mm; 7 – dyblowana płyta trójkątna z blachy 6 mm co 40 cm; 8 – dyblowanie – pręt gładki \varnothing 16 mm długości 40 cm co 40 cm naprzemiennie z Diamond Dowel; 9 – rurka PVC; 10 – Diamond Dowel – koperta z tworzywa sztucznego

Obliczenia dybli w posadzce bezpoinowej na siły nierównomiernego osiadania

Sposób obliczenia i dobór dybli stalowych niezależnie zaprojektowanych na siły nierównomiernego osiadania był następujący: maksymalne siły na

krawędzi płyt przyjęto na podstawie obliczeń statycznych wg metody MES firmy Keller równe 36 kN/m; rozstaw dybli co 40 cm (naprzemiennie z dyblami Diamond Dowel); siła przypadająca na jeden dybel wynosi więc maksymalnie 15 kN. Pominięto działanie dybli Diamond Dowel. Ponadto przyjęto dodatkowe wzmocnienie krawędzi w postaci „bigli”, jednak w obliczeniach pominięto ich wpływ.

Sposób obliczenia wg Technical Report 34 Third Edition. **Nośność na ścinanie** na dybel P_{sh} określono jako:

$$P_{sh} = 0,6 f_y A_v / \gamma_s$$

gdzie:

f_y – wytrzymałość charakterystyczna stali;
 A_v – powierzchnia ścinania przyjmowana jako 0,9 x powierzchnia przekroju ($\pi d^2/4$ dla okrągłego dybla oraz d^2 dla kwadratowych dybli);
 γ_s – częściowy współczynnik bezpieczeństwa dla stali.

Nośność na dybel P_{bear} jest określona jako:

$$P_{bear} = 0,5 f_{cu} b_1 d / \gamma_c$$

gdzie:

b_1 – efektywna długość nośna przyjmowana jako nie większa niż $8d_d$;
 d_d – średnica okrągłego dybla lub szerokość nieokrągłych przekrojów;
 f_{cu} – charakterystyczna (sześcienna) wytrzymałość betonu na ściskanie (N/mm²);
 γ_c – częściowy współczynnik bezpieczeństwa.

Projektowe nośności na ścinanie i zginanie dla pojedynczych dybli

Rozmiar dybla	Całkowita długość dybla [9 mm]	P_{sh} [kN]	P_{bear} [kN]	P_{bend} [kN]		
				x = 5	x = 10	x = 15
12 mm okrągły	400	13,3	15,4	26,1	13,1	8,7
16 mm okrągły	400	23,6	27,3	61,9	31,0	20,6
20 mm okrągły	500	36,9	42,7	121,0	60,5	40,3
20 mm kwadratowy	500	47,0	42,7	173,9	87,0	58,0

- Przyjęto następujące założenia:
- charakterystyczna wytrzymałość na rozciąganie dybli stalowych, $f_y = 250$ N/mm²;
 - charakterystyczna wytrzymałość na ściskanie betonu, $f_{cu} = 40$ N/mm²;
 - moduł sprężystości dybli stalowych, $E_s = 200$ kN/mm²;
 - moduł ścinania dybli stalowych, $G = 0,4 E_s$ kN/mm²;
 - otwieranie się dylatacji, $x = 5, 10$ i 15 mm;
 - częściowy współczynnik bezpieczeństwa dla stali, $\gamma_s = 1,15$;
 - częściowy współczynnik bezpieczeństwa dla betonu, $\gamma_c = 1,5$.

Nośność na zginanie na dybel P_{bend} jest funkcją otwarcia dylatacji x i jest opisana wzorem:

$$P_{bend} = (2 f_y Z_p) / x \gamma_s$$

gdzie:

Z_p – moduł plastyczny przekroju dybla $d_d^{3/4}$ dla dybli kwadratowych i $d_d^{3/6}$ dla dybli okrągłych.

Jeśli dyble podlegają **zarówno ścinaniu, jak i zginaniu**, przenoszenie naprężeń P_{app} jest opisywane za pomocą zależności:

$$\frac{P_{app}}{P_{sh}} + \frac{P_{app}}{P_{bend}} \leq 1,4$$

Nośność pojedynczych dybli, których rodzaje przedstawiono w tabeli, zostały oszacowane za pomocą podanych wcześniej równań.

Obliczenie połączonego zginania i ścinania: przenoszenie naprężeń o wartości 16 kN na dybel jest wymagane przy przewidywanym maksymalnym otwarciu dylatacji 15 mm. W przypadku okrągłego dybla średnicy 16 mm:

$$\frac{P_{app}}{P_{sh}} + \frac{P_{app}}{P_{bend}} = \frac{15}{23,6} + \frac{15}{20,6} = 1,364 \leq 1,4$$

Tak więc zastosowanie takich dybli w rozstawie co 40 cm przenosi naprężenia.