

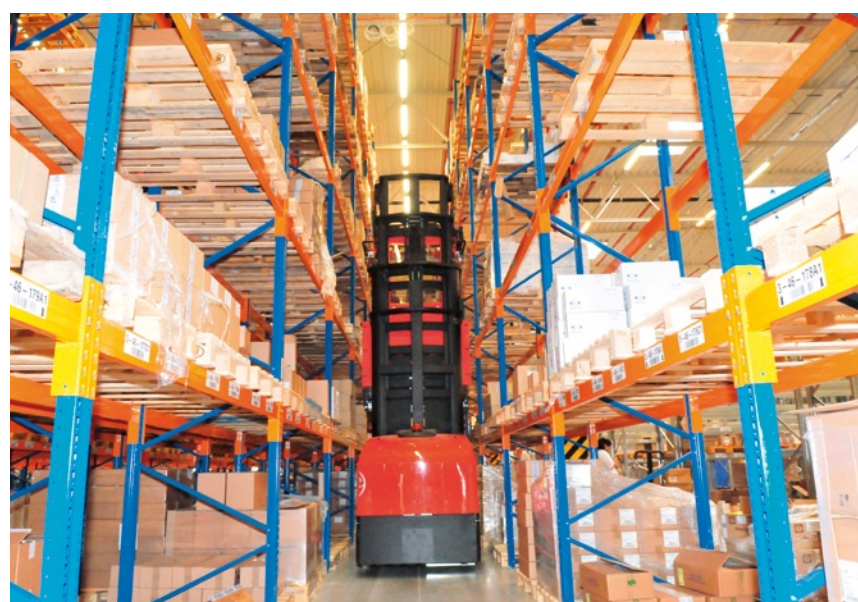
| Posadzki  
magazynowe:  
teoria i praktyka

# Obciążanie

Od dłuższego czasu towarzyszyła mi potrzeba podzielenia się spostrzeżeniami związanymi z doborem i wykonaniem betonowych posadzek przemysłowych w kontekście realizacji mniej lub bardziej złożonych systemów regatowych. Decydującym o powstaniu artykułu była procedura przepływu informacji (lub jej brak) pomiędzy projektantami obiektu, projektantami posadzek, dostawcami zarówno regatów, jak i wózków widtowych.

Z obserwacji rynku wynika, że sprawa parametryzacji posadzek pod konkretne zadane obciążenia pozostaje tematem wtórnym, często analizowanym dopiero w momencie zakończenia procesu decyzyjnego co do wyboru lokalizacji magazynowej. Im system regałowy prostszy, tym gorzej, bowiem często istnieje przekonanie, że przekazane klientowi informacje załatwiają sprawę odpowiedzialności w kwestii wymaganych obciążeń, jakie powinna przenosić projektowana posadzka. I dotyczy to zarówno projektantów regałów, dostawców wózków, jak i partnerów systemowych. I nic bardziej mylnego.

Zdecydowanie lepiej wygląda sytuacja w wypadku zintegrowanych systemów automatycznych czy półautomatycznych.



nie znając użytkownika końcowego, przyjmują następujące dane projektowe w zakresie posadzek betonowych wynikające z dotychczasowego doświadczenia. Poniżej standardowy opis posadzki betonowej w typowym obiekcie logistycznym.

„Przyjęto następujące obciążenia obliczeniowe dla betonowej posadzki przemysłowej”:

- obciążenie równomierne –  $50 \text{ kN/m}^2$  posadzki, współczynnik obliczeniowy 1,2,
- wózki widłowe  $35 \text{ kN/koło twarde}$   $4 \text{ MPA}$ ; rozstaw kół, współczynnik obliczeniowy 1,2; współczynniki dynamiczne 1,4,
- obciążenie od regałów jako obciążenie punktowe w rozstawie  $100 \text{ cm}$

Problemy do rozwiązania pojawiają się często w sytuacji jednostki ładunkowej o wadze  $1000$  i więcej kilogramów oraz ilości poziomów 5, 6, 7 itd., gdzie obciążenie skupione nierzadko przekracza  $F_{st} = 100 \text{ kN}$ . Zdarza się również, że jednostki ładunkowe mają nienormalne wymiary, a co za tym idzie rozstawy podpór regałowych są większe niż standardowe  $L = 2800 \text{ mm}$  (w kierunku rzędu regałowego).

Najczęściej przed koniecznością rozwiązania tego problemu stają



nych. Z racji prowadzenia projektu przez integratora systemowego, obowiązek koordynacji i nadzoru prac projektowych leży w zakresie jego obowiązków. Sprawa ma się lepiej, natomiast znajomość zagadnień pozostawia wiele do życzenia.

Zacznijmy więc od systemu regałów magazynowych stalowych stałych przeznaczonych do składowania paletowych jednostek ładunkowych, których udział rynkowy pozostaje nadal największy. Wynika to w głównej mierze z rozwoju sektora usług logistycznych.

Zrozumiałe jest również, że inwestorzy budujący obiekty pod wynajem, często

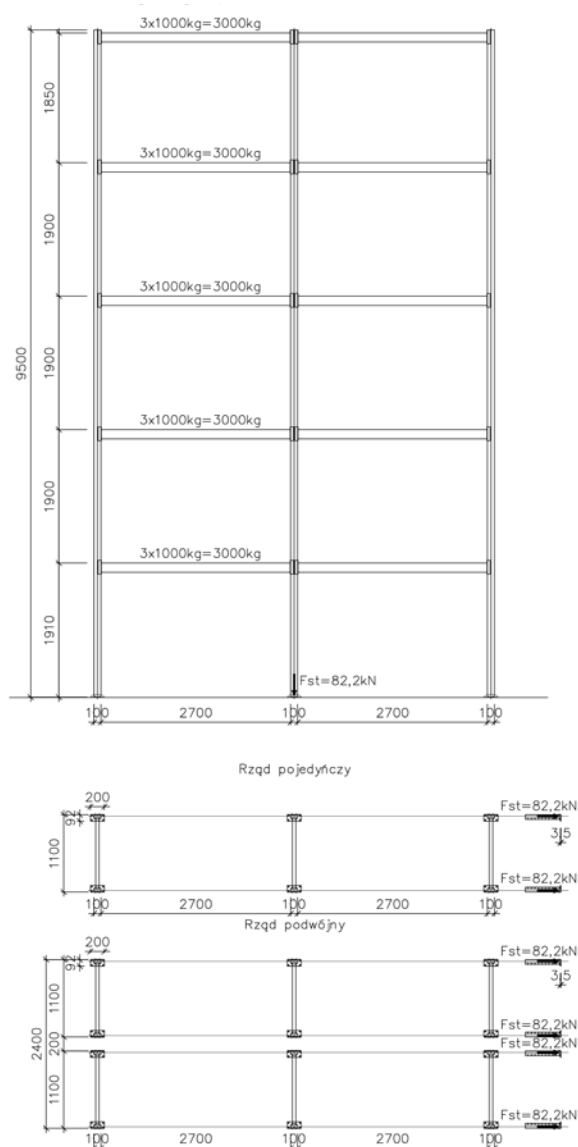
Inwestorzy budujący obiekty pod wynajem, często nie znając użytkownika końcowego, przyjmują w zakresie posadzek betonowych obciążenie równomierne  $50 \text{ kN/m}^2$ . Przy takiej parametryzacji posadzki możemy składować w pojedynczym regale sumaryczną wagę towaru na poziomie  $9600 \text{ kg}$ .

- $30 \text{ cm} \times 100 \text{ cm}$  w wielkości  $50 \text{ kN/stopę}$  o rozmiarach  $16 \text{ cm} \times 14 \text{ cm}$ , współczynnik obciążeniowy 1,2; obciążenie bez naroża i brzegu płyty,
- grubość płyty  $180 \text{ mm}$ ,
- zbrojenie płyty betonowej – DRAMIX RC 80/50  $18 \text{ kg/m}^3$ , klasa betonu C25/C30.

Przekładając to na język użytkownika, przy takiej parametryzacji posadzki możemy składować w pojedynczym regale (sekcji regałowej) sumaryczną wagę

projektanci regałów w sytuacji zastanej w obiekcie inwestora. Sposobów radzenia sobie w takich okolicznościach jest kilka. Najprostszym rozwiązaniem jest zastosowanie większej powierzchniowo stopy regałowej, bądź dołożenie dodatkowych płyt rozpraszających obciążenia skupione. Należy również podkreślić, że istotniejsza niż powierzchnia stopy regałowej jest ich odległość w plecach rzędu podwójnego. I tak, na przykład, rozsuniecie stóp do wymiaru  $b = 300$

RYS. 1 PRZEKRÓJ SEKCJI REGAŁOWEJ – SCHEMAT



mm, zwiększa możliwości obciążeniowe posadzki. W praktyce stosowanie wszelkiego rodzaju podkładek stanowi problem ze względu na ruch środków transportu wewnętrznego czy operacje w samych regałach na poziomie posadzki. Uzyski ze stosowania płyt rozpraszających (głównie poprzez zwiększenie ich grubości) do 10 mm, a nie jej całkowitej efektywnej powierzchni, dają dodatkowo możliwość obciążenia około 15% w stosunku do przyjętego projektowego obciążenia skupionego posadzki.

Kolejnym rozwiązaniem może być wykonanie fundamentów bądź ław fundamentowych. Nie spotkałem się z sytuacją, aby inwestor poszedł w tym kierunku, ze względu na niskie stawki rozliczeniowe funkcjonujące w usługach obrotu jednostkami paletowymi w cyklu logistycznym. Zwykle w tym momencie dyskusja wobec skalkulowanych dodatkowych kosztów do zatwierdzonego projektu inwestycyjnego „umiera śmiercią naturalną”. Jak wynika z wielu relacji użytkowników, problem

powraca w okresie kilku lat, a wiąże się z koniecznością reparacji powierzchniowej lub wgłębnej ze względu na spękania powierzchniowe, bądź niewłaściwe osiadanie płyt posadzkowych. Na pewno uniknęlibyśmy problemu w momencie postawienia zagadnienia na początku „ciągu myślowego” o inwestycji magazynowej i przełamaniem funkcjonującego stereotypu: „przecież nigdy regały nie będą obciążone w 100%”.

Kolejną kwestią, która powinna być wzięta pod uwagę, a często jest pomijana, to rodzaj i rozmieszczenie dylatacji posadzkowych, zarówno konstrukcyjnych, jak i przeciwskurczowych. Ma to szczególne znaczenie ze względu na właściwe zakotwienie konstrukcji regałów, jak i antresol oraz właściwą pracę kotew mocujących.

Zbyt bliskie kotwienie przebiegu linii dylatacyjnej może powodować pękanie lub kruszenie krawędzi płyty posadzkowej. Praktyka pokazuje (rys. 1), że minimalna odległość osi otworu pod kotwę mocującą nie powinna być nie mniejsza niż 100 mm (dotyczy to kotwy mechanicznej M12/120). Należy pamiętać, że dylatacje przeciwskurczowe ze swego charakteru nie stanowią linii prostej. Bardziej niekorzystnie wyglądają 2 przypadki pokazane na rysunku nr 2. W pierwszym przypadku rama stężona nr 1 i rama stężona nr 2 tej samej sekcji regałowej stoją po przeciwnych stronach dylatacji konstrukcyjnej 2 płyt posadzkowych. Z właściwości dojrzewania betonu wiadomo, że może się on kurczyć w zakresie do kilku centymetrów w okresie do dwóch lat. Oznacza to ni mniej, ni więcej, że ramy 1 i 2 mogą ulec dodatkowym naprężeniom poprzez ich rozciąganie. Połączenie konektor belki-słup jest połączeniem quasi-sztywnym, natomiast tolerancje wykonania i pasowania nie są w stanie zaabsorbować tego typu deformacji.

Najczęstszą, chociaż niewłaściwą, praktyką jest niekotrwienie jednej z ram, bądź wykonanie otworów fasolkowych w mocowanej stopie słupa regałowego. Jest to metoda eliminacji potencjalnych zagrożeń wynikających z niewłaściwej pracy regałów. Jednak nie tędy droga. Podobną sytuację mamy na rysunku nr 2., gdzie cała linia stóp ram regałowych stoi mniej lub bardziej centrycznie w stosunku do osi dylatacji. W sytuacji mocowania stopy regałowej na 2 kotwy, każda z nich jest przytwierdzona do innej płyty posadzkowej. I tu kolejna, acz niewłaściwa, próba rozwiązania problemu poprzez mocowanie tylko i wyłącznie na jedną kotwę do jednej z płyt posadzkowych.

Z zasady dwoma parametrami, które bierze się pod uwagę w momencie projektowania posadzki są: obciążenia i skurcz. W posadzkach bezspoinowych np. 36m x 36 m naprężenia skurczowe mają znaczący udział. Poprzez jej zastosowanie unikamy konfliktów montażowych, postępuje zanikanie w czasie jej skurczu (w okresie 1,5 roku) lub też klawiszowania poszczególnych płyt. Dlatego też można dopuścić zwiększone obciążenia (bo mamy mniejszy skurcz) po okresie 90 dni. Oznacza to, iż możemy wprowadzić na tę posadzkę większe obciążenie (ok. 60kN vs. 50 kN) lub zmniejszyć odległość stóp

regałowych w najbardziej niekorzystnym miejscu do pożądaných 250 mm (osiowo). Śmiem stwierdzić, że ten typ



właściwej równości, ale powinno to być zrobione w trakcie jej wykonywania, a nie traktowane jako środek naprawczy.



nych w wąskich korytarzach. Posadzki betonowe są nasiąkliwe i pomimo stosowania różnych impregnatów nie można mówić o ich odporności na olej. Celowym wydaje się określenie posadzki dla VNA jako zacieranej na gładko i niepyłującej.

Drugim ogólnym sformułowaniem, z którym się zetknęliśmy, jest stwierdzenie, że powierzchnia „nie może być śliska”. W tej chwili w Europie wprowadzany jest, naszym zdaniem najlepsza z dotychczasowych metod do badania poślizgowości powierzchni, test Pendulum wg normy EN-13036-4:2003,

W sytuacji jednostki ładunkowej o wadze 1000 i więcej kilogramów, gdzie obciążenie skupione nierazko przekracza  $F_{st} = 100 \text{ kN}$ , w celu zminimalizowania obciążeń posadzki można zastosować większe powierzchniowo stopy regałowe, bądź dolożyć płyty rozpraszające obciążenia skupione.

posadzki jest w stanie „dopasować się do obciążeń”.

Bardziej złożoną sytuację projektową spotykamy w wypadku instalacji dedykowanych pod systemy VNA (Very Narrow Aisle), tak zwanych systemów wąskiej ścieżki, gdzie oprócz wytrzymałości i jakości wykonania dochodzi również parametr jej równości. Każde, nawet najmniejsze, odchylenie na poziomie posadzki powoduje nadmierne niekorzystne, wręcz niebezpieczne odchył masztu wózka. Spotkałem się z sytuacjami, gdy występowała konieczność przejścia na całkowicie manualne sterowanie wózkiem w celu ominięcia przeszkody (ze względu na niebezpieczeństwo uderzenia w regał), wynikające z nadmiernych nierówności posadzki. O ile w zakresie dokładności montażu regałów (wyższe dokładności) istnieje możliwość korekty odchyłków poprzez zastosowanie dodatkowych podkładek regulacyjnych, o tyle korekta równości posadzki oczywiście jest możliwa, lecz wiąże się ze szlifowaniem wierzchniej warstwy i jej reparacją.

Oczywiście zgodnie z normą DIN 15185, jak i TR34, dopuszcza się szlifowanie posadzki w celu uzyskania

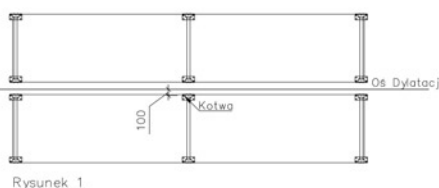
W trakcie dyskusji nad system VNA pod kątem posadzek pojawiły się również inne warte uwagi zagadnienia, wynikłe z zapisów dokumentu wewnętrznego „Wytyczne do eksploatacji pojazdów do transportu poziomego w wąskich korytarzach”. O tyle jest to istotne, ponieważ powyższy dokument stanowi jeden z głównych elementów wejściowych projektowania posadzek.

Chciałbym się podzielić uwagami do zawartych w niej sformułowań, które mają na celu doprecyzowanie poniż-

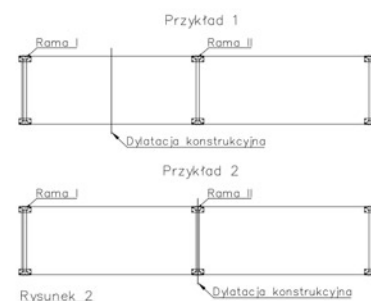
gdzie proponuje się oznaczenie ryzyka poślizgu na poziomie średnim, czyli współczynnik śliskości 25-35, ewentualnie według metody z normy DIN 51130 jako R9.

Największe kontrowersje wzbudza określenie, że posadzka ma być wykonana „zgodnie z wymogami grupy obciążeń II (średkowa), tabela 1 DIN 18560:1992-05 część 7”, traktujące o jastrychu mineralnym. Takie ograniczenie podnosi koszt wykonania posadzki dwukrotnie. Wydłuża się jednocześnie

RYS. 2 DYLATACJE



Rysunek 1



Rysunek 2

szych zagadnień. We wspomnianych wytycznych zapisano, że „posadzka powinna być odporna na oleje i tłuszcze”. Nawet posadzka z żywicy epoksydowej grubości 3 mm nie jest odporna na stojący na niej olej, przez okres np. 2 lat ulega zniszczeniu. Nie jest również celowym i właściwym stosowanie żywic epoksydowych czy płytek olejodpor-

znacząco czas jej realizacji (nawet czterokrotnie), jak również powiększa skalę i zakres spekań powierzchniowych, z których to wszystkich ograniczeń inwestor nie zawsze zdaje sobie sprawę w fazie zakupu wózków i regałów. W póź-



tuacja jest z reguły czytelna i klarowna. Mam tu na myśli zarówno zrozumienie złożoności zagadnienia przez obie strony, jak również rzetelność przeprowadzenia analizy ekonomicznej bez często bezpodstawnego cięcia kosztów. Często działamy jednak w obiektach istniejących, wynajmowanych, gdzie sytuacja nie jest już taka prosta i łatwo to zobrazować.

Teoretyczna optymalna siatka kolumn podestu w oparciu o profile zimnogięte wynosi 6 m x 6 m przy zakładanym obciążeniu ciągłym 500 kg/m<sup>2</sup> podestu. Łatwo wyliczyć, że kolumny środkowe podestu, uwzględniając wagę samej konstrukcji na poziomie  $F_{st}=174$  kN, (184kN – kolumny stężone) działającej siły skupionej (6x6x5 kN) + waga samej konstrukcji.

Wynika z tego, że – tak samo jak w wypadku regałów paletowych – zwiększa się stopę kolumny podestu (standardowa 200 x 200 mm i grubość blachy stopy  $t=6$  mm), wprowadza

się dodatkowe żebra spawane. Uzyski z tego tytułu są również niewielkie.

Z praktyki wynika, że mamy trzy sprawdzone ścieżki postępowania. Po pierwsze, zagęszczenie rozstawu kolumn np. do 4m x 4m przy obciążeniu ciągłym podłogi podestu 500 kg/m<sup>2</sup>. Zwykle warunkiem takiego działania jest równoczesna zmiana wymiarów stopy.

Po drugie, wykonanie dodatkowych fundamentów. Z doświadczenia wiem, że praktyczniejszym jest wykonanie łań fundamentowych niż fundamentów pod poszczególne kolumny.

Po trzecie, może najmniej docenianym sposobem, lecz pod względem sprawności jego przeprowadzenia najszybszym jest wprowadzenie jako podstawy pod kolumny elementu pośredniego w postaci gotowych prefabrykowanych „bloków fundamentowych”.

W większości wypadków na nieszczęście działa taki mechanizm obronny inwestora, że wprowadza się redukcję obciążeń wynikających z nacisków

podestu na posadzkę. Czasami jest ona uzasadniona i wynika z dokładnej analizy projektu.

Jestem zdecydowanym przeciwnikiem wprowadzania jakichkolwiek redukcji na konstrukcje regałowe. To tak, jak z projektowym współczynnikiem bezpieczeństwa dla konstrukcji regałowych: jest po to, aby było bezpieczniej, a nie po to, by go wykorzystywać, lub co gorsza niedoszacować.

Oddzielnym zagadnieniem, którego nie chcę rozwijać, ale o którym warto wspomnieć jako o materiale na kolejny artykuł, jest dobór poszycia podłogi podestu w relacji z obciążeniami skupionymi od wózków transportowych oraz szeroko diskutowanego zagadnienia właściwego doboru płyt podłogowych drewnianych w kontekście wymogów ppoż. i BHP.

Zbigniew Marcjaniak  
Nedcon Silesia Sp. z o.o.  
Kierownik ds. sprzedaży  
– Polska Centralna i Północna

• reklama

## Medialog Sp z o.o. wydawca czasopism logistycznych

### Top Logistyk

**MD** MAGAZYNOWANIE  
I DYSTRYBUCJA

dziękuje firmie

**hellmann**  
Worldwide Logistics

za rozwijanie czytelnictwa specjalistycznej  
prasy branżowej wśród uczniów  
Zespołu Szkół Ponadgimnazjalnych nr 1  
z siedzibą w Kwidzynie