

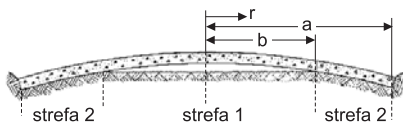
mgr inż. Tomasz Chibowski\*

# Paczenie płyt betonowych na brzegach dylatacji

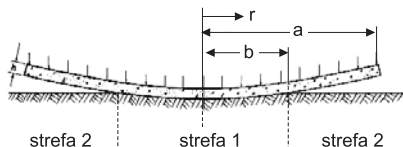
Zjawisko zmiany płaskości posadzki w wyniku paczenia płyty betonowej na brzegach dylatacji konstrukcyjnych i pozornych (nacinanych) ma decydujący wpływ na użytkowanie posadzki oraz zniszczenie wózków widłowych w trakcie użytkowania.

Zjawisko paczenia się brzegów płyty betonowej (curlingu) związane jest z nierównomiernym skurczem górnej i dolnej warstwy płyty (górna na skutek innych warunków dojrzewania podlega odmiennemu skurczowi niż dolna). Występuje ono również w okresie późniejszym niż okres pierwotnego skurczu betonu i jest opisywane w literaturze jako zjawisko podobne do zjawiska wyginania się liścia wilgotnego od dołu, a ogrzanego słońcem w górnej powierzchni.

Curling występuje od brzegów do ok. 1/8 długości płyty i powoduje wywiniecie się krawędzi (dylatacji pozornych lub konstrukcyjnych nawet do kilkunastu mm). Odmienny kierunek paczenia obserwowany jest na zewnątrz i wewnątrz hali (rysunek 1 i 2).



Rys. 1. Deformacja krawędzi płyty do dołu pod wpływem działania promieni słonecznych na górną jej warstwę



Rys. 2. Deformacja krawędzi płyty do góry pod wpływem działania wilgoci na dolną jej warstwę

Wielkość naprężeń w betonie obrazuje skalę zjawiska:

- naprężenia paczenia – 1,4–2,8 MPa;
- skurcz liniowy, posadzka 6 x 6 m – 0,1 – 0,4 MPa;
- skurcz liniowy, posadzka 36 x 36 m – 1,5 – 3,0 MPa;
- typowe naprężenia od obciążeń – 3,1 – 4,5 MPa.

## Mity dotyczące przyczyn lub sposobów zmniejszenia zjawiska curlingu

• **Pielęgnacja posadzki przez przykrywanie folią i polewanie wodą lub stosowanie impregnatów** jedynie przesuwa w czasie zjawisko curlingu, gdyż narastanie skurczu płyty betonowej grubości 15 cm w czasie wygląda następująco:

- jeden miesiąc – 10 – 20%;
- trzy miesiące – 20 – 35%;
- jeden rok – 60 – 80%.

Stosowanie folii i wody ma natomiast decydujący wpływ na dojrzewanie betonu i spękania włosowate. Impregnaty mogą zmniejszyć skutki paczenia się płyty, jeżeli ich obecność na posadzce rozciągnięta jest w czasie kilku, kilkunastu miesięcy. Zależy to od rodzaju impregnatu lub wielokrotnego nakładania.

• **Zwiększenie grubości posadzki przy brzegach** – niestosowane w Polsce, a zalecane np. w opracowaniach amerykańskich, np. ACI 302.1 R-04 (*Guide for Concrete Floor and Slab Construction*). Zwiększenie ciężaru brzegu płyty jest wówczas bliskie zera, natomiast uniemożliwia właściwy poślizg brzegu płyty oraz powoduje zwiększenie kosztu wykonania płyty betonowej.

• **Zwiększenie wytrzymałości betonu z B25 do B30** powoduje jedynie wzrost wielkości paczenia się płyty betonowej o 10% (czyli teoretycznie ok. 0,5 mm przy wielkości płyty 6 x 6 m).

• Należy zastanowić się nad zastosowaniem suchej podbudowy piasko-

wej lub kruszywowej bez folii poślizgowej. W tym przypadku (zalecany w amerykańskich wytycznych) woda wnika w podłoże i sprawia, że wilgotność pod i nad posadzką jest jednakowa. Zniszczenie podbudowy przez betonowozwoy i ekipę wykonawczą mogą jednak spowodować zmiany grubości płyt, mający katastrofalny wpływ na wytrzymałość i poślizg płyty. W celu dobrego poślizgu korzystne byłoby zastosowanie folii perforowanej i jednoczesnego odprowadzenia wody z betonu.

## Zalecenia i sposób postępowania w celu zmniejszenia zjawiska

Curlingu nie można całkowicie zlikwidować, a jedynie wpływać na jego wielkość. Istnieje korelacja pomiędzy wielkością skurczu liniowego a wielkością paczenia się brzegów płyty betonowej. **Podstawowy warunek to utrzymywanie stosunku w/c na poziomie 0,4 – 0,5.** Przyjmuje się, iż zmniejszenie skurczu o 1‰ powoduje zmniejszenie się paczenia o 6 mm (płyty 15 cm, nacinane 6 x 6 m).

Największy wpływ na wielkość curlingu ma **dobór mieszanki betonowej**. Im szczelniejszy jest beton, tym mniejsza migracja wewnętrzna wody i możliwe jest utrzymanie właściwej wilgotności w całej objętości betonu. W każdym betonie stosowanym na posadzki należy badać zawartość porów (im mniej porów, tym mniejsze paczenie się płyty). Nie wolno wykonywać posadzek wewnątrz hal z mieszanki betonowej, w której zawartość powietrza przekracza 3%. Należy też rozważyć ekonomiczność stosowania plastyfikatorów trzeciej generacji (supersuperplastyfikatorów), zmniejszających skurcz liniowy nawet do 2%. W tym celu trzeba obliczyć koszty utrzymania posadzki w okresie pięciu do dziesięciu lat.

\* Fibre System Sp. z o.o.

Do wykonywania posadzek zaleca się stosować **cementy z dodatkami CEM II**. Wbrew obiegowej opinii cementy hutnicze CEM III mają bardzo duży i gwałtowny przyrost wytrzymałości w początkowej fazie (kilkadziesiąt godzin), co ma negatywny wpływ również na zjawisko pęcznienia się płyt. Cement portlandzki CEM I natomiast powoduje często zwiększenie „bleedingu” („wyrzucania” wody na powierzchnię zwiabrowanego betonu), co również ujemnie wpływa na pęcznienie się płyt betonowych ze względu na nadmierny skurcz górnej warstwy. Drugą negatywną cechą „bleedingu” jest zawilgocenie podbudowy w okolicy dylatacji konstrukcyjnej wskutek ściągania wody za pomocą gum (jeżeli w celu usunięcia wody nie są stosowane odkurzacze przemysłowe, a przy dużym nasileniu zjawiska wody jest za dużo, by stosować odkurzacze).

Zaleca się **dyblowanie** wszystkich wolnych krawędzi, nad którymi będzie się odbywał ruch użytkowy lub których pęcznienie się ma wpływ na inne elementy budynku (drzwi, urządzenia itp.), na wysokości mniejszej niż 1/3 od górnej krawędzi posadzki z zastosowaniem dybli o przekroju okrągłym lub lepiej prostokątnym, a najlepiej o kształcie trójkątnych płyt (diamond dowel).

**Zwiększenie grubości posadzki** ma zasadniczy wpływ na wielkość pęcznienia się płyt, np. zwiększenie grubości z 15 na 20 cm zmniejsza zjawisko o 50%. Zgodnie z instrukcją VOB/B z 2000 r. Związku Inżynierów Niemieckich, posadzka nie powinna być cieńsza niż 18 cm.

Nie jest wskazana **zbyt duża sztywność podłoża**, ze względu na brak możliwości ułożenia się płyt betonowej w przypadku niewielkiej wartości pęcznienia podczas jej użytkowania. W celu zmniejszenia pęcznienia zalecane jest **zmniejszenie wielkości pól dylatowanych**, np. zastosowanie pól 5 x 5 m zamiast 8 x 8 m powoduje zmniejszenie naprężeń pęcznienia o ok. 50% (w przypadku posadzki 15 cm z betonu B30).

W celu zmniejszenia liczby dylatacji podlegających pęcznieniu należy stosować posadzki tzw. bezspoinowe

bez nacięć pozornych, o rozstawie ok. 40 x 40 m, co w korzystnych warunkach może ograniczyć problem do kilku linii; np. halę o wymiarach 42 x 100 m można wykonać jako trzy płyty betonowe. Skala pęcznienia takich płyt może być jednak kilkakrotnie większa ze względu na wielkość rozstawu dylatacji.

Pozytywny wpływ na zmniejszenie pęcznienia ma stosowanie włókien polipropylenowych, ale ich cena nie uzasadnia stosowania poza przypadkami betonów zewnętrznych wystawionych na działanie osuszenia i ogrzewania przez słońce w okresie pierwszych 72 h od ułożenia betonu.

W gronie inwestor, projektant, generalny wykonawca, podwykonawca i betoniarnia **należy ustalić sposób postępowania** i zalecenia użytkowe, w celu uniknięcia niepotrzebnych kosztów w przypadku rozwiązań koniecznych do zastosowania po wykonaniu posadzki i wystąpieniu zjawiska curlingu. Należy zwrócić uwagę, iż przyrost kosztów w fazie projektowej, polegających na **zmianie ukształtowania dylatacji**, doborze mieszanki betonowej, jest znacznie mniejszy od kosztu usuwania skutków pęcznienia. Niezbędne jest przewidzenie sposobu użytkowania dróg jezdnych, układu ścian wewnętrznych, ustawienia urządzeń itp. Szczególną uwagę należy zwrócić w przypadku wykonywania płyt posadzkowych o specjalnych parametrach równości, np. wg DIN 15 185. Zaleca się stosować dodatkowe dyblowania w przewidzianym miejscu dylatacji pozornej w trasie jezdnej oraz zmniejszać wielkość pól dylatacyjnych.

Zgodnie z ASTM E 1155-96, w celu stwierdzenia prawidłowości wypoziomowania posadzki przez wykonawcę należy dokonać pomiaru jej wysokości w ciągu 72 h od zatarcia (nie później!). Każdy następny pomiar ma więc znaczenie tylko jako kontrola wielkości zniekształceń wywołanych przez pęcznienie płyty. Wielkość zjawiska i jego uciążliwość zależy w dużej mierze od błędów popełnionych podczas projektowania dylatacji oraz mieszanki betonowej. Wpływ poszczególnych błędów na wielkość pęcznienia [%] pokazano w tabeli.

#### Wpływ błędów na wielkość curlingu płyty betonowej

Rodzaj błędów	Wzrost pęcznienia [%]
<b>Błędy na budowie</b>	
temperatura betonu	8
zwiększenie konsystencji (opad stożka 15 – 18 zamiast 10 – 14)	10
niewłaściwa dostawa betonowozami	10
<b>Błędy projektowe</b>	
stosowanie zbyt małych granulacji kruszywa	25
zanieczyszczenia w kruszywach	25
niewłaściwe domieszki do betonu	30

Ze wszystkich opracowań w tym zakresie wynika, że jest to zjawisko naturalne, którego wielkość możemy próbować zmniejszać lub minimalizować jego wpływ na walory użytkowe posadzki. Jednak zgodnie z ACI 302.1 R-04 (Guide for Concrete Floor and Slab Construction): *Nawet przy najlepszej jakości opracowaniu projektowym i właściwym wykonawstwie budowlanym jest nierealne, aby płyta nawierzchni przemysłowej była pozbawiona rys i zjawiska pęcznienia krawędzi i naroży. Każdy inwestor powinien więc być świadomy, że zupełnie normalnym zjawiskiem, jakiego należy oczekiwać, będzie pojawienie się pewnej liczby rys i spaczni w każdej posadzce przemysłowej i że takie zjawisko nie świadczy o niedociągnięciach projektu oraz o złej jakości wykonawstwa.*

#### Metody naprawcze w przypadku zjawiska pęcznienia polegają na:

- szlifowaniu warstwy podniesionej za pomocą szlifierek oscylacyjnych);
- iniekcji cementowej lub żywicznej w celu uzupełnienia przestrzeni pod podniesionymi brzegami posadzki;
- bruzdowaniu dylatacji konstrukcyjnej na szerokość ok. 100 mm i głębokość 50 mm w celu wykonania wstawki z żywicy epoksydowych i odtworzeniu dylatacji nacięciem diamentowym i wypełnieniem materiałem elastycznym.