

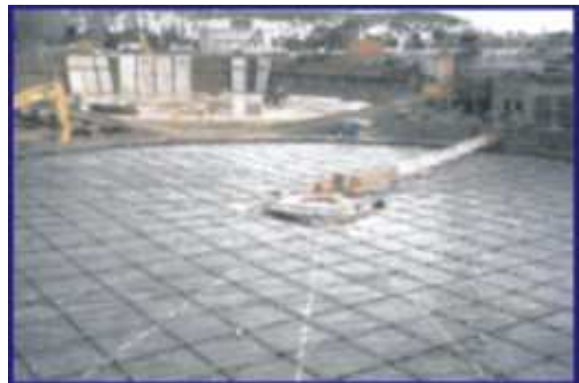
## Konstrukcje sprężone BEZDYLATACYJNE POSADZKI AKTYWNIIE ZBROJONE



... Monolityczne płyty sprężone na gruncie są doskonałym rozwiązaniem dla przemysłowych powierzchni magazynowych i produkcyjnych oraz wszędzie tam, gdzie posadzki poddawane są intensywnym obciążeniom pojazdów kołowych. W takich przypadkach wytrzymałość zmęczeniowa konstrukcji płyty posadzkowej ma decydujące znaczenie dla jej bezawaryjności w okresie eksploatacji. Stosowanie betonowych płyt z tzw. „zbrojeniem rozproszonym” lub tradycyjnie zbrojonych przeciwskurczowo okazuje się w praktyce rozwiązaniem dalekim od ideału ...

## ZAWARTOŚĆ

Wymagania stawiane posadzkom przemysłowym	3
Zalety bezdylatacyjnych płyt sprężanych na gruncie	4
Aspekty projektowania	4
Kolejność prac	5
Aspekty ekonomiczne	6
Uwagi ogólne	7
Systemy kabli sprężających BBR	7



*Sprężanie konstrukcji betonowych jest często postrzegane jako zabieg niezwykle skomplikowany, W rzeczywistości, na obecnym poziomie budownictwa, zastosowanie technologii sprężania okazuje się uproszczeniem - rozumianego całościowo - procesu budowlanego.*

Monolityczne płyty sprężone na gruncie są doskonałym rozwiązaniem dla przemysłowych powierzchni magazynowych i produkcyjnych oraz wszędzie tam, gdzie posadzki poddawane są intensywnym obciążeniom pojazdów kołowych. W takich przypadkach wytrzymałość zmęczeniowa konstrukcji płyty posadzkowej ma decydujące znaczenie dla jej bezawaryjności w okresie eksploatacji. Stosowanie betonowych płyt z tzw. „zbrojeniem rozproszonym” lub tradycyjnie zbrojonych przeciwskurczowo okazuje się w praktyce rozwiązaniem dalekim od ideału. Dopiero zastosowanie techniki etapowego sprężania okazało się efektywnym sposobem niwelowania skutków naturalnego skurczu betonu. Warto nadmienić, że płyty sprężone na gruncie są często nazywane „przemysłowymi posadzkami baz dylatacji”. Nazwa ta pozwala zrozumieć jeden z wielu aspektów ich specyfiki.

Inwestorzy doskonale wiedzą, że koszty wykonania posadzek przemysłowych nie są zwykle jedynymi kosztami. Płyty sprężone na gruncie są trwalsze od zbrojonych płyt betonowych, znacznie wolniej ulegają zużyciu. Są one obecnie konkurencyjne w stosunku do zbrojonych płyt betonowych również ze względu na czas wykonywania, a gdy przeanalizujemy dodatkowo koszty ich utrzymania w okresie eksploatacji - przerwy dylatacyjne, zużycie powierzchni ścieralnych - atrakcyjność betonowych płyt sprężonych staje się jeszcze bardziej widoczna.

W celu ułatwienia przyszłych decyzji projektowych czy inwestycyjnych przedstawiamy w skrócie kilka istotnych aspektów związanych ze sprężonymi na gruncie posadzkami przemysłowymi.



Płyty sprężone na gruncie zaliczane są - obok płyt betonowych i żelbetowych - do tzw. nawierzchni sztywnych. Nawierzchnie (posadzki) sztywne pracują na zginanie pod działaniem kol pojazdów lub innych obciążeń użytkowych rozkładając ich nacisk na dużo większą powierzchnię niż posadzki (nawierzchnie) podatne o tej samej grubości.

Sprężona płyta betonowa spełniająca rolę nawierzchni lub posadzki w znacznym stopniu eliminuje wady charakterystyczne dla nawierzchni betonowych:

- niską wytrzymałość na rozciąganie,
- konieczność stosowania dużej liczby szwów dylatacyjnych,
- możliwość pojawienia się zarysowań i pęknięć na skutek nierównomiernego osiadania podłoża.

### Wymagania stawiane posadzkom przemysłowym

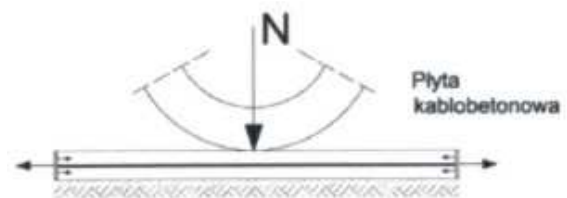
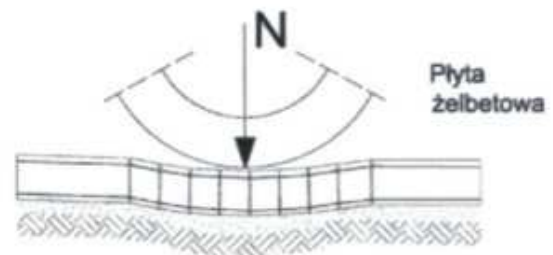
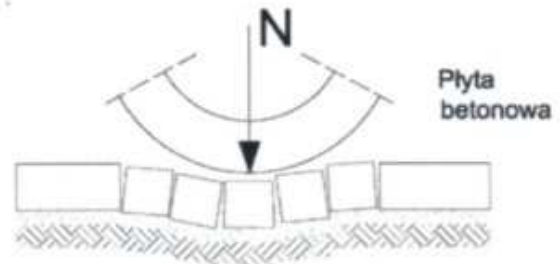
Niezależnie od konstrukcji czy użytego materiału posadzki przemysłowe powinny spełniać te same zadania:

- przenosić obciążenia bez zarysowań lub spadku jakości konstrukcji;
- powstrzymywać penetrację wilgoci (substancji chemicznych);
- posiadać dodatkowe wzmocnienia w celu przeniesienia dużych jednostkowych nacisków kół oraz obciążeń cyklicznych (zmęczenie);
- powierzchnia posadzki powinna być wyprofilowana oraz precyzyjnie wykończona, aby zapewnić odporność na zużycie (ścieranie), co jest niezwykle istotne dla większości klas płyt na gruncie.



### Zalety bezdylatacyjnych płyt sprężanych na gruncie

- Właściwie nie wymagają konserwacji w okresie eksploatacji;
- Są bardziej trwałe i odporne na ścieranie;
- Dają możliwość swobodnej aranżacji miejsc podparć lekkich słupów;
- Są bardziej wytrzymałe i lepiej pracujące przy przenoszeniu cyklicznych obciążeń przemysłowych;
- Grubość płyty jest uzależniona od jakości podłoża oraz wielkości obciążeń. Na dobrym podłożu, dla małych obciążeń użytkowych grubość płyty sprężonej może wynosić 100 mm. Zwykle jednak, ze względów wykonawczych, przyjmuje się grubość 125 mm. Taka grubość płyty sprężonej pozwala - w większości przypadków- bezpiecznie przenosić naciski kół do 100 kN (jest to obciążenie większe od tradycyjnie występującego w obiektach przemysłowych);
- Płyty sprężane są zazwyczaj cieńsze od żelbetowych i znacznie bardziej elastyczne. W przypadku większego obciążenia płyta sprężona w większym stopniu dostosuje się do podłoża niż płyta żelbetowa;
- W sytuacji przeciążenia, które może spowodować zarysowanie, sprężenie zapewnia zamknięcie rys po ustąpieniu przeciążeń. W przypadku płyty żelbetowej powstające uszkodzenie nie cofa się i prowadzi do dalszej degradacji konstrukcji.

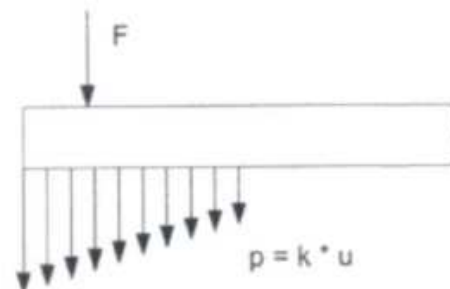


### Aspekty projektowania

- Projektowanie dwukierunkowego, etapowego sprężania - dającego w rezultacie poziom naprężeń ściskających od 1.5 do 2.0 MPa - przy umiarkowanych warunkach gruntowych zapewnia bezpieczne przenoszenie nacisków kół do 100 kN;
- Należy pamiętać, że uwarunkowania atmosferyczne powodują wydłużenie / skrócenie płyty. Efekty te poprzez tarcie na krawędziach płyty oraz na styku z gruntem wywołują dodatkowe naprężenia;
- Współczynnik tarcia pomiędzy podłożem a płytą może się zmieniać od 0.2 do 2.0, zależnie od stopnia przygotowania gruntu. Współczynnik ten zależy również od liczby cykli odkształceń płyty. Zwykle poprzez standardowe przygotowanie podłoża oraz zastoso-

wanie dwóch warstw polietylenowej folii osiąga on wartość około 0.5;

- Wielokrotnie weryfikowana i korygowana Modułowa Teoria Podłoża Westergaarda jest stosowana do wyznaczania naprężeń spowodowanych obciążeniami od kół.

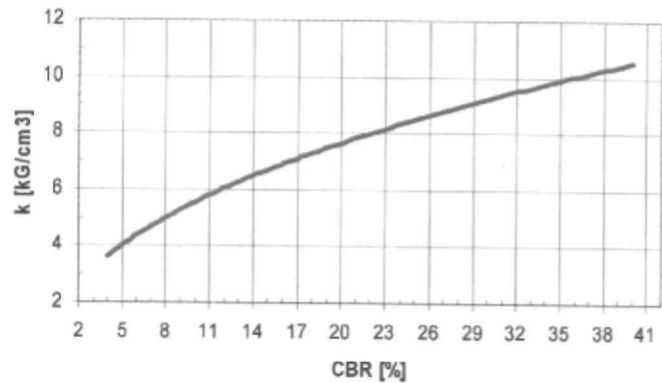


Schemat naprężeń w podłożu gruntowym przy obciążeniu płyty betonowej

## Kolejność prac

Zasadnicze etapy wykonywania płyty sprężonej na gruncie nie różnią się od głównych prac związanych z realizacją płyt betonowych. Czynnością wyróżniającą jest układanie kabli sprężających oraz zbrojenie stref ich kotwienia w paśmie obwodowym. Główne roboty poprzedza odpowiednie przygotowanie podłoża tak, aby osiągnąć parametry założone na etapie projektowania. Warto nadmienić, że ze względu na dużą elastyczność płyt sprężonych ewentualna niejednorodność przygotowanego podłoża ma dużo mniejsze znaczenie dla jej trwałości niż to jest obserwowane w przypadku płyt betonowych wykonywanych metodami tradycyjnymi.

przybliżona zależność współczynnika podatności podłoża  $k$  od wartości CBR



Etapy robót:

- Przygotowanie i zagęszczenie podłoża (2<CBR<40);



- Ułożenie i ustabilizowanie powierzchni ślizgowej złożonej z dwóch warstw polietylenowej folii;



- Umieszczenie desekowań krawędziowych z uwzględnieniem ewentualnych wnęk na zakotwienia kabli sprężających;
- Wykonanie pasma krawędziowego płyty o szerokości 1 m (pierwsze betonowanie);
- Montaż zakotwień i cięgien wraz ze zbrojeniem miękkim pasma krawędziowego;

- Betonowanie płyty (zwykle po trzech dniach od zakończenia wykonywania pasma krawędziowego);



- Rozpoczęcie etapowego sprężania (zwykle jeden dzień po betonowaniu). W miarę wzrostu wytrzymałości betonu rośnie poziom sprężania płyty (całość operacji trwa od 10 do 12 dni);



- Zainiektowanie kabli sprężających po zakończeniu sprężania oraz uzyskaniu przez beton projektowanej wytrzymałości;
- Zaprawienie wnęk zakotwień i pielęgnacja płyty (najlepsze efekty otrzymuje się poprzez utrzymywanie odpowiedniej wilgotności płyty przez 2-3 tygodnie).

Warto *zaznaczyć*, że optymalnie przygotowane betonowanie pozwala uzyskać tempo podawania mieszanki nawet do 100m<sup>3</sup>/h.

### Aspekty ekonomiczne

W wielu krajach płyty sprężone na gruncie przyjęły się jako powszechnie uznana alternatywa dla tradycyjnych posadzek przemysłowych oraz różnego rodzaju nawierzchni. Nie bez znaczenia jest fakt, że koszty wykonania płyt sprężonych są stosunkowo niskie. Należy również podkreślić, że późniejsze nakłady na utrzymanie oraz ewentualne naprawy są dla płyt sprężonych znikome. Dopiero łączne rozpatrywanie kosztów budowy oraz nakładów związanych z eksploatacją płyty w pełni pokazuje ich niewątpliwą atrakcyjność. Niezwykle niska awaryjność monolitycznych konstrukcji kablobetonowych pozwala również uniknąć kosztów - często bardzo wysokich - napraw gwarancyjnych.

Mgr inż. Stefan Rolla, autor podręcznika *Projektowanie nawierzchni* (Wydawnictwo Komunikacji i Łączności, Warszawa, 1979) ujmuje potrzebę całościowego uwzględniania aspektów ekonomicznych w następujący sposób:

*„Najprostszym kryterium ekonomicznym wyboru nawierzchni jest jej koszt budowy. Mniejsze koszty przemawiają za wyborem danej konstrukcji. Kryterium to, nie uwarunkowane innymi wymaganiami, jest oceną prymitywną, gdyż nie uwzględnia takich czynników jak trwałości nawierzchni, jej jakości, kosztów utrzymania. Z tego powodu doskonałym kryterium jest kryterium kosztów budowy przy założeniu tej samej nośności, trwałości i jakości nawierzchni.*

*Jednak dopiero kryterium uwzględniające koszty utrzymania, pozwala na pełną ocenę różnych wariantów nawierzchni. Przy założeniu n lat trwałości nawierzchni, koszty nawierzchni po n latach można szacować wg wzoru:*

$$K_n = K_b + K_b(M) + K_u + K_0$$

gdzie:

*K<sub>n</sub> - koszty nawierzchni po n latach,*

*K<sub>b</sub> - koszty budowy,*

*M - oprocentowanie kapitału włożonego w budowę,  $M = K_b (1+i)^n$ , *i* - dyskonto, *K<sub>u</sub>* - koszty utrzymania bieżącego nawierzchni, *K<sub>0</sub>* - koszty odnowy.,,*

Z dotychczasowych doświadczeń realizacyjnych i eksploatacyjnych wynika, że płyty sprężone na gruncie są rozwiązaniem atrakcyjnym zarówno pod względem technicznym jak i ekonomicznym.

## Uwagi ogólne

- Zaleca się - o ile jest to możliwe - wykonywanie płyt sprężonych pod dachem;



- Jeżeli zewnętrzne ściany hali wykonywane są wcześniej niż płyta posadzki, należy pozostawić wolną przestrzeń o szerokości 1 m pomiędzy ścianą a krawędzią płyty, aby umożliwić przeprowadzenie sprężania. W przypadku ścian z cegły można usunąć pojedyncze bloczki i traktować te miejsca jako wnęki na zakotwienia. Takie rozwiązanie pozwala zrezygnować z pozostawienia wolnego pasma wokół betonowanej posadzki;

- Krawędzie płyty powinny być nieznacznie pogrubione w celu umieszczenia zakotwień kabli;
- Zalecane jest, aby pasmo krawędziowe zawierające zakotwienia było betonowane kilkanaście dni przed betonowaniem płyty. Pozwala to na wcześniejsze rozpoczęcie sprężania „młodego” betonu;
- Wcześniejsze betonowanie pasma krawędziowego jest szczególnie istotne w przypadku płyt o wymiarach większych niż 50 m. Mniejsze znaczenie ma wtedy zróżnicowanie wytrzymałości betonu wynikające z niejednostajnego czasu dojrzewania pierwszej i ostatniej partii mieszanki.



## Systemy kabli sprężających BBR

BBR Polska Sp. z o.o. dysponuje następującą gamą systemów kabli sprężających, gwarantujących wymaganą jakość zaprojektowanych rozwiązań konstrukcyjnych:

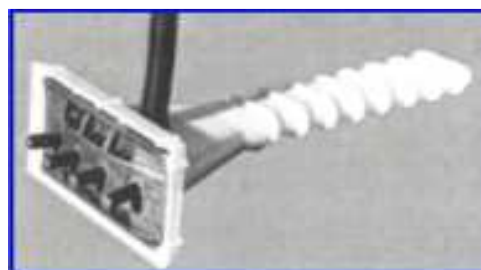
### BBR Flat

Podstawowy system czterospłotowych, płaskich kabli sprężających stosowanych w elementach płytowych lub tam, gdzie dla relatywnie niewielkiej siły sprężającej wymagany jest maksymalny mimośród jej działania.

### BBR CONA Single

System kabli jednosplotowych używany alternatywnie z systemem BBR Flat, szczególnie tam, gdzie istnieje konieczność równomiernego rozłożenia w elemencie kablobetonowym niedużych sił sprężających. Kable BBR CONA Single mogą być stosowane z wykorzystaniem cięgien bez przyczepności, fabrycznie zabezpieczonych antykorozyjnie.

### Zakotwienie BBR Flat 406



### Zakotwienie BBR CONA Single



**Pierwsza w Polsce**  
**bezdytatacyjna posadzka sprężona**  
hala NORBLIN w Warszawie  
7.000 m<sup>2</sup> bez nacięć dytatacyjnych

