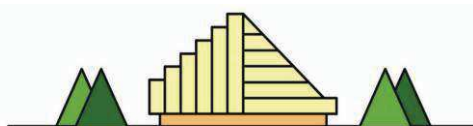




BESKIDY



XXIII OGÓLNOPOLSKA KONFERENCJA  
WARSZTAT PRACY PROJEKTANTA KONSTRUKCJI  
SZCZYRK, 5-8 marca 2008 roku



KATOWICE



Zbigniew  
PAJĄK \*



Łukasz  
DROBIEC \*

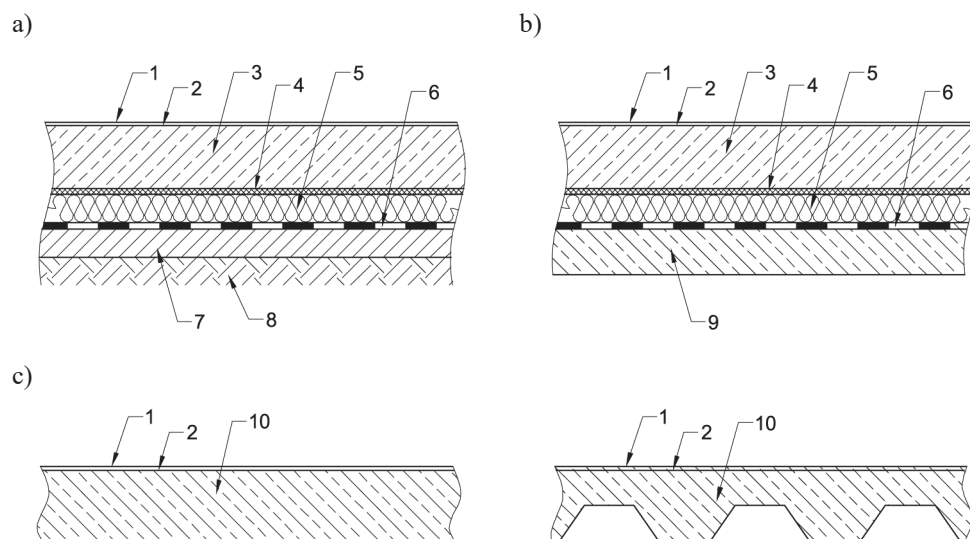
## USZKODZENIA I NAPRAWY BETONOWYCH PODKŁADÓW POSADZEK PRZEMYSŁOWYCH

### 1. Wstęp

Podłoga i jej wierzchnia warstwa - posadzka są jednym z najważniejszych elementów wykończenia budynków, zapewniającym prawidłową eksploatację w przewidywanym okresie użytkowania. Pod pojęciem posadzki przemysłowej rozumie się nawierzchnie wewnętrzne w obiektach przemysłowych, magazynach, centrach handlowych. Zdecydowaną większość posadzek przemysłowych stanowią posadzki betonowe. Warstwę wierzchnią posadzek przemysłowych stanowią: odpowiednio zatarta powierzchnia, najczęściej dodatkowo utwardzona i związana z betonowym podłożem (podkładem), nawierzchnia żywiczna, mineralna (np. lastrico), płytki ceramiczne, kamień. Betonowe posadzki przemysłowe wykonuje się bezpośrednio na odpowiednio przygotowanym i zagęszczonym nośnym podłożu gruntowym lub na stropach między-kondygnacyjnych. Niekiedy betonowa posadzka przemysłowa stanowi jednocześnie element nośny konstrukcji stropu - nadbeton w stropach prefabrykowanych lub w stropach betonowanych na blachach fałdowych. Na rysunku 1 przedstawiono schematy układu warstw w posadzkach przemysłowych.

---

\* Dr inż., Politechnika Śląska



Rys. 1. Schematy układu warstw posadzek przemysłowych:

a) posadzka na gruncie, b) posadzka na stropie, c) posadzka stanowiąca jednocześnie element nośny konstrukcji stropu;

- 1- warstwa wierzchnia (posadzka), 2- ewentualnie warstwa szepna, klej, lepik,  
3- betonowy podkład, 4- ewentualnie warstwa ochronna, 5- ewentualnie izolacja termiczna  
lub akustyczna, 6- izolacja przeciwwilgociowa lub paroszczelna,  
7- ewentualnie warstwa „chudego betonu”, 8- zagęszczone nośne podłoże gruntowe,  
9- strop, 10- beton pełniący funkcję nośną stropu

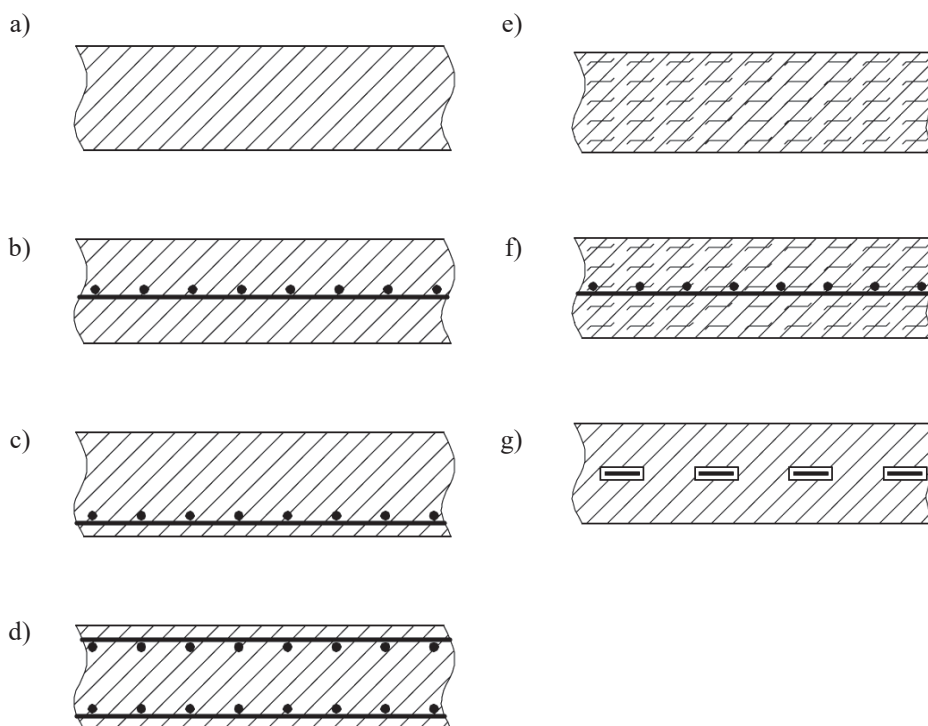
Pomimo wieloletnich doświadczeń i stosowania zaawansowanych technologii betonowe posadzki przemysłowe wykazują ciągle nieproporcjonalnie dużą liczbę uszkodzeń i wad [1, 2, 3]. Dla wykonawców stanowi to z reguły poważne problemy przy odbiorze obiektów - częste reklamacje w okresach gwarancyjnych. Większość wad posadzek przemysłowych ujawnia się bowiem w początkowym okresie użytkowania a nawet zaraz po zakończeniu robót posadzkowych. Naprawy uszkodzeń betonowych posadzek przemysłowych są z reguły kłopotliwe, kosztowne i nie pozostają bez wpływu na estetykę oraz przyszłą eksploatację obiektów. Przykłady uszkodzeń betonowych posadzek przemysłowych są często przytaczane w literaturze technicznej i w materiałach licznych konferencji naukowo-technicznych.

W referacie przedstawiono współczesne wymagania dotyczące wykonania betonowych podkładów posadzek przemysłowych, najczęstsze uszkodzenia podkładów i przyczyny ich powstawania oraz sposoby napraw i remontów. Uszkodzenia podkładów najczęściej pociągają za sobą uszkodzenia warstw nawierzchniowych (warstw utwardzonych, pokryć żywiczych lub mineralnych, płytek ceramicznych, itp).

## 2. Konstrukcje podkładów

Konstrukcje betonowych podkładów zależą od zakładanych obciążeń posadzek siłami rozłożonymi na powierzchni i siłami skupionymi (reakcje z kół urządzeń transportowych, reakcje pod stopami regałów) a także od obciążeń termicznych, warunków gruntowych (niejednorodne podłoże) i technologii wykonania (podkłady dylatowane, posadzki bezspoinowe). Podkłady posadzek przemysłowych wykonuje się jako:

- płyty betonowe niezbrojone - Rys. 2a,
- płyty betonowe zbrojone siatkami zgrzewanymi. Siatki rozmieszczone są w środku grubości płyt (Rys. 2b), przy dolnej powierzchni (Rys. 2c) lub w 2 warstwach - przy dolnej i górnej powierzchni (Rys. 2d). Minimalna otulina zbrojenia powinna wynosić 50 mm.
- płyty ze zbrojeniem rozproszonym (włókna stalowe, włókna syntetyczne - polipropylenowe, polietylenowe, nylonowe) - Rys. 2e,
- płyty ze zbrojeniem siatkami i ze zbrojeniem rozproszonym - Rys. 2f,
- płyty sprężone - Rys. 2g.



Rys. 2. Konstrukcje podkładów (opis w tekście)

Betonowe podkłady ze względu na odkształcenia skurczowe i termiczne wymagają dylatowania. Wyróżnia się następujące rodzaje szczelin dylatacyjnych podkładów:

- Dylatacje konstrukcyjne zwane także termicznymi lub rozszerzania (movement, isolation joints) wykonuje się wokół obwodu posadzki przy

ścianach zewnętrznych pomieszczenia, wokół obwodu niezależnych fundamentów, słupów kanałów itp. W wypadku dużych powierzchni w halach (niewielkie wahania temperatur otoczenia) maksymalna odległość pomiędzy dylatacjami termicznymi nie powinna przekraczać 90 m [4]. W wypadku podkładów zewnętrznych (place składowe, drogi dojazdowe) zaleca się by rozstaw dylatacji termicznych nie przekraczał 50 m w wypadku wykonywania robót betonowych w temperaturze otoczenia powyżej 20°C i 25 m w wypadku wykonywania robót w temperaturze poniżej 20°C [5]. Dylatacje konstrukcyjne podkładów na stropach międzykondygnacyjnych wykonuje się bezpośrednio nad dylatacjami konstrukcji stropu, wzdłuż ścian, w liniach otworów drzwiowych (skokowa zmiana szerokości). Szerokość dylatacji konstrukcyjnych przyjmuje się zazwyczaj równą 20 mm. Dylatacje konstrukcyjne przechodzą przez całą grubość podkładu. Dylatacje konstrukcyjne pomiędzy poszczególnymi polami posadzki powinny być dyblowane. Dylatacje konstrukcyjnych występujących wokół ścian zewnętrznych, przy fundamentach, kanałach, studzienkach, itp najczęściej nie dybluje się.

- Dylatacje stykowe zwane także dziennymi, roboczymi, technologicznymi (formed joints, construction joints), determinowane są technologią wykonywania płyty podkładu. Występują one jako podłużne i poprzeczne na obrzeżach kolejnych „dziennych” pasów betonowania. Szczeliny te powinny być dyblowane. Dyblowanie szczelin powinno się stosować zawsze przy obciążeniach skupionych  $Q$  przekraczających 40 kN. Wzdłuż linii styków dylatacje są zwykle nacinane. Na obrzeżach szczelin stykowych stosowane są często specjalne profile dylatacyjne. Szerokość nacięć dylatacji stykowych wynosi zazwyczaj 3÷6 mm. Rozstaw dylatacji stykowych zależy od technologii wykonywania - metoda wąskich (4÷8 m) lub szerokich (8÷18 m) pasów oraz metoda wielkich płaszczyzn i wynosić może maksymalnie 40 do 50 m. W podkładach wykonywanych na stropach szczeliny stykowe należy sytuować najlepiej w osiach głównych belek nośnych.
- Dylatacje skurczowe zwane także pozornymi lub nacinanymi (sawn joints, contraction joints). Nacięcia wykonuje się na głębokość 1/3 grubości betonowej płyty. Nacięcia wykonuje się pod kątem prostym a stosunek dłuższego boku do krótszego nie powinien być mniejszy niż 1,5. Szerokość dylatacji wynosi 3÷6 mm. Przy obciążeniach skupionych  $Q > 40$  kN szczeliny skurczowe zaleca się dyblować. Maksymalny rozstaw dylatacji skurczowych zaleca się przyjmować z następujących warunków:
  - 25÷35 grubości podkładu,
  - 4,0÷6,0 m w wypadku standardowych warunków wykonania podkładów,
  - 10 m w wypadku specjalnych warunków wykonania (mała ilość wody w mieszance betonowej, niskie ciepło hydratacji, efektywna ochrona przed wiatrem i słońcem, staranna pielęgnacja.

Na rysunku 3 przedstawiono przykładowe rozwiązania dylatacji betonowych podkładów. Dylatacje w zależności od warunków eksploatacji mogą być otwarte, lub zabezpieczone od góry elastycznymi masami. Na rysunku 4 przedstawiono przykładowy rozkład dylatacji podkładu betonowego na gruncie oraz szczegóły dylatacji słupów.

Dylatacje powinny być projektowane w osiach słupów konstrukcji obiektu. Nie należy sytuować dylatacji podłużnych na projektowanych pasach ruchu urządzeń transportowych.

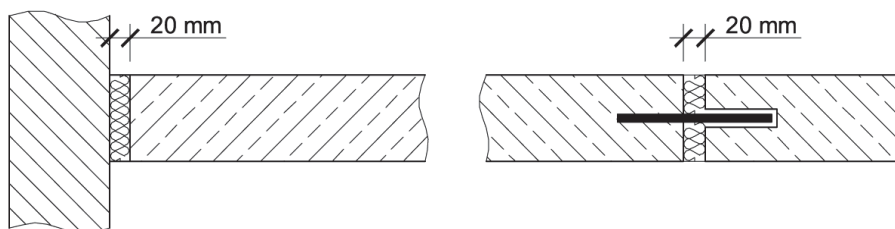
Wypełnienie szczelin dylatacyjnych masami elastycznymi powinno się wykonywać w następujący sposób:

- sfazowanie naroży szczelin szlifierką na głębokość około 2 mm,
- oczyszczenie i przesuszenie oraz wciśnięcie wałka oporowego z tworzywa sztucznego,
- zagruntowanie szczeliny i wypełnienie, do poziomu dolnej krawędzi sfazowania, elastyczną masą uszczelniającą na głębokość równą szerokości szczeliny.

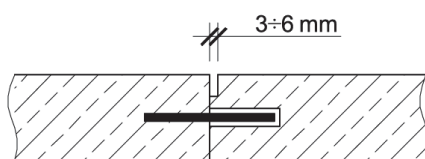
Wypełnienie szczelin powinno być wykonywane po wystąpieniu największych odkształceń skurczowych, czyli nie wcześniej niż około 6 miesięcy od zabetonowania podkładu. Czas ten zależy od warunków otoczenia (temperatura, wilgotność). Często przyrost odkształceń skurczowych występuje w okresie pierwszego okresu grzewczego i wówczas dochodzi do odspojeń, wcześniej założonych mas wypełniających, od krawędzi szczelin.

W celu ograniczenia liczby dylatacji w betonowych posadzkach na podłożu gruntowym, wykonywane są także tak zwane posadzki bezspoinowe (jointless slabs on ground). W posadzkach tego typu wykonuje się jedynie dylatacje stykowe i konstrukcyjne wg podanych wyżej zasad. Posadzki bezspoinowe wymagają większego zbrojenia, najczęściej rozproszonego (włókna stalowe w ilości  $40\div 60 \text{ kg/m}^3$ ), w celu zabezpieczenia przed odkształceniami skurczowymi.

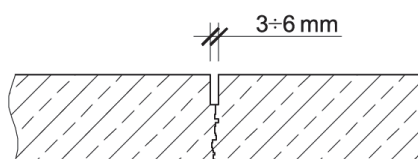
a)



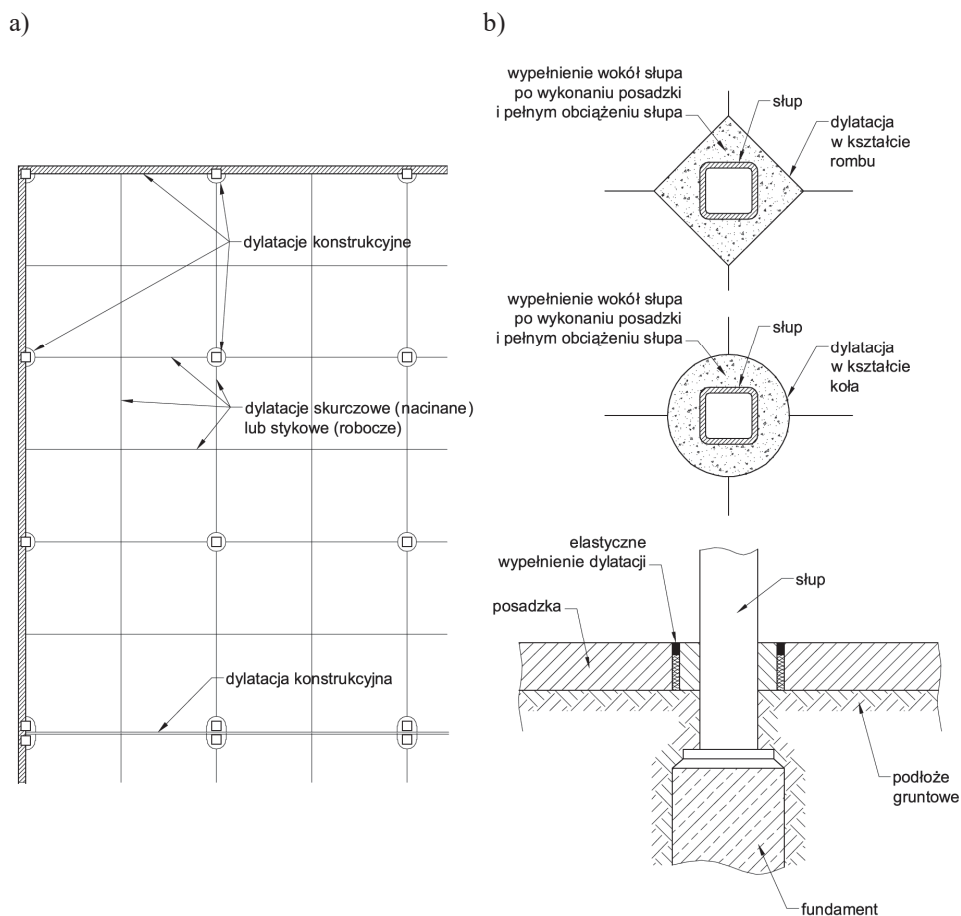
b)



c)



Rys. 3. Konstrukcje dylatacji podkładów: a) dylatacje konstrukcyjne, b) dylatacje stykowe, c) dylatacje skurczowe



Rys. 4. Dylatacje betonowego podkładu [6]: a) rozmieszczenie szczelin dylatacyjnych, b) szczegóły dylatacji słupa

### 3. Wymagania

Wymagania stawiane betonowym podkładom posadzek przemysłowych zależą od ich przeznaczenia, obciążeń, rodzaju nawierzchni. Są one zróżnicowane w poszczególnych normach [7, 8] i obligatoryjnych wytycznych [9, 10].

**Grubość betonowego podkładu** w posadzkach przemysłowych określa się na podstawie obliczeń. Grubość podkładu uzależniona jest od wartości obciążeń i sposobu ich przekazania (rozłożone, skupione), podatności podłoża gruntowego, wytrzymałości betonu podkładu. Przy obciążeniach siłami skupionymi (reakcje z kół, stóp regałów) o grubości podkładu decydują obciążenia krawędziowe (przy końcach płyt i przy dylatacjach). W [11] podano przykładowo obliczone metodą Westergaarda grubości płyt betonowych o charakterystycznej wytrzymałości  $f_{ck} = 40$  MPa, w zależności od współczynnika podatności gruntu K, dla powierzchni magazynowych silnie obciążonych (obciążenie rozłożone  $7,25$  kN/m<sup>2</sup>, wózki o udźwigu do 1,5 t.) - Tablica 1.

Tablica 1. Grubości płyt podkładu w zależności od podatności podłoża K [11]

Rodzaj podłoża	Przeciętna wartość współczynnika podatności K [MN/m <sup>3</sup> ]	Grubość podkładu [mm]
Bardzo słabe	13	235
Słabe	27	230
Dobre	54	225
Dobrze zagęszczone	82	220

Uwaga: Obciążenia jak w magazynach, beton  $f_{ck} = 40$  MPa

Minimalna grubość betonowego podkładu na wg zaleceń amerykańskich [12] powinna wynosić:

- 127 mm (5 cali) przy obciążeniu wózkami na kołach pompowanych,
- 152 mm (6 cali) przy obciążeniu wózkami z kołami z pełnej gumy, stali lub tworzyw sztucznych.

Podobne zalecenia stosuje się np. na Słowacji [13], przy czym minimalną grubość podkładu uzależnia się od wytrzymałości betonu:

- 120 mm dla podkładów z betonu C30/37,
- 130 mm dla podkładów z betonu C25/30,
- 150 mm dla podkładów z betonu C20/25.

Najczęściej grubości podkładów betonowych w posadzkach przemysłowych, wykonywanych na gruncie, wynoszą od 150 do 300 mm. Mniejsze grubości podkładów można przyjmować w podkładach wykonywanych na stropach bez warstwy rozdzielającej (związane z podłożem) lub w podkładach pełniących funkcję nośną w stropach zespolonych. Minimalna grubość podkładów w tych wypadkach powinna wynosić 50 mm w wypadku podkładu zbrojonego i 20 mm przy podkładzie niezbrojonym związanym z podłożem.

**Wytrzymałość betonu podkładu** ustalana jest w fazie projektu posadzki w zależności od obciążeń i przeznaczenia. Jako minimalną wartość wytrzymałości na ściskanie przyjmuje się w większości wypadków wytrzymałość odpowiadającą klasie B 25. Niższą klasę B 20 można przyjąć jedynie w wypadku podkładów pod posadzki o małym obciążeniu - obiekty użyteczności publicznej. W wypadku posadzek silnie obciążonych (intensywny ruch pojazdów na twardym ogumieniu, transport towarowy, bardzo intensywny ruch pieszy) i posadzek o wysokich wymaganiach płaskości powierzchni (magazyny wysokiego składowania, centra dystrybucyjne) beton podkładu powinien odpowiadać klasie minimum B 37 [12]. Według doświadczeń niemieckich zawartych w [14] wymagania w stosunku do betonu posadzkowego uzależniono od przyjętych klas obciążenia posadzki - Tablica 2.

Tablica. 2. Wymagania dla betonu posadzkowego [14]

Klasa obciążenia posadzki	Klasa betonu	Wartość w/c max.	Ścieralność [cm <sup>3</sup> /50 cm <sup>2</sup> ]
1 - pomieszczenia wystawiennicze i handlowe, przemysł lekki niewielki ruch kołowy	B 25	0,53	< 15
2 - hangary lotnicze, parkingi i garaże, ruch wózków widłowych o kołach pompowanych (obciążenie na koło ≤ 40 kN)	B 37	0,47	< 12
3 - przemysł narzędziowy i maszynowy, rampy wylądowcze, ruch ciężkich wózków widłowych (obciążenie na koło ≤ 80 kN), ruch wózków z kołami z pełnej gumy	B 37	0,42	< 8
4 - przemysł ciężki, ruch bardzo ciężkich wózków widłowych (obciążenie na koło > 80 kN)	B 45	0,38	< 6

**Inne wymagania dotyczące betonu** mają istotne znaczenie dla przewidywanego sposobu wykończenia powierzchni i warunków eksploatacji. W podłożach pod systemy posadzkowe na bazie żywic epoksydowych istotne znaczenie ma wilgotność betonu, temperatura i stan przygotowania powierzchni. Wilgotność wagowa betonowego podłoża pod posadzki żywiczne w większości wypadków nie może być większa niż 4 %. Powierzchnia powinna spełniać wymagania normy europejskiej PN-EN 1504-10 [8] w zakresie czystości, szorstkości, zarysowań, wytrzymałości na odrywanie, zanieczyszczenia chlorkami lub innymi szkodliwymi substancjami i głębokości ich wnikięcia, głębokości karbonatyzacji, zawilgocenia, temperatury, stopnia skorodowania zbrojenia. W nawierzchniach zewnętrznych ogranicza się nasiąkliwość, przesiąkliwość, śliskość oraz mrozoodporność betonu. W szczególnych wypadkach wymaga się także spełnienia szczególnych warunków odporności ogniowej i chemicznej.

**Minimalna ilość zbrojenia rozproszonego.** Obecnie w większości wypadków w podłożach betonowych stosuje się zbrojenie rozproszone w postaci włókien tekstylnych i stalowych. Minimalna ilość zbrojenia rozproszonego, dodawanego do mieszanki betonowej, zależy od wielkości obciążeń i rodzaju stosowanego zbrojenia. Według zaleceń słowackich [13] włókna polipropylenowe stosuje się w ilości 0,6÷1,0 kg/m<sup>3</sup>. Należy się tu kierować zasadą: im więcej cementu na 1 m<sup>3</sup> betonu, tym więcej włókien polipropylenowych. Podobne zalecenia zawierają wytyczne polskie [15]. W wypadku włókien stalowych minimalna ich ilość w 1 m<sup>3</sup> zależy od stosunku długości włókna l do jego średnicy d oraz od wielkości obciążeń. W tablicy 3 za [16] podano minimalne ilości zbrojenia na 1 m<sup>3</sup> betonu w zależności od smukłości włókien.

W posadzkach wykonanych bez warstwy ścieralnej występuje często problem obecności włókien na powierzchni posadzki. Francuskie zalecenia Sols Industriels a base de ciment [17] rozróżniają dwie klasy wykończenia płyty: dobrą oraz średnią i w zależności od klasy podają maksymalną liczbę włókien widocznych na powierzchni posadzki - tablica 4.



Tablica. 3. Minimalna ilość włókien stalowych na 1 m<sup>3</sup> betonu [16]

Wielkość obciążenia posadzki	Smukłość włókien l/d		
	80	65	45
<b>Obciążenie małe</b> Obciążenie równomierne do 50 kN/m <sup>2</sup> Obciążenie od regałów do 15 kN/m <sup>2</sup> Obciążenie wózkami paletowymi	>10 kg/m <sup>3</sup>	>15 kg/m <sup>3</sup>	>20 kg/m <sup>3</sup>
<b>Obciążenie średnie</b> Obciążenie równomierne 50÷200 kN/m <sup>2</sup> Obciążenie od regałów do 15÷80 kN/m <sup>2</sup> Obciążenie wózkami widłowymi	>15 kg/m <sup>3</sup>	>20 kg/m <sup>3</sup>	>20 kg/m <sup>3</sup>
<b>Obciążenie duże</b> Obciążenie równomierne >200 kN/m <sup>2</sup> Obciążenie od regałów do >80 kN/m <sup>2</sup> Obciążenie wózkami widłowymi o nacisku na oś > 100 kN	>15 kg/m <sup>3</sup>	>20 kg/m <sup>3</sup>	>20 kg/m <sup>3</sup>

Tablica. 4. Liczba włókien widocznych na 1 m<sup>2</sup> powierzchni posadzki [17]

Rodzaj wykończenia nawierzchni posadzki	Klasa wykończenia nawierzchni	
	średnia	dobra
z warstwą ścierną	3÷6 szt.	< 3 szt.
bez warstwy ścierną	6÷10 szt.	< 6 szt.

**Równość powierzchni** ma istotne znaczenie dla bezpiecznej eksploatacji i własności użytkowych. Dokładność wykonania podkładu powinna być każdorazowo określona w dokumentacji technicznej. Wartości dopuszczalnych odchyłek wymiarowych zależą od wymaganej klasy dokładności i od sposobu wykończenia nawierzchni. W wypadku podkładów z integralną, utwardzaną przez zacieranie, warstwą posadzkową tolerancje wykonania podkładu są takie same jak tolerancje dla samej posadzki. W wypadku podkładów pod posadzki żywiczne, mineralne, samopoziomujące, z płytek ceramicznych lub lastrykowych, tolerancje wykonania podkładu mogą być łagodniejsze w stosunku do tolerancji przyjmowanych dla nawierzchniowej warstwy. Szczególnie ostre wymagania odnośnie równości powierzchni podkładów i posadzek są przyjmowane w magazynach wysokiego składowania, zwłaszcza przy wąskich przejazdach pomiędzy regałami.

W krajowych Warunkach technicznych wykonania i odbioru robót budowlano-montażowych [9] wymaga się by podkład miał powierzchnię równą, stanowiącą płaszczyznę poziomą lub pochyloną, zgodnie z ustalonym spadkiem. Powierzchnia podkładu sprawdzana 2-metrową łatą, przykładaną w dowolnym miejscu, nie powinna wykazywać przeswitoń większych niż 5 mm. Odchylenie powierzchni podkładu od płaszczyzny (poziomej lub pochylonej) nie powinno przekraczać 2 mm/m i 5 mm na całej długości i szerokości obiektu.

Klasyfikacje dokładności powierzchni zawarte w niemieckiej normie DIN 18202 [18] podano w tablicy 5. W tablicy 6 podano klasyfikację dokładności powierzchni posadzek betonowych wg normy angielskiej BS 8204 [19].

Tablica 5. Tolerancje powierzchni przemysłowych posadzek betonowych wg DIN [18]

Przeznaczenie	Odległość poniżej poziomej linii w [mm] na długości				
	0,1 m	1 m	4 m	10 m	15 m
Podkłady betonowe pod posadzki	10	15	20	25	30
Podkłady betonowe pod posadzki o dokładnym wykonaniu	5	8	12	15	20
Posadzki o dokładnym wykonaniu	2	4	10	12	15
Posadzki o specjalnym wykończeniu	1	3	9	12	15

Tablica 6. Klasyfikacja dokładności posadzek betonowych wg BS [19]

Klasa	Zastosowanie	Maksymalna odległość pod łatą 3 m (10 ft)
SR 1	Wysoki standard dla specjalnych posadzek w magazynach	3 mm (1/8 in)
SR 2	Normalny standard w obiektach handlowych i przemysłowych	5 mm (3/16 in)
SR 3	Użytkowy standard dla pozostałych wypadków	10 mm (3/8 in)

Wymagane tolerancje wykonania betonowych posadzek przemysłowych w magazynach wysokiego składowania zawarto w Concrete Society's Technical Report TR 34 - 3<sup>rd</sup> Edition [10], traktowanym w wielu krajach jak norma. Tolerancje równości powierzchni zależą do sposobu ruchu wózków na powierzchni posadzki - ruch swobodny, przypadkowy (Free Movement areas FM - rysunek 5) lub ściśle określony (Defined Movement areas - rysunek 6) i od wysokości składowania. Raport TR 34 nakazuje kontrolę 4 cech (rysunek 7):

- cecha I (przy ruchu określonym): nachylenia - różnica wysokości na długości 300 mm,
- cecha II (przy ruchu swobodnym i określonym): równość (płaskość powierzchni - różnice wysokości na 2 przyległych odcinkach o długości 300 mm (2 x 300 = 600 mm),
- cecha III (przy ruchu określonym) - różnica wysokości na długości rozstawu kół wózków - rozstaw do 1,5 m i powyżej 1,5 m,
- cecha IV: (przy ruchu swobodnym) różnice wysokości w punktach leżących na wytyczonej ortogonalnej siatce pomiarowej 3,0 x 3,0 m.

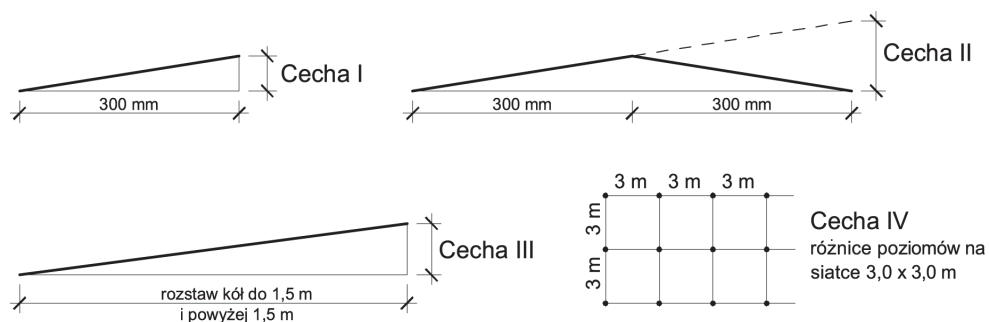
Według raportu TR34 określa się odchyłki gwarantowane z 95% i 100% prawdopodobieństwem nie przekroczenia wartości dopuszczalnych (tablice 7 i 8).



Rys. 5. Posadzka przemysłowa w magazynie - swobodny ruch wózków



Rys. 6. Magazyn o określonym przez ustawienie regałów ruchu wózków



Rys. 7. Sposób określania parametrów równości powierzchni wg TR 34 [10]

Tablica 7. Dopuszczalne wartości odchyłek dla powierzchni przy swobodnym ruchu

Kategoria powierzchni	Sposób użytkowania	Cecha II [mm]		Cecha IV [mm]	
		95 %	100%	95%	100%
FM 1	Bardzo wysoki standard posadzek wykonywanych długimi pasmami	2,5	4,0	4,5	7,0
FM 2	Wysokość składowania ponad 8 m	3,5	5,5	8,0	12,0
FM 3	Wysokość składowania do 8 m, hale przemysłowe	5,0	7,5	10,0	15,0

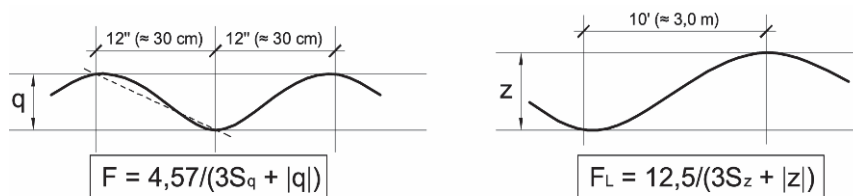
Uwaga: We wszystkich wypadkach maksymalne odchylenia od ustalonego poziomu na całej powierzchni posadzki muszą się zawierać w przedziale  $\pm 15$  mm

Tablica 8. Dopuszczalne wartości odchyłek dla powierzchni przy określonym ruchu

Kategoria powierzchni	Wys. składowania	Cecha I [mm]		Cecha II [mm]		Cecha III [mm]			
		95%	100%	95%	100%	Rozstaw kół do 1,5 m		Rozstaw kół ponad 1,5 m	
						95%	100%	95%	100%
Superflat (SF)	ponad 13 m	0,75	1,0	1,0	1,5	1,5	2,5	2,0	3,0
Kategoria 1	8-13 m	1,5	2,5	2,5	3,5	2,5	3,5	3,0	4,5
Kategoria 2	do 8 m	2,5	4,0	3,25	5,0	3,5	5,0	4,0	6,0

Uwaga: We wszystkich wypadkach maksymalne odchylenia od ustalonego poziomu na całej powierzchni posadzki muszą się zawierać w przedziale  $\pm 15$  mm

Według normy amerykańskiej ASTM E1155 [20] dokładność wykonania powierzchni określa się w sposób statystyczny, dokonując pomiarów różnic wysokości w licznych punktach na powierzchni posadzki. Oblicza się następnie dwie wartości F: -  $F_F$  charakteryzującą płaskość (flatness) powierzchni (Rys. 8a) oraz -  $F_L$  charakteryzującą spoziomowanie (levelness) powierzchni (Rys. 8b). Zalecane wartości F dla różnych kategorii posadzek wg [21] podano w tablicy 9. W tablicy 10 podano natomiast przybliżone wartości dopuszczalnych odchyłek mierzonych pod łąką o długości 3,0 m (10') odpowiadające wartościom F z tablicy 9.



Rys. 8. Określenie wartości F wg [20]: a) pomiar płaskości  $F_F$ , b) pomiar spoziomowania  $F_L$ ; na rysunku oznaczają:  $S_q$  - odchylenie standardowe pomiaru  $q$ ,  $|q|$  - bezwzględna największa wartość z pomiarów  $q$ ,  $S_z$  - odchylenie standardowe pomiaru  $z$ ,  $|z|$  - bezwzględna największa wartość z pomiarów  $z$ ; wszystkie wartości w [in]

Tablica 9. Wartości F dla różnych kategorii posadzek wg ASTM [20]

Kategoria powierzchni	Ruch swobodny wózków				Ruch określony
	Cała powierzchnia		Lokalny obszar		
	F <sub>F</sub>	F <sub>L</sub>	F <sub>F</sub>	F <sub>L</sub>	F <sub>min</sub>
Typowe (ruch wózków widłowych)	19	13	13	10	19
Typowe (wózki o wysokim podnoszeniu)	25	17	13	10	25
Dobra	38	25	19	13	38
Płaska	50	33	25	17	50
Bardzo płaska	75	50	38	25	75
Super płaska	100	66	50	33	100
Ultra płaska	150	100	75	50	150

Tablica 10. Porównanie wartości F<sub>F</sub> z tablicy 9 z wartościami dopuszczalnych odchyłek pod łatą o długości 3,0 m (wartości przybliżone)

Wartość F	Wartość odchyłki w [mm] pod łatą 3 m (10')
12	13 (1/2'')
20	8 (5/16'')
25	6 (1/4'')
32	5 (3/16'')
50	3 (1/8'')

#### 4. Diagnostyka podkładów

Badania betonowych podkładów wykonuje się w celu oceny i sprawdzenia stanu podkładu. Ocena taka jest wymagana przy odbiorze robót, przed nałożeniem ostatecznej warstwy posadzkowej oraz w wypadku konieczności wykonania napraw. Badania diagnostyczne stosowane w ocenie podkładu betonowego obejmują najczęściej:

- obserwacje wizualne,
- sprawdzenie wypoziomowania i równości powierzchni,
- sprawdzenie grubości podkładu,
- określenie cech wytrzymałościowych betonu podkładu,
- badania zbrojenia podkładu,
- badania stanu podłoża gruntowego,
- badania stanu powierzchni (czystość, szorstkość, ścieralność, rozwarstwienia),
- stabilność rys,
- inne cechy w zależności od potrzeb i wymagań - temperatura, zawartość wilgoci, nasiąkliwość, mrozoodporność, karbonatyzacja, zawartość chlorków, oporność elektryczna, penetracja zanieczyszczeń chemicznych, badania korozyjne betonu i zbrojenia.

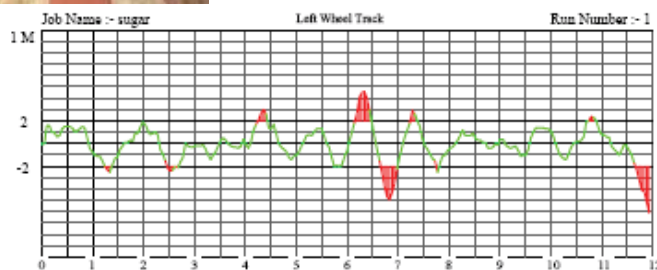
Obserwacje wizualne obejmują powierzchnię podkładu a także wycięte do innych badań próbki rdzeniowe. Na podstawie obserwacji ocenia się: jakość i jednorodność powierzchni, obecność rys, pęknięć, wykruszeń, ubytków betonu, obecność zawilgoceń, wykwitów i

przebarwień, stan dylatacji. Z obserwacji wyciętych próbek rdzeniowych ocenić można: jednorodność, rodzaj kruszywa, porowatość, jakość zagęszczenia, usytuowanie zbrojenia w przekroju, rodzaj i przekroje zastosowanego zbrojenia.

Sprawdzenie wypoziomowania i równości powierzchni. Wypoziomowanie i równość powierzchni sprawdzić można metodami geodezyjnymi (niwelacja powierzchni) lub dokładnymi łatami i elektronicznymi poziomcami - Rys. 9. Do oceny równości powierzchni i sprawdzenia zachowania dopuszczalnych odchyłek zgodnie z wymaganiami norm [10, 18, 20] stosowane są specjalne urządzenia elektroniczne - profilografy, rejestrujące automatycznie profil powierzchni i dopuszczalne wartości odchyłek na wytyczonych trasach przejazdu. Urządzenia te stosowane są przede wszystkim do kontroli równości powierzchni na określonych obszarach w magazynach wysokiego składowania. Na rysunku 10 przedstawiono stosowane urządzenia do pomiaru równości powierzchni i graficzny wynik rejestracji pomiaru.



Rys. 9. Pomiar lokalnego nachylenia powierzchni przy narożu dylatacji poziomica elektroniczną



Rys. 10. Profilografy do pomiaru równości powierzchni zgodnie z wymaganiami norm [10, 18, 20]

Kontrolę grubości podkładu wykonuje się najczęściej na podstawie pomiarów próbek rdzeniowych, które wykorzystuje się następnie do określenia innych właściwości podkładu (Rys. 11). Próbki rdzeniowe o średnicach najczęściej od 80 do 150 mm pobiera się w losowo wytypowanych miejscach lub w miejscach budzących uzasadnione wątpliwości co do jakości podkładu. Liczba próbek zależy od powierzchni sprawdzanego podkładu i nie powinna być mniejsza jednak niż około 6 sztuk. Do określenia grubości podkładu można także wykorzystać, w szczególnych wypadkach, metodę nieniszczącą INPACT ECHO [22], wykorzystującą zjawisko rozchodzenia się fal sprężystych w ciałach stałych. Grubość podkładu określa się wówczas pomiarem wykonywanym z jednej strony, z powierzchni podkładu.



Rys. 11. Odwiert rdzeniowy i pomiar grubości podkładu

Określenie cech wytrzymałościowych betonu dokonuje się na podstawie badań nieniszczących, mało niszczących i badań niszczących. Do badań nieniszczących wykorzystuje się metody sklerometryczne (młotek Schmidta) i metody ultradźwiękowe (betonoskop). Do badań mało niszczących zaliczyć można metodę „pull out”, polegającą na wrywaniu z betonu osadzonej stalowej kotwy - „CAPO TEST” [22]. Badania niszczące wykonuje się w celu określenia wytrzymałości betonu na ściskanie na wyciętych próbkach rdzeniowych. Pobór próbek, ich przygotowanie i badanie należy wykonać zgodnie z normą [23]. Badania przeprowadza się w laboratorium w prasach wytrzymałościowych - Rys. 12. W wypadku podkładów zbrojonych stalowymi włóknami zachodzi czasami potrzeba określenia tak zwanej wytrzymałości równoważnej fibrobetonu na rozciąganie przy zginaniu, na próbkach prostopadłościennych 150x150x450 mm, zgodnie z normą japońską JCI [24] lub amerykańską [25].

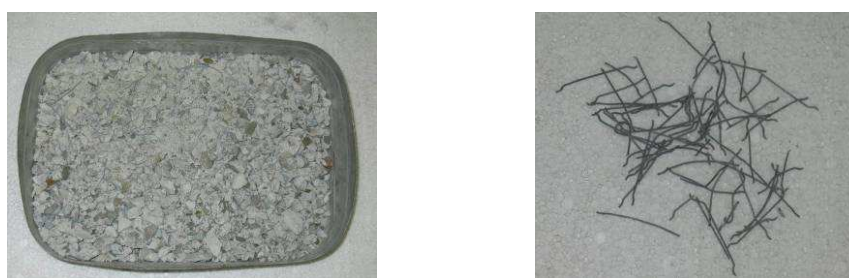


Rys. 12. Badanie wytrzymałości próbki w maszynie wytrzymałościowej

Badania zbrojenia wykonuje się metodami nieniszczącymi wykorzystując urządzenia elektromagnetyczne i radiograficzne [26] lub przez obserwację wyciętych próbek rdzeniowych - Rys. 13. W wypadku fibrobetonu po rozkruszeniu próbki można określić rodzaj i liczbę włókien w próbce a następnie ich zawartość w m<sup>3</sup> zastosowanego betonu (Rys. 14).



Rys. 13. Identyfikacja zbrojenia w wyciętej próbce rdzeniowej



Rys. 14. Widok rozkruszonej próbki i wyodrębnionego zbrojenia rozproszonego

W szczególnych wypadkach wykonuje się badania korozyjne betonu i zbrojenia, wykorzystując metody stosowane w innych konstrukcjach żelbetowych, opisane w [27].



Badania stanu podłoża gruntowego wykonuje się na podstawie sondowań i wierceń poprzez wykonane odwierty rdzeniowe w posadzkach. Stopień zagęszczenia i moduły podbudowy określa się dynamicznymi sondami lekkimi - Rys. 15 lub metodą VSS (średnica odwiertu w tym wypadku - minimum 300 mm). W wyniku wierceń i pobrania próbek określić można uziarnienie i inne parametry geotechniczne podbudowy i głębiej zalegających warstw gruntu.



Rys. 15. Badanie podbudowy gruntowej z wykorzystaniem lekkiej sondy dynamicznej SL

Badania stanu powierzchni podkładu są szczególnie istotne przed aplikacją różnych warstw powłokowych. Czystość powierzchni i zawilgocenia określa się na podstawie obserwacji wizualnych. Pozostałe cechy jak szorstkość, ścieralność, wilgotność, temperaturę, skażenia chemiczne na podstawie stosownych norm krajowych i europejskich.

Stabilność rys jest istotną cechą przy podejmowaniu decyzji odnośnie naprawy. Pomiar przemieszczeń poziomych i pionowych w rysach wykonuje się czujnikami mechanicznymi lub elektronicznymi.

Inne właściwości podkładów mogą być sprawdzane wg stosownych procedur, jeżeli zamawiający postanowił określić daną właściwość, nawet wówczas gdy przepisy ogólne tego nie wymagają.

## 5. Uszkodzenia podkładów i przyczyny ich powstawania

Uszkodzenia betonowych podkładów stanowią znaczną część występujących uszkodzeń posadzek przemysłowych. Często wady wierzchniej warstwy posadzek spowodowane są uszkodzeniami podkładu, bywa również, że uszkodzenia powierzchniowe powodują stopniową degradację podkładu.

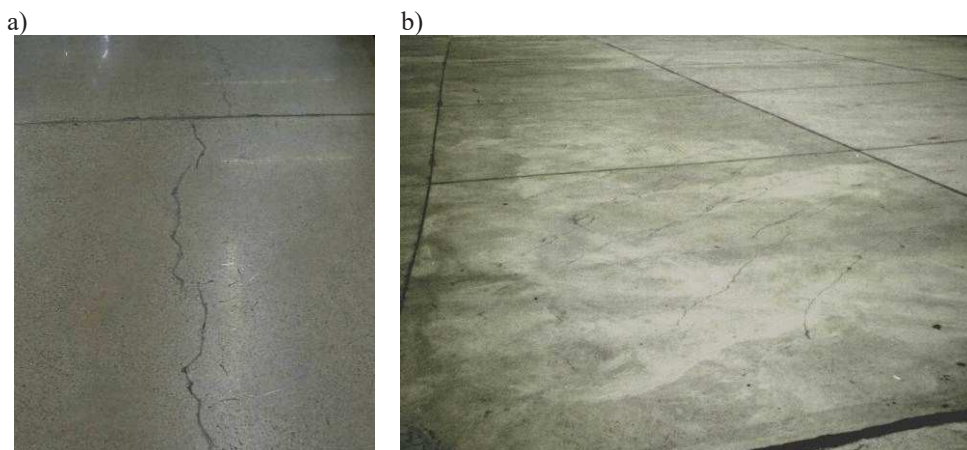
Uszkodzenia betonowych podkładów mogą być wywołane błędami projektowymi (najczęściej zły dobór materiałów posadzki, warstw posadzki, złe rozwiązanie dylatacji), błędami wykonawczymi oraz niewłaściwym użytkowaniem. Niewłaściwa jakość podkładu

lub jego nieodpowiednie przygotowanie są przyczyną ponad 50% uszkodzeń posadzek [28].

Wśród najważniejszych uszkodzeń i wad podkładów betonowych wymienić można:

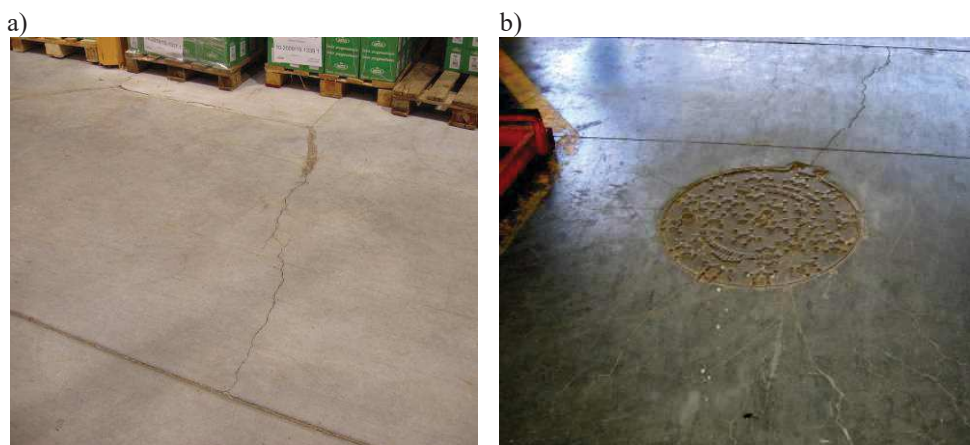
- zarysowania skrośne,
- rysy powierzchniowe,
- wady struktury betonu,
- nieodpowiednie rozmieszczenie dylatacji nacinanych,
- podnoszenie się naroży oraz krawędzi płyt i nierówności powierzchni,
- uszkodzenia powierzchniowe.

**Rysy skrośne** to jedno z najczęściej spotykanych uszkodzeń podkładów posadzek. Miejsce występowania zarysowania, przechodzącego przez całą grubość płyty posadzki, ściśle zależy od przyczyny wywołującej zarysowania. Najczęstszymi przyczynami są nierównomierne osiadania podłoża i przeciążenia oraz wpływy termiczno-skurczowe [29]. Gdy przyczyna powstania zarysowania związana jest z ruchem podłoża i przeciążeniem składowanym materiałem lub obciążeniem wywołanym środkami transportowymi rysy występują w okolicy zmiany struktury gruntu. W wypadku gdy przyczyną uszkodzeń są wpływy termiczno-skurczowe pojedyncze rysy o znacznej rozwartości usytuowane w najczęściej środkowej części dylatowanego pola posadzki (rys. 16a) lub obserwuje się kilka równomiernie rozmieszczonych rys o mniejszej rozwartości (rys. 16b). Głównymi przyczynami niepożądanego skurczu betonu posadzki są: nadmiar wody w mieszance, niewłaściwe uziarnienie kruszywa, zbyt późne lub zbyt płytkie nacięcie szczelin dylatacyjnych i zbyt duże odległości między szczelinami, zbyt późne nałożenie środka utwardzającego powierzchnię, lub zła jego jakość (skuteczność poniżej 75%), przesuszenie powierzchni w pierwszych dniach po zabetonowaniu, przeciągi, zbyt mała zawartość zbrojenia rozproszonego. Rysy skurczowe najczęściej pojawiają się w pierwszych tygodniach po zabetonowaniu i stopniowo się powiększają. Czasem rysy te ujawniają się dopiero później, np. po pierwszym okresie grzewczym, kiedy to występuje dodatkowo istotne odprowadzenie wody z podkładu.



Rys. 16. Skrośna rysa wywołana wpływami termiczno-skurczowymi: a) pojedyncza rysa w środku dylatowanego pola, b) zespół mniejszych rys

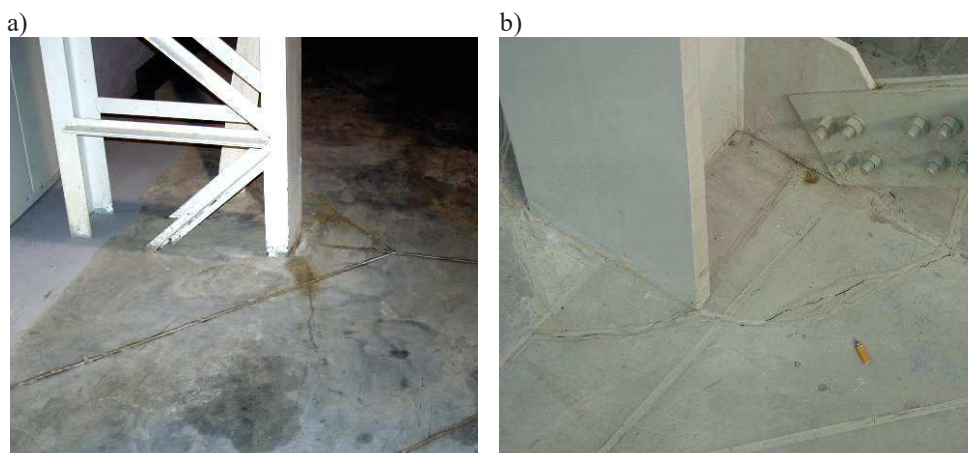
Rysy skośne często inicjują się również w miejscach koncentracji naprężeń takich jak: narożniki (rys. 17a), miejsca przebieg przez posadzkę (rys. 17b) oraz w okolicy otworów, gdzie występują duże zmiany temperatury (rys. 18). Czasem, pomimo zastosowania dylatacji typu „caro”, rysy występują również w okolicy słupów obiektów halowych (rys. 19). Związane jest to z różnicą odkształceń konstrukcji obiektu (słupy + fundament) i konstrukcji posadzki. Poprzez siły tarcia i adhezji siły ze słupa częściowo przekazują się na przylegającą do niego posadzkę co powoduje jej zarysowanie w bezpośredniej bliskości słupa. Aby uniknąć tego typu uszkodzeń należy na styku słupa i betonu posadzki zastosować izolację z taśmy poliuretanowej.



Rys. 17. Zarysowania w miejscach koncentracji naprężeń: a) przy narożnikach części naprawianej, b) przy studziencie kanalizacyjnej

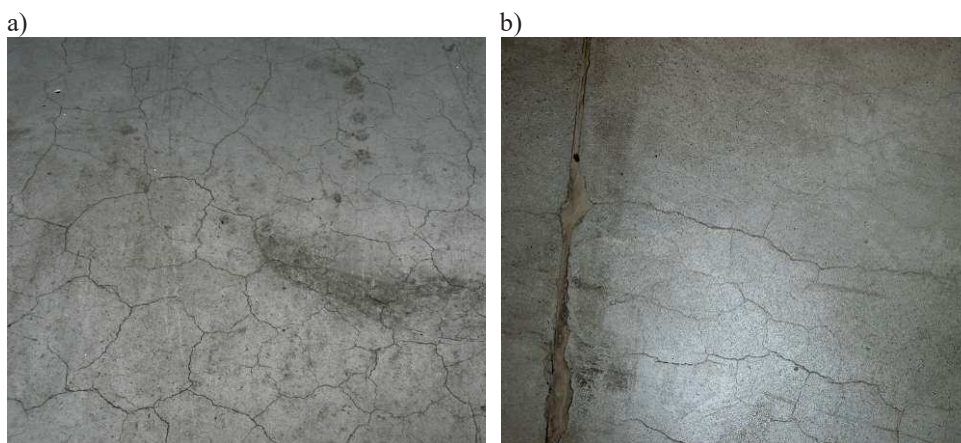


Rys. 18. Rysa w okolicy bramy wjazdowej



Rys. 19. Zarysowania powierzchniowe (tzw. map cracking): a) układ nieregularnych rys, b) rysy orientowane w kierunku dłuższego boku pola posadzki

**Rysy powierzchniowe** (tzw. map cracking) mają zazwyczaj układ nieregularnej siatki (rys. 20a), a czasem na posadzce o polach w kształcie prostokąta orientowane są w kierunku dłuższego boku pola (rys. 20b). Najczęstszą przyczyną występowania dużych powierzchniowych zarysowań jest skurcz plastyczny wywołany przesuszeniem powierzchni płyty w pierwszych godzinach po wykonaniu. Uszkodzenia te spowodowane być mogą również nadmiarem wody w mieszance betonowej, wydzielanie się mleczka cementowego, wadliwą pielęgnacją betonu lub jej brakiem, zastosowaniem zbyt dużej ilości preparatu utwardzającego do wykańczania powierzchni płyty lub zastosowaniem niewłaściwego utwardzacza z dużą domieszką cementu [29, 30].



Rys. 20. Zarysowania powierzchniowe (tzw. map cracking): a) układ nieregularnych rys, b) rysy orientowane w kierunku dłuższego boku pola posadzki

**Wady struktury betonu** to pustki powietrzne, niedowibrowania, rozwarstwienia, i wytrącenia obce. Pustki powietrzne i niedowibrowania związane są z zastosowaniem

nieodpowiedniego betonu lub niewłaściwym wykonaniem płyty posadzki (złe odpowietrzenie betonu podczas układania i zagęszczania). Przykład pustek powietrznych w pobranej próbce betonu pokazano na rys. 21.

Wtrącenia obce pochodzenia organicznego spotykane są czasem w wypadku zastosowania zanieczyszczonych kruszyw. Wtrącenia takie, jeżeli występują w większej ilości, powodują istotne obniżenie jakości betonu w podkładzie.



Rys. 21. Pustki powietrzne na pobocznicach walców wyciętych z podkładu posadzki

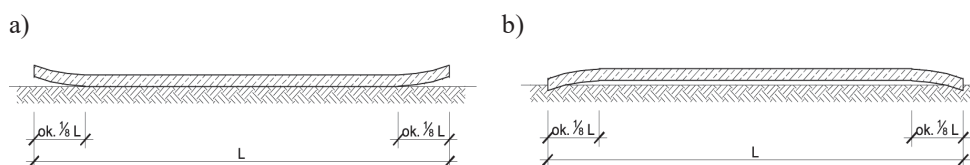
**Nieodpowiednie rozmieszczenie dylatacji nacinanych** może również wpływać na występowanie zarysowań. Dobrymi warunkami do wystąpienia zarysowania stwarza się dylatującą posadzkę w polach o zróżnicowanej powierzchni, wykonując pola prostokątne oraz z przesuniętymi nacięciami dylatacyjnymi (rys. 22).



Rys. 22. Zarysowania na przedłużeniu nacinanej dylatacji

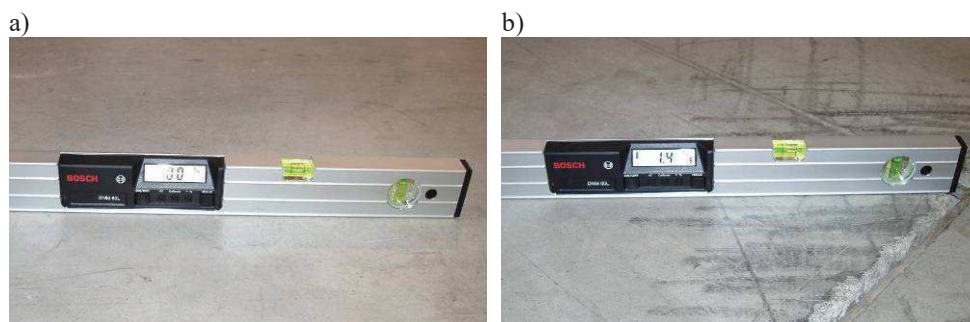
**Podnoszenie się naroży i krawędzi płyt (curling) i spowodowane tym nierówności powierzchni** są typowymi zjawiskami w posadzkach przemysłowych. Wielu autorów [28, 31, 32] uważa nawet, że zjawiska curlingu nie należy zaliczać do uszkodzeń a jedynie do

wad posadzki, gdyż nie można go całkowicie wyeliminować, a jedynie wpływać na jego wielkość. Podnoszenie się naroży i krawędzi płyt spowodowane jest nierównomiernym skurczem dolnej i górnej warstwy płyty na skutek innych warunków dojrzewania (odmienna wilgotność i temperatura). Zjawisko to występuje zazwyczaj na obszarze o szerokości do  $1/8$  długości płyty wzdłuż obwodu dylatowanego pola. Odmienny mechanizm obserwuje się w posadzkach usytuowanych wewnątrz i na zewnątrz pomieszczeń. W posadzkach wewnątrz pomieszczeń obserwuje się podnoszenie krawędzi płyty do góry pod wpływem większego skurczu górnych warstw posadzki i większej wilgotności jej warstw dolnych (rys. 23a), zaś w posadzkach usytuowanych na zewnątrz występuje deformacja krawędzi płyt do dołu pod wpływem działania promieni słonecznych (rys. 23b).



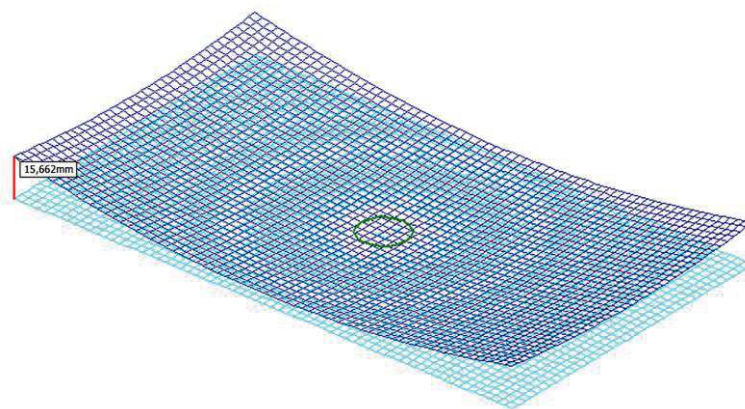
Rys. 23. Schemat powstania zjawiska curlingu: a) posadzka wewnątrz pomieszczenia, b) posadzka na zewnątrz pomieszczenia

Przy niesprzyjających warunkach krawędzie płyt mogą się podnieść nawet o kilkadziesiąt milimetrów. Na rys. 24 pokazano przykład badania automatyczną poziomą w środku (brak pochylenia – 0,0%) i w narożu płyty (nachylenie 1,4%). Płyta miała długość 6,6 m i grubość 150 mm, przyjmując, że podnoszenie naroży występuje na  $1/8$  długości płyty można zgrubnie oszacować, że płyta podniosła się przy krawędziach na około 12 mm.



Rys. 24. Pomiar spoziomowania płyty : a) część środkowa, b) naroże płyty

Dokładne określenie wielkości podnoszenia krawędzi i narożników wymaga przeprowadzenia analizy numerycznej z uwzględnieniem odpowiednich warunków podparcia płyty i odpowiedniego obciążenia. Płytę należy modelować przestrzennie na podłożu uwarstwowionym przy założeniu, że warstwy nie przenoszą naprężeń rozciągających. Pomocne są tzw. więzy jednostronne, które umożliwiają przenoszenie tylko naprężeń ściskających oraz powstanie odrywania w miejscu naprężeń rozciągających. Przykładowe wyniki obliczeń płyty przedstawione na rys. 24 pokazano na rys. 25.

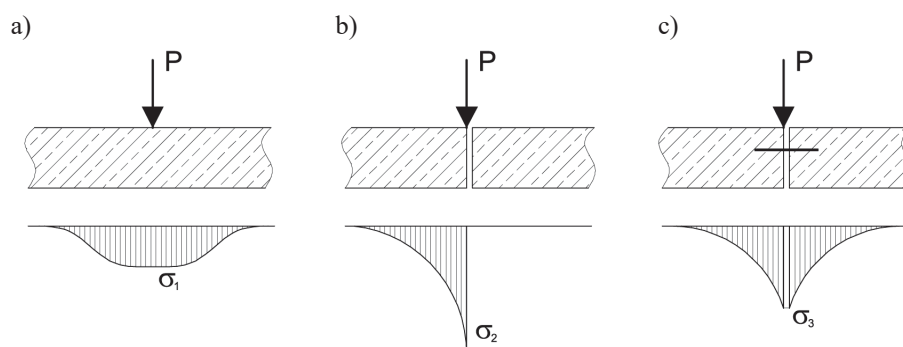


Rys. 25. Wyniki obliczeń płyty pokazanej na rys. 24

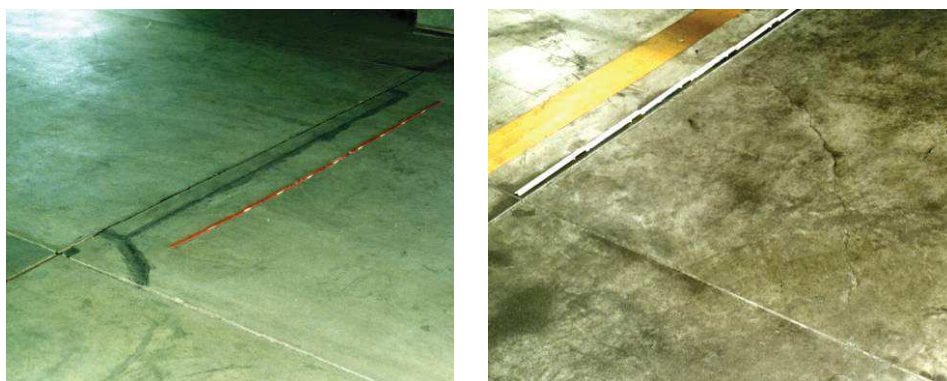
Ograniczenie zjawiska podnoszenia krawędzi i naroży płyt jest możliwe jedynie na etapie projektowania i wykonawstwa posadzki. Przede wszystkim należy zadbać o jak najmniejszy skurcz betonu posadzki. Zmniejszenie skurczu o 1‰ powoduje zmniejszenie wielkości podnoszenia płyty (o polu 6,0 x 6,0 m i grubości 0,15 m) o ok. 6 mm [31]. W celu zmniejszenia skurczu należy utrzymać stosunek w/c na poziomie 0,4÷0,5 oraz stosować betony szczelne, bez porów powietrznych, modyfikowane superplastyfikatorami. Wyniki badań prezentowane w pracy [33] prowadzą do wniosku, że odpowiednia pielęgnacja oraz zastosowanie superplastyfikatorów może ograniczyć skurcz płyty posadzki o połowę. Zwiększenie grubości betonowego podkładu posadzki ma również wpływ na ograniczenie zjawiska podnoszenia krawędzi. Zwiększenie grubości płyty z 15 do 20 cm zmniejsza to zjawisko o 50% [31].

Wylimitowanie zjawiska podnoszenia krawędzi i naroży płyt jest teoretycznie możliwe przy zastosowaniu poduszek powietrznych podczas wykonywania płyty posadzki [34, 35]. Polega to na zamontowaniu pod wykonywaną płytą poduszek powietrznych w rozstawie co 1÷2 m, które po 3÷7 dniach od zabetonowania płyty napęlnia się powietrzem. Płyta unosi się do góry tworząc pustkę pomiędzy spodem betonu a gruntem, zapewniając tym samym zbliżone warunki dojrzewania po obu stronach płyty. Po kilku tygodniach płytę opuszcza się i można przystąpić do eksploatacji. Ze względu na brak bliższych informacji o praktycznych zastosowaniach tego rozwiązania, trudno jest oceniać jego skuteczność. Metoda może być przydatna przy wykonywaniu płyt o małej rozpiętości (autorzy wykonali płytę 15,0 x 8,0 m). Przy większych płytach zastosowanie poduszek powietrznych będzie zapewne utrudnione.

Występowanie podnoszenia narożników i krawędzi płyt jest szczególnie niekorzystne w posadzkach obciążonych znacznym ruchem transportowym. Podniesione obszary płyt są bowiem narażone na złamanie pod wpływem obciążenia od kół środków transportowych. Rozkład obciążeń od siły skupionej jest dwukrotnie większy na krawędziach niż w środku płyty (rys. 26). Często więc obserwuje się zarysowania naroży (rys. 27) oraz rysy równoległe do dylatacji biegnące wzdłuż brzegów płyt (rys. 28), co świadczy o załamaniu podniesionych naroży i krawędzi. Dlatego powszechnie zaleca się dyblowanie dylatacji wzdłuż wszystkich dróg transportowych, na wysokości nie mniejszej niż 1/3 wysokości płyty od góry.



Rys. 26. Schemat rozkładu naprężeń w posadzce pod wpływem obciążenia punkowego: a) przyłożonego w środku płyty, b) przyłożonego na krawędzi płyty, c) przyłożonego na krawędzi płyt połączonych dyblowaniem,  $\sigma_2 > 2\sigma_1$ ,  $\sigma_3 \approx 2\sigma_1$  [1]



Rys. 27. Zarysowania naroży posadzki



Rys. 28. Zarysowania wzdłuż krawędzi posadzki



**Uszkodzenia powierzchniowe**, takie jak pylenie, ścieranie, łuszczenie i rozwarstwienie, lejkowate odpryski i wykruszenia (typu „pop-out”) są uciążliwe podczas eksploatacji posadzek. Pylenie i nadmierne ścieranie posadzki są wynikiem nieodpowiedniego wykonania warstwy wierzchniej posadzki. Lokalne rozwarstwienia wierzchniej warstwy i podkładu (rys. 29) wywołane są nadmierną, opóźnioną sedimentacją mieszanki betonowej na skutek zbyt wysokiego w/c lub zbyt szybkiego rozpoczęcia prac przy warstwie wykończającej powierzchnię [36]. Lejkowate pojedyncze odpryski typu „pop-out” (rys. 30) spowodowane są znaczną zawartością szkodliwych minerałów w kruszywach. Niektóre kruszywa mogą bowiem reagować z alkalią zawartymi w cemencie, tworząc pęczniące produkty reakcji. Reakcje te mogą zachodzić zarówno z kruszywami bogatymi w krzemionkę (asr – alkali silica reaction), jak i z kruszywami węglowymi (acr – alkali carbonate reaction) [37]. Gdy kruszywo cechuje się niską gęstością objętościową ma tendencję do wypływania na powierzchnię mieszanki betonowej. Wówczas efektem reakcji kruszywo – alkalia jest odspojenie fragmentu wierzchniej warstwy posadzki.



Rys. 39. Rozwarstwienie warstwy wierzchniej i podkładu



Rys. 30. Lejkowate odpryski typu „pop-out”

Wadą nawierzchni posadzki jest zbyt duża liczba włókien zbrojenia rozproszonego widoczna na powierzchni (rys. 31a). Zalecenia francuskie [17] podają, że na powierzchni  $1 \text{ m}^2$  średniej klasy posadzki może być widoczne  $3\div 6$  sztuk włókien zbrojenia (w wypadku posadzki z warstwą ścierną) lub  $6\div 10$  sztuk (w wypadku posadzki bez warstwy ściernej) – por. tabl. 4. Występowanie zbrojenia rozproszonego na powierzchni posadzki ma szczególnie negatywny wpływ na trwałość posadzek o małej odporności na ścieranie. Na skutek ścierania powierzchni może dochodzić do wyrwania włókien zbrojenia rozproszonego z powierzchni i powstania szeregu bruzd (rys. 31b).



Rys. 31. Zbrojenie rozproszone na powierzchni posadzki: a) widoczne włókna stalowe w dużej ilości, b) bruzdy na powierzchni posadzki po wyrwaniu włókien zbrojenia

## 6. Uszkodzenia dylatacji i przyczyny ich powstawania

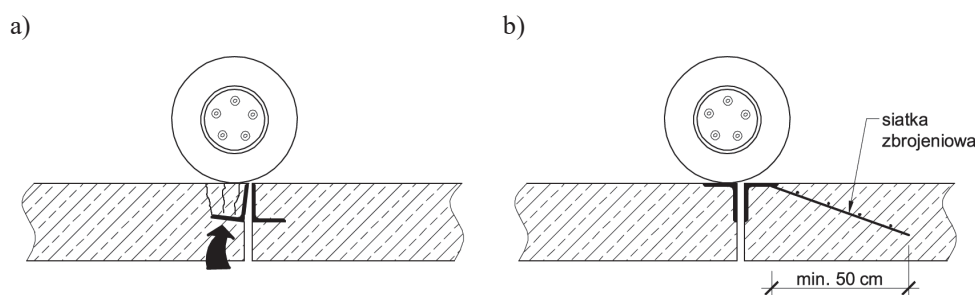
Nie mniej liczną grupę, w porównaniu do uszkodzeń betonowych podkładów posadzek, stanowią uszkodzenia dylatacji. Najwięcej uszkodzeń dylatacji obserwuje się zazwyczaj na trasach ruchu środków transportowych. Do najczęstszych uszkodzeń dylatacji zaliczyć można:

- wykruszenia krawędzi,
- odspojenia kitów wypełniających,
- niedokładne zabetonowanie dybli,
- klawiszownie,
- korozja i uszkodzenia stalowych elementów dylatacyjnych.

**Wykruszenia krawędzi dylatacji** występują zazwyczaj w dylatacjach nacinanych, stykowych lub dylatacjach konstrukcyjnych, gdzie nie wykonano sfazowania lub odpowiedniego okucia krawędzi dylatacji. Uszkodzenia te są najczęściej wynikiem miażdżenia betonu pod wpływem działania pionowych i poziomych obciążeń od kół środków transportowych. Stosowane powszechnie wózki widłowe mogą przekazywać na posadzkę pionowe obciążenia skupione o wartości do 100 kN i siły poziome od hamowania kół rzędu 5÷30 kN. Już przy obciążeniu skupionym przekraczającym 3,0 kN zaleca się ochronę krawędzi płyt posadzki stalowymi profilami [38]. Zasady kształtowania dylatacji omówiono szczegółowo w pracy [39]. Przykłady wyruszeń krawędzi dylatacji pokazano na rys. 32. Szczególnym przypadkiem uszkodzeń dylatacji jest wykruszenie betonu na skutek niewłaściwie wykonanego okucia (rys. 33). Niewłaściwe wbetonowanie kątowników okucia może prowadzić do uszkodzeń na całej długości dylatacji lub lokalnych wyruszeń fragmentów posadzki kołami środków transportowych (rys. 34).



Rys. 33. Przykłady wyruszeń krawędzi dylatacji

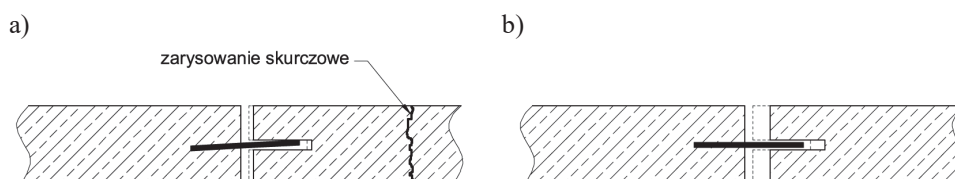


Rys. 34. Okucie kątownikiem krawędzi dylatacji: a) niewłaściwe, b) właściwe



Rys. 35. Wyłamania krawędzi dylatacji przez źle osadzony kątownik pod działaniem obciążenia kołami środków transportowych

**Niedokładne zabetonowanie dybli** może również prowadzić do znacznych uszkodzeń posadzki. Nierówno (nie prostopadle do powierzchni styku) zamontowane dyble powodują ograniczenie swobody odkształceń skurczowych betonowego podkładu, co z kolei generuje zarysowania (rys. 36a). Zdarza się, że dyblowane szczeliny stykowe, po ustabilizowaniu odkształceń skurczowych, mają mniejszą rozwartość od dylatacji nacinanych. Ukośne zabetonowanie dybli jest wadą, którą trudno ujawnić. Możliwe jest to dopiero po rozkuciu płyty w strefie przydylatacyjnej (rys. 37).



Rys. 36. Wpływ nierównego zamontowania dybli: a) ukośne osadzenie ogranicza odkształcenia skurczowe, b) prawidłowe osadzenie umożliwia swobodne odkształcenia płyty



Rys. 37. Rozebrany fragmenty posadzki przy dylatacji – widoczne ukośne dyble [47]

**Odspojenia kitów wypełniających** w dylatacjach lub ich zniszczenia mogą nastąpić w przypadku użycia kitów nie dostosowanych do występujących obciążeń. Najczęściej odspojenia kitów od krawędzi są jednak wynikiem niewłaściwej aplikacji wypełnień – zbyt wczesnego układania kitów (przed zakończeniem procesów skurczowych) i zanieczyszczenia lub zawilgocenia szczelin w czasie zakładania wypełnień. Zasady wypełniania szczelin, w zależności od stosowanych materiałów opisano w pracach [40, 41]. Na rys. 38 pokazano przykłady odspojeń kitów wypełniających dylatacje.



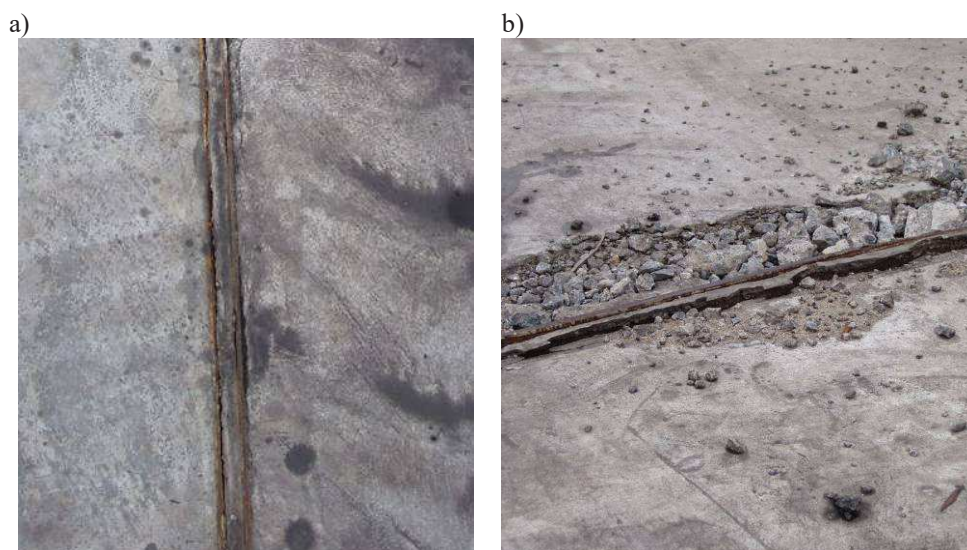
Rys. 38. Odspojenia kitów wypełniających dylatacje

**Klawiszownie** występuje najczęściej w dylatacjach niedyblowanych. Przyczyną występowania tych uszkodzeń może być nierównomierne osiadanie gruntu lub wpływy wywołane eksploatacją górniczą. Przykłady klawiszowania posadzki na dylatacjach, spowodowany spęłaniem gruntu od eksploatacji górniczej, pokazano na rys. 39 - konstrukcję dylatacji nie dostosowano do występujących przemieszczeń podłoża.



Rys. 39. Klawiszowanie dylatacji spowodowane wpływami eksploatacji górniczej

**Korozja i uszkodzenia stalowych okuć dylatacyjnych** mogą wystąpić w posadzkach narażonych na bezpośrednie działanie czynników atmosferycznych lub na działanie agresywnego środowiska. W wypadku gdy rodzaj profili dylatacyjnych zostanie nieodpowiednio dobrany do występujących obciążeń może dojść do uszkodzenia profili (wygięcie, wyrwanie). Przykład korozji i uszkodzeń okucia dylatacji pokazano na rys. 40.



Rys. 40. Uszkodzenia stalowych okuć dylatacyjnych: a) korozja kątowników dylatacyjnych, b) wykruszenia betonu, deformacja i korozja okucia dylatacji

## 7. Sposoby napraw uszkodzonych podkładów

Sposoby napraw uszkodzeń betonowych podkładów nośnych posadzek przemysłowych uzależnione są od rodzaju i zakresu występujących uszkodzeń. W większości wypadków uszkodzenia obejmują duże powierzchnie i z reguły usunięcie ich wiąże się ze znacznymi kosztami. Poniżej omówione zostaną najczęściej stosowane sposoby naprawy zarysowań i innych wad podkładów betonowych. Sposoby naprawy zewnętrznej warstwy powierzchniowej posadzek omówiono szeroko w Materiałach Warsztatów w referacie L. Czarneckiego i B. Chmielewskiej, zaś metody wzmocnienia podłoża gruntowego pod posadzkami przedstawiono w referacie J. Sękowskiego.

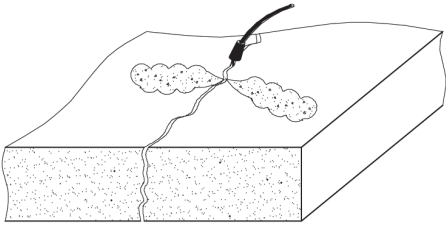
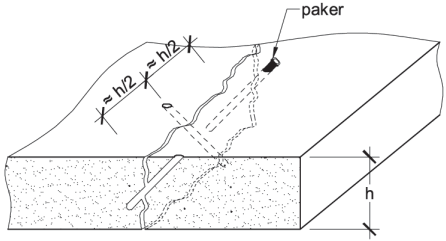
Do najczęściej stosowanych metod naprawy uszkodzonych betonowych podkładów posadzek zaliczyć można:

- iniekcję rys,
- szycie rys,
- szycie rys i iniekcję,
- częściową wymianę fragmentu betonu podkładu,
- całkowitą wymianę fragmentu betonu podkładu,
- naprawa naroży i krawędzi,
- nadbetonowanie nowej płyty,
- wymiana płyty.

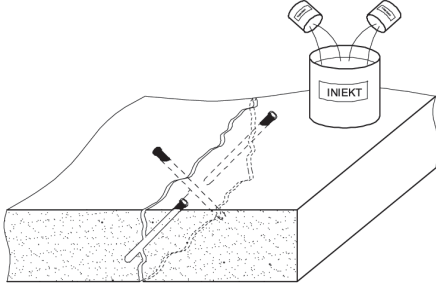
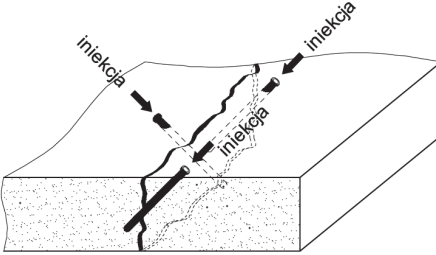
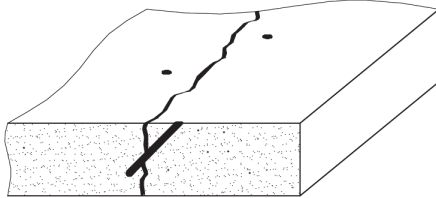
**Iniekcja rys** jest jedną z bardziej znanych metod naprawy konstrukcji betonowych [42, 43, 44]. Wymaga ona jednak dużego doświadczenia i najczęściej obarczona jest pewnym ryzykiem niepewności. W wypadku betonowych podkładów dostęp do rysy jest wyłącznie jednostronny, co zawsze utrudnia kontrolę wypełnienia. Z uwagi na nośną funkcję betonowych podkładów należy stosować siłowe scalenie rys. Wykorzystuje się w tym celu materiały żywiczne (epoksydowe, polimerowe, akrylowe) lub w wypadku rys o większych

rozwartościach materiały na spoiwie cementowym (zaczyny cementowe lub mikrocementowe) włączane pod ciśnieniem do około 0,8 MPa (metody nisko i średnio ciśnieniowe). Czasem, gdy istnieje konieczność uszczelnienia rys stosuje się specjalne iniektory poliuretanowe, które mają zdolność siłowego sklejenia konstrukcji oraz dodatkowo stanowią jej uszczelnienie. Tłoczenie iniektu odbywa się po nawierceniu otworów i założeniu specjalnych końcówek iniekcyjnych tzw. „pakerów”. Rozmieszczenie i układ otworów zależą od geometrii rysy. Przyjmuje się, że otwory powinny przecinać rysę w połowie grubości betonowej płyty. Nawiercy wykonuje się obustronnie wzdłuż rysy pod kątem około 45° i w odstępach połowy grubości płyty. Sposób przeprowadzenia naprawy posadzki metodą iniekcji zamieszczono na tablicy 11. Widok naprawionych rys pokazano na rys. 41.

Tablica 11. Sposób wykonania naprawy betonowej płyty posadzki metodą iniekcji

Opis kolejnych czynności	Schemat
<p><b>Oczyszczenie rysy</b></p> <p>Wnętrze rysy jak również ich krawędzie muszą być czyste. Nie może się w nich znajdować pył, luźne kruszywo, lub inne materiały o działaniu rozdzielającym. Ewentualne zanieczyszczenia należy usunąć przez przedmuchiwanie sprężonym powietrzem. Niektóre systemy iniekcji żywicami poliuretanowymi zalecają przepłukanie zarysowań wodą, gdyż pod wpływem reakcji z wodą iniekt zwiększa swoją objętość. Sposób oczyszczenia zarysowań należy uzgodnić z producentem materiału iniekcyjnego.</p>	
<p><b>Osadzenie pakerów</b></p> <p>Pakery osadza się naprzemiennie po obu stronach rysy w odległości <math>0,5h</math> od krawędzi zarysowania (<math>h</math> – wysokość płyty) w nawierconych pod kątem ok. 45° otworach. Odległość między pakierami zależna jest od szerokości rysy, grubości elementu budowlanego oraz od związanego z temperaturą czasu przerabiania, jak również od lepkości materiału (orientacyjnie: grubość iniektowanego elementu dzieli się przez 2).</p> <p>W przypadku rys o większej rozwartości, aby uniknąć niepotrzebnych strat iniektu często wykonuje się zamknięcie zarysowań specjalnymi szpachlami. Zamknięcie rysy ma jednak pewne wady – nie można w pełni kontrolować procesu wypełnienia zarysowań. Zaleca się aby zamknąć rysy o rozwartości <math>&gt; 1,0</math> mm.</p>	

c.d. tablicy 11. Sposób wykonania naprawy betonowej płyty posadzki metodą iniekcji

Opis kolejnych czynności	Schemat
<p><b>Mieszanie składników</b></p> <p>Większość materiałów iniekcyjnych jest dwuskładnikowa. Przed użyciem składniki należy wymieszać ze sobą wolnobieżnym mieszadłem do uzyskania jednolitej konsystencji. Czas przerobu pojemnika materiału jest zależny od ilości rozmieszanego materiału i temperatury otoczenia. Należy ściśle przestrzegać wytycznych producenta.</p>	
<p><b>Iniekcja</b></p> <p>Zaleca się stosowanie iniekcji nisko lub średniociśnieniowej. Maksymalne ciśnienie iniekcji uzależnione jest od wytrzymałości betonu na ściskanie. Przyjmuje się, że nie powinno ono przekraczać <math>1/3 f_d</math> [42]. Do iniekcji należy zastosować zalecane przez producenta iniektu urządzenia (pompy iniekcyjne, zbiorniki, węże itp.)</p>	
<p><b>Czyszczenie</b></p> <p>Po wykonaniu iniekcji powierzchnię stropu należy oczyścić, a końcówki pakerów usunąć. Czyszczenie winno odbywać się po zakończonej iniekcji względnie przy dłuższych przerwach i przestojach w ramach czasu przerobu pojemnika. Materiał związany należy usuwać mechanicznie.</p>	

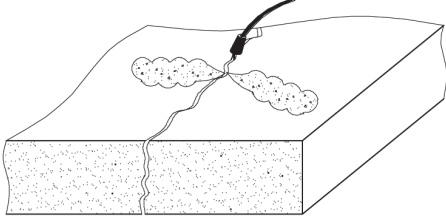
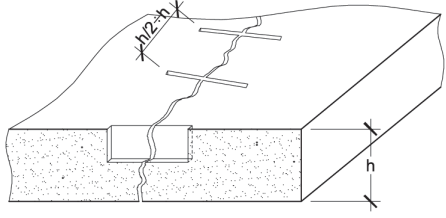
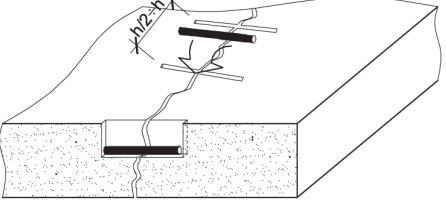
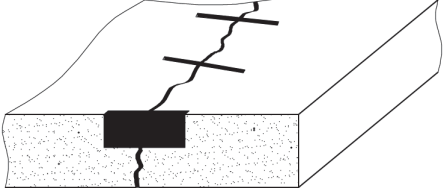


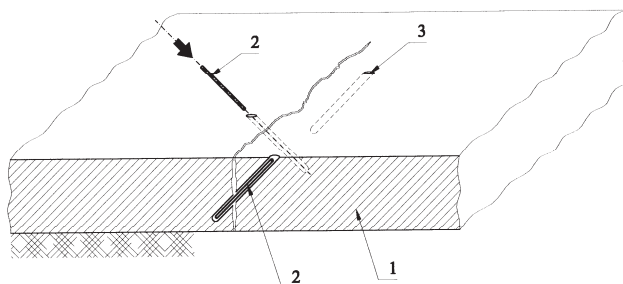
Rys. 41. Rysy naprawione metodą iniekcji



**Zszycie rys** w podkładach pod posadzki jest dość często stosowaną naprawą. Zszycie ma zagwarantować przede wszystkim ograniczenie przemieszczeń pionowych (klawiszowanie) i poziomych krawędzi fragmentów konstrukcji rozdzielonych rysą. Naprawa polega na wycięciu prostopadle do rys bruzd, najlepiej o przekroju trapezowym, w które na zaprawie lub kleju żywicznym wprowadza się pręty zbrojenia. Rozstaw bruzd, ich długość oraz średnice prętów zbrojeniowych należy określić w projekcie naprawy. W wypadku stosowania grubych średnic prętów zszywających ( $d/25 \text{ mm}$ ) można je dodatkowo zakotwić prętami wklejanymi na żywicach epoksydowych. Sposób wykonania zszycia rys zamieszczono w tablicy 12. Zabieg zszycia rys bywa często łączony z iniekcją zarysowań. Zszycie rys betonowego podkładu można również wykonać za pomocą ukośnie wklejanych prętów stalowych (rys. 42).

Tablica 12. Sposób wykonania naprawy zarysowań przez zszycie

Opis kolejnych czynności	Schemat
<p><b>Oczyszczenie zarysowania</b></p> <p>Wnętrze rys jak również ich krawędzie muszą być czyste. Nie może się w nich znajdować pył, luźne kruszywo, lub inne materiały o działaniu rozdzielającym. Zanieczyszczenia należy usunąć przez przedmuchiwanie sprężonym powietrzem.</p>	
<p><b>Wykonanie bruzd</b></p> <p>Bruzdy wykonuje się przy pomocy piły diamentowej lub szlifierki kątovej. Bruzdy orientuje się prostopadle do kierunku przebiegu rysy. Szerokość bruzdy powinna zapewniać swobodne osadzenie prętów zszywających. Głębokość bruzdy <math>20 \div 50 \text{ mm}</math>. Długość bruzdy powinna wynosić min. 30 średnic wklejanego pręta. Bruzda może mieć pionowy przekrój prostokątny lub trapezowy (w celu lepszego zakotwienia). Rozstaw bruzd <math>0,5h \div h</math>.</p>	
<p><b>Osadzenie prętów</b></p> <p>W celu lepszego zespolenia wzmocnienia z płytą pręty osadza się na kilkumilimetrowej warstwie zaprawy lub specjalnego kleju na bazie żywic syntetycznych. Przed wprowadzeniem zaprawy lub betonu powierzchnie bruzdy należy zwilżyć wodą.</p>	
<p><b>Wypełnienie bruzd i rys</b></p> <p>Bruzdy oraz rysy wypełnia się zaprawą lub specjalnym klejem żywicznym. Zabieg zszycia rys bywa często łączony z iniekcją zarysowań. Wówczas wypełnienie bruzd i rys stanowi iniekt.</p>	



Rys. 42. Zszycie rysy ukośnymi prętami: 1- płyta betonowego podkładu, 2-pręt stalowy na kleju, 3-otwory wiercone pod kątem około 45°

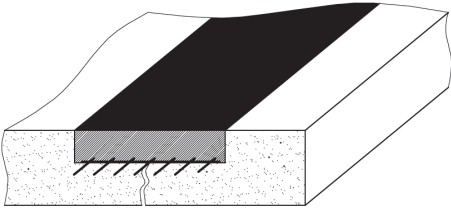
**Częściowa wymiana fragmentu betonu podkładu** polega na usunięciu betonu w obrębie zarysowania na części grubości płyty. Ten sposób naprawy wykonuje się w przypadku, gdy rysy nie przechodzą przez całą grubość podkładu betonowego i gdy nie występują przemieszczenia w rysach (brak klawiszowania). W wyciętej bruzdzie stosuje się czasami zbrojenie w postaci siatek kotwionych do podłoża. Do wypełnienia bruzdy stosować należy niskoskurczowe modyfikowane betony lub zaprawy z dodatkami włókien polipropylenowych lub stalowych. Sposób wykonania naprawy przedstawiono w tablicy 13.

W wypadku stabilnych rys o małych rozwartościach (do 0,3 mm), w podobny sposób, można wykonać naprawę o charakterze „kosmetycznym”. Wzdłuż rysy wycina się bruzdę o szerokości około 20 mm i głębokości nie mniejszej niż 10 mm, którą po zaimpregnowaniu, zalewa się uelastycznioną epoksydową masą naprawczą [42]. Kolorystykę masy można dopasować do barwy posadzki.

Tablica 13. Sposób wykonania naprawy przez częściową wymianę betonu podkładu

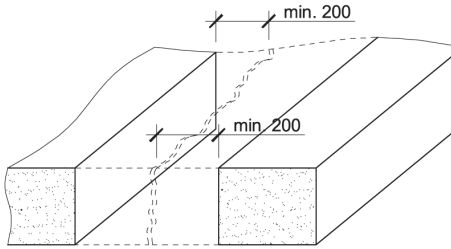
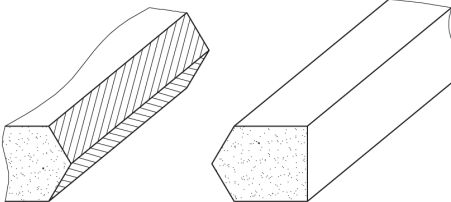
Opis kolejnych czynności	Schemat
<p><b>Wycięcie bruzdy</b></p> <p>Bruzdę wykonuje się przez nacięcie krawędzi piłą diamentową lub szlifierką kątową, na następnie mechaniczne usunięcie betonu między nacięciami. szerokość bruzdy po obu stronach rysy powinna wynosić min. 200 mm. Głębokość bruzdy powinna wynosić około 1/3 grubości płyty i nie mniej niż 50 mm. Po wykonaniu bruzdy jej powierzchnię należy oczyścić z luźnych fragmentów betonu.</p>	
<p><b>Założenie siatek</b></p> <p>Na spodzie bruzdy należy ewentualnie osadzić siatkę zbrojeniową. Siatkę należy mocować w betonie posadzki za pomocą kotew wklejanych lub kołków rozporowych.</p>	

c.d. tablicy 13. Sposób wykonania naprawy przez częściową wymianę betonu podkładu

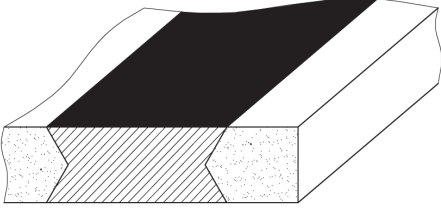
Opis kolejnych czynności	Schemat
<p style="text-align: center;"><b>Wypełnienie bruzdy</b></p> <p>Bruzdę należy wypełnić niskoskurczowym modyfikowanym betonem lub zaprawą z dodatkiem włókien zbrojenia rozproszonego. Przed wypełnieniem bruzdy należy obficie zwilżyć wodą.</p>	

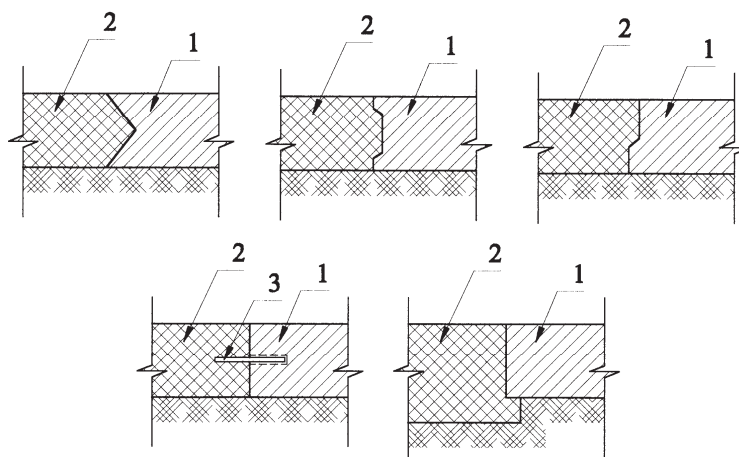
**Całkowitą wymianę fragmentu betonu podkładu** przeprowadza się w wypadku, gdy uszkodzenia betonowego podkładu są znaczne (duże rozwartości rys) i istnieje ryzyko, że naprawa metodą częściowej wymiany narażona będzie na powtórne zarysowanie. Naprawa polega na wycięciu całego podkładu na szerokości min. 40 cm wzdłuż rysy i wykonaniu nowego podkładu. Konieczne jest odpowiednie przygotowanie styków starego betonu z nowym przez wykucie bruzd, wklejenie dybli z prętów stalowych lub podbetonowanie pod istniejącą płytą po wybraniu części podbudowy gruntowej. Beton wypełniający powinien mieć wytrzymałość nie mniejszą niż beton istniejący i cechować się powinien niskim skurczem. Możliwe jest również zastosowanie w tym przypadku dodatkowego zbrojenia uzupełnionego pasma. Sposób przeprowadzenia naprawy zamieszczono w tablicy 14, zaś rozwiązania połączenia starego i nowego betonu pokazano na rys. 43.

Tablica 14. Sposób wykonania naprawy przez całkowitą wymianę betonu podkładu

Opis kolejnych czynności	Schemat
<p style="text-align: center;"><b>Wycięcie betonu</b></p> <p>Beton wycina się piłami w odległości min. 200 mm od krawędzi rysy. Po wykonaniu nacięć po obu stronach rysy beton usuwa się mechanicznie. Należy zwrócić szczególną ostrożność aby nie naruszyć warstw posadzki znajdującej się poniżej naprawianego podkładu betonowego (np. podłoże gruntowe, strop, płyta wyrównawcza, chudy beton). Ewentualne ubytki warstwy poslizgowej i izolacji termicznej należy uzupełnić.</p>	
<p style="text-align: center;"><b>Przygotowanie krawędzi betonu</b></p> <p>Krawędzie starego betonu należy przygotować przez ukształtowanie bruzd, wklejenie prętów lub podbetonowanie (rys. 43). Bruzdy należy kształtować mechanicznie piłami do betonu.</p>	

c.d. tablicy 14. Sposób wykonania naprawy przez całkowitą wymianę betonu podkładu

Opis kolejnych czynności	Schemat
<p><b>Ułożenie nowego betonu</b> Wykonaną bruzdę należy wypełnić niskoskurczowym betonem z dodatkiem włókien zbrojenia rozproszonego. Można zastosować dozbrojenie siatką zbrojeniową. Przed wypełnieniem bruzdy należy obficie zwilżyć wodą.</p>	



Rys. 43. Sposoby przygotowania powierzchni styku starego betonu z nowym:  
1-istniejąca płyta nośnego podkładu posadzki, 2-beton uzupełniający,  
3-stalowe bolce wklejane w wywiercone otwory

**Naprawa naroży i krawędzi** podkładu betonowego może być konieczna w wypadku znacznych zarysowań naroży powstałych w wyniku ich podnoszenia się i przełamania. Jednym z wariantów naprawy może być wówczas usunięcie zarysowanego fragmentu naroża i wypełnienie go nowym betonem (rys. 44). Rozwiązanie to nie uwzględnia odtworzenia dylatacji, dlatego naprawa może być skuteczna jedynie wówczas, gdy uszkodzenie powstało w wyniku wyjątkowego przeciążenia posadzki, a występujące obciążenia są małe (brak obciążeń od środków transportowych). Przed wykonaniem tego typu wzmocnienia należy się upewnić, że procesy reologiczne są wyhamowane.

Najczęściej naprawa zarysowanych krawędzi i narożników wymaga jednak odtworzenia dylatacji. Sposoby wykonania takich napraw opisano w punkcie 8.



Rys. 44. Uzupelnienie uszkodzonych naroży nowym betonem

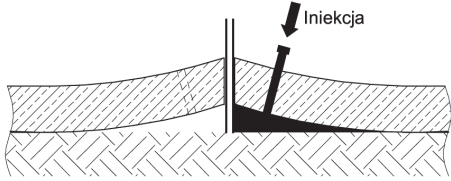
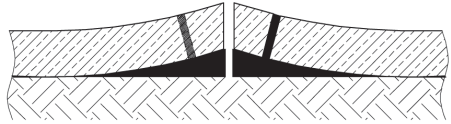

Czasem nieuszkodzone (niezarysowane) ale podniesione krawędzie i narożniki betonowego podkładu posadzki wymagają naprawy. Dzieje się tak, gdy ze względów technologicznych konieczne jest zapewnienie równości posadzki. Naprawę przeprowadza się wówczas dwuetapowo. Najpierw przeprowadza się iniekcję pustek pod podniesionymi narożnikami, a następnie szlifuje się powierzchnie posadzki do wymaganego poziomu. Przed przeprowadzeniem naprawy należy się upewnić, że procesy reologiczne są ustabilizowane. Największą trudność sprawia zapewnienie niezainiektowania szczeliny dylatacyjnej. Można to osiągnąć wstawiając blachę w dylatację na czas iniekcji, co oczywiście wymaga demontażu kitów izolacyjnych lub profili dylatacyjnych.

Metoda może być trudna do zastosowania w wypadku podkładów zbrojonych płytko górną lub zbrojonych stalowym zbrojeniem rozproszonym. Zbrojenie może uniemożliwić przeprowadzenie szlifowania lub eksploatację wyszlifowanej posadzki (wystające pręty na wierzchniej warstwie posadzki). Sposób wykonania naprawy przedstawiono w tablicy 15.

Tablica 15. Sposób wykonania naprawy przez iniekcję i szlifowanie

Opis kolejnych czynności	Schemat
<p><b>Zabezpieczenie dylatacji</b> Demontaż wypełnienia istniejącej dylatacji lub profili dylatacyjnych. Wstawienie 1 lub 2 blach (w zależności od szerokości dylatacji) na odcinku większym niż długość obszaru przewidzianego do iniekcji</p>	
<p><b>Przygotowanie do iniekcji</b> Nawiercenie otworów (pionowych lub ukośnych) i montaż pakerów. Odstęp pakerów zależy od wysokości iniektowanej pustej przestrzeni. Nie powinien on przekraczać wartości równej wysokości płyty posadzki.</p>	

c.d. tablicy 15. Sposób wykonania naprawy przez iniekcję i szlifowanie

Opis kolejnych czynności	Schemat
<p style="text-align: center;"><b>Iniekcja</b></p> <p>Zaleca się stosowanie iniekcji nisko lub średniociśnieniowej. Maksymalne ciśnienie iniekcji uzależnione jest od wytrzymałości na ściskanie betonu podkładu. Przyjmuje się, że nie powinno ono przekraczać <math>1/3 f_d</math>. Do iniekcji należy zastosować zalecane przez producenta iniektu urządzenia (pompy iniekcyjne, zbiorniki, węże itp.)</p>	
<p style="text-align: center;"><b>Usunięcie pakerów i blach</b></p> <p>Po uzyskaniu pełnej wytrzymałości iniektu należy usunąć końcówki pakerów oraz blachy zabezpieczające dylatację.</p>	
<p style="text-align: center;"><b>Szlifowanie betonu</b></p> <p>Wyrównywanie powierzchni betonu należy przeprowadzić za pomocą specjalistycznych maszyn szlifujących. Po wyszlifowaniu należy odtworzyć wypełnienie dylatacji.</p>	

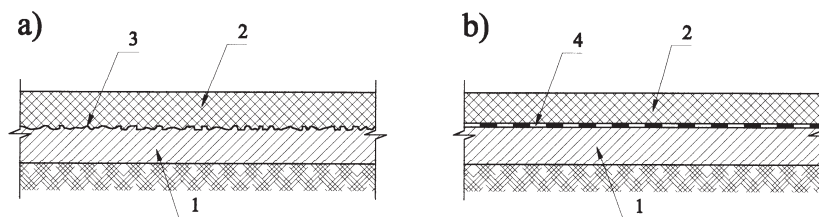
**Wykonanie nowego podkładu na istniejącym** może być konieczne w wypadkach niewystarczającej nośności podkładu, ze względu np. na zniżenie klasy betonu lub niedoszacowanie obciążeń. Nowy podkład wykonuje się z zapewnieniem przyczepności do starego podłoża lub bez zapewnienia przyczepności przez ułożenie np. warstwy folii na starym wyrównanym podłożu (rys. 45).

W przypadku wykonania nowego podkładu z zapewnieniem przyczepności do starego należy pamiętać o istotnym wpływie skurczu, który wywołuje znaczne naprężenia rozciągające w nadbetonowanej warstwie.

W celu uniknięcia zarysowań skurczowych w nadbetonowanej warstwie konieczne jest z reguły:

- zastosowanie zbrojenia rozproszonego lub w postaci siatek przeciwskurczowych,
- dylatowanie nadbetonowanej warstwy, przy czym odległości między dylatacjami powinny być mniejsze niż w wypadku podkładów wykonanych bezpośrednio na gruncie lub warstwie poślizgowej,
- zaprojektowanie i wykonanie odpowiedniego składu mieszanki betonowej i przeprowadzenie właściwej pielęgnacji w celu ograniczenia odkształceń skurczowych.

Przy przyjęciu grubości nadbetonowanej warstwy nowego podkładu w zależności od stanu podkładu starego można w obliczeniach uwzględnić lub pominąć współpracę obu warstw w przenoszeniu obciążeń.



Rys. 45. Nadbetonowanie nowej płyty podkładu: a) z przyczepnością do podłoża, b) bez zapewnienia przyczepności, 1- istniejący podkład, 2 - nadbeton, 3 - sfrezowana powierzchnia, 4 - warstwa poślizgowa (folia)

**Całkowitej wymiany wadliwego podkładu** dokonuje się w wypadkach dużych i rażących błędów wykonawczych lub projektowych i braku możliwości nadbetonowania, ze względu na konieczność zachowania projektowanego poziomu. Istniejącą warstwę rozkuwa się i usuwa, powtórnie dogęszcza się podłoże, zakłada izolację i betonuje nową warstwę podkładu.

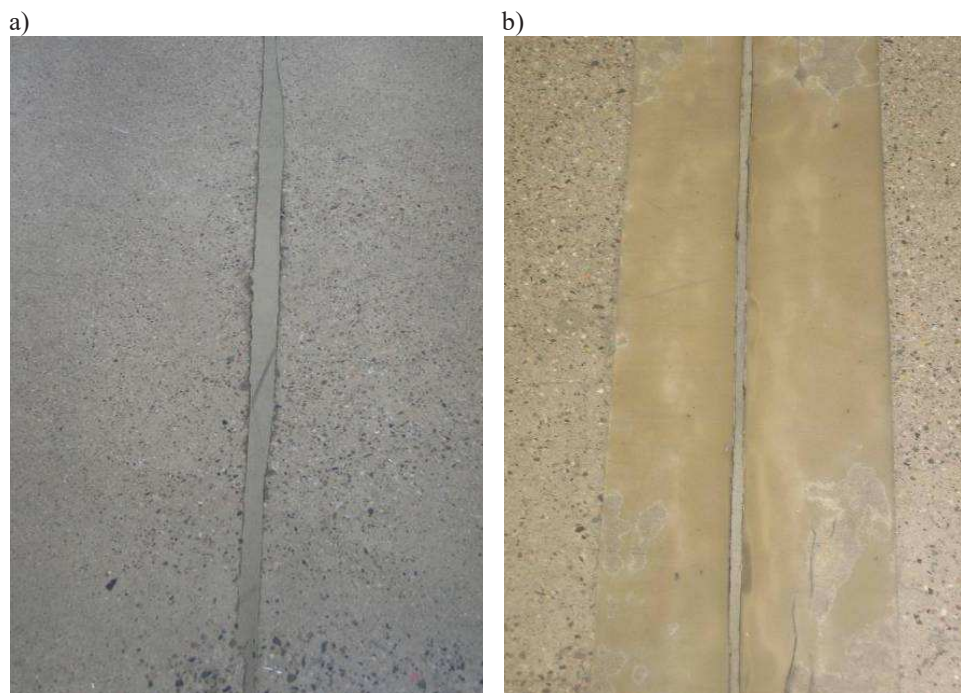
## 8. Sposoby napraw uszkodzonych dylatacji

Uszkodzenia dylatacji pojawiają się zazwyczaj dopiero podczas eksploatacji posadzki przemysłowej. Sposób naprawy uszkodzonych dylatacji zależy od rodzaju uszkodzeń i przyczyn ich powstawania. Można wyróżnić następujące rodzaje napraw dylatacji:

- odtworzenie dylatacji,
- wymiana części podkładu wraz z dylatacją,
- wymiana pasa podkładu wraz z dylatacją,
- zastosowanie profilu dylatacyjnego.

**Odtworzenie dylatacji** wykonuje się w wypadku powierzchniowych uszkodzeń, polegających na wykruszeniu krawędzi, zużyciu wypełnień w dylatacjach przeciwskurczowych i stykowych (miejsce przerw roboczych). Naprawa polega na oczyszczeniu szczeliny z wszelkich zabrudzeń, zanieczyszczeń i starych, zużytych wypełnień, usunięciu nadłamanych krawędzi i wszystkich luźnych fragmentów betonu, umieszczeniu w szczelinie pasków styropianu, naniesieniu warstwy szcęgnej z zaprawy żywicznej na oczyszczone krawędzie dylatacji, uzupełnieniu ubytków i reprofiliacji krawędzi zaprawą żywiczną, usunięciu pasków styropianu po związaniu zaprawy, założeniu w szczelinie wkładki w postaci węża z pianki polietylenowej w celu wyeliminowania trójstronnego przylegania materiału i wypełnieniu szczeliny materiałem wypełniającym, wlewaniem lub zakładaniem specjalnymi pistoletami (kity) dostosowanym do szerokości szczeliny i obciążeń.

W przypadku większych uszkodzeń krawędziowych naprawa polega zazwyczaj na poszerzeniu dylatacji piłą diamentową, oczyszczeniu całości, a następnie wypełnieniu mikrobetonem modyfikowanym polimerami. Po związaniu nowego betonu szczelinę nacina się piłą diamentową i wypełnia odpowiednim kitem. Przy małych obciążeniach – brak obciążeń transportowych, poszerzoną dylatację można od razu wypełnić materiałem plastycznym (rys. 46a). Większe obciążenia wymagają odtworzenia okucia dylatacji (rys. 46b). Sposób naprawy przedstawiono w tablicy 16.



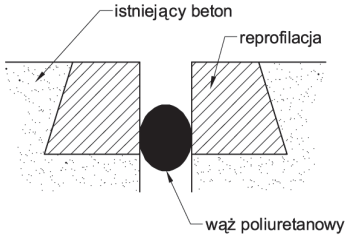
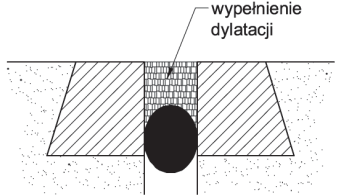
Rys. 46. Odtworzenie dylatacji: a) poszerzenie dylatacji i wypełnienie materiałem plastycznym, b) odtworzenie okucia i naprawa dylatacji

Tablica 16. Sposób wykonania naprawy dylatacji przez jej odtworzenie

Opis kolejnych czynności	Schemat
<p><b>Przygotowanie reprofilacji</b>                      Oczyszczenie istniejącej dylatacji. Poszerzenie (jeżeli jest to konieczne) istniejącej dylatacji, założenie styropianu.</p>	
<p><b>Reprofilacja</b>                      Założenie warstwy szczepnej i reprofilacja krawędzi dylatacji. W razie potrzeby odtworzenie okucia dylatacji.</p>	

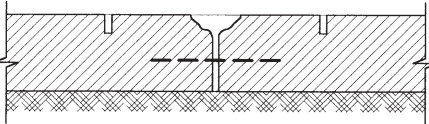
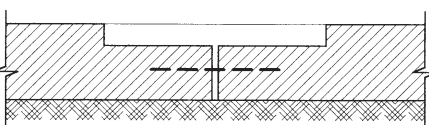
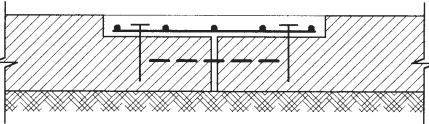


c.d. tablicy 16. Sposób wykonania naprawy dylatacji przez jej odtworzenie

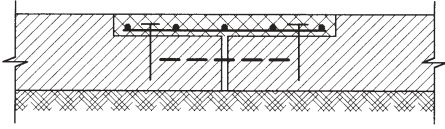
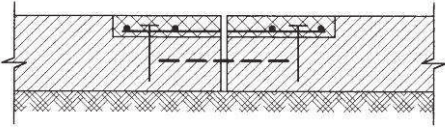
Opis kolejnych czynności	Schemat
<p><b>Przygotowanie do wypełnienia</b> Usunięcie styropianu i założenie w odtworzonej przerwie dylatacyjnej wkładki w postaci węża z pianki polietylenowej.</p>	 <p>istniejący beton reprofilacja wąż poliuretanowy</p>
<p><b>Wypełnienie szczeliny</b> Szczelinę dylatacyjną wypełnia się materiałem epoksydowym wlewany lub zakładanym specjalnymi pistoletami (kity). Materiał powinien być dostosowany do szerokości szczeliny i wielkości obciążeń.</p>	 <p>wypełnienie dylatacji</p>

**Wymiana części podkładu wraz z dylatacją** przeprowadzana jest zazwyczaj w szczelinach nacinanych, przy znacznych krawędziowych uszkodzeniach i wyruszeniach. Naprawa polega wówczas na nacięciu krawędzi po obu stronach uszkodzonej szczeliny, wykuciu i frezowaniu pasma o szerokości około 200 mm z każdej strony szczeliny oraz głębokości około 30 mm, zamocowaniu siatki zbrojeniowej przy pomocy kołków rozporowych, wypełnieniu wyciętego pasma zaprawą modyfikowaną o dużej wytrzymałości ze zbrojeniem rozproszonym, nacięciu nowej szczeliny dylatacyjnej i wypełnieniu jej odpowiednią masą wypełniającą. Sposób przeprowadzenia naprawy pokazano w tablicy 17.

Tablica 17. Sposób wykonania naprawy dylatacji przez wymianę części podkładu

Opis kolejnych czynności	Schemat
<p><b>Nacięcie krawędzi</b> Nacięcie wykonuje się w odległości około 200 mm od krawędzi zarysowania. Głębokość nacięcia około 30 mm.</p>	
<p><b>Wykucie pasma betonu</b> Mechaniczne wykucie lub frezowanie pasma o szerokości około 200 mm z każdej strony szczeliny oraz głębokości około 30 mm</p>	
<p><b>Założenie zbrojenia</b> Osadzenie na kołkach rozporowych siatki zbrojeniowej.</p>	

c.d. tablicy 17. Sposób wykonania naprawy dylatacji przez wymianę części podkładu

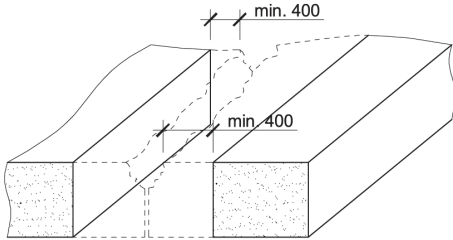
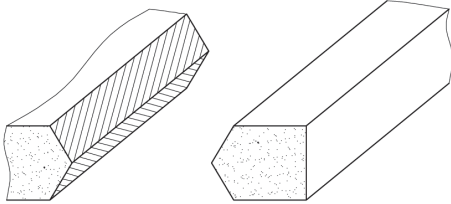
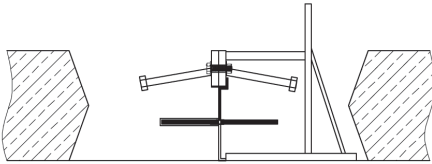
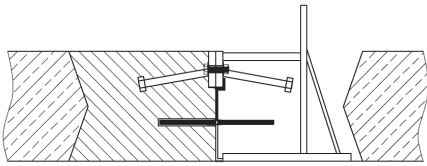
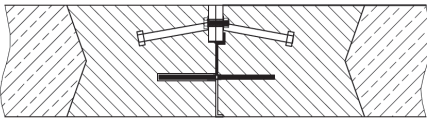
Opis kolejnych czynności	Schemat
<p style="text-align: center;"><b>Wypełnienie pasma betonem</b></p> <p>Zabetonowanie pasma betonem lub zaprawą modyfikowaną o dużej wytrzymałości ze zbrojeniem rozproszonym.</p>	
<p style="text-align: center;"><b>Nacięcie szczeliny</b></p> <p>Po uzyskaniu odpowiedniej wytrzymałości szczelinę dylatacyjną nacina się piłą do betonu i nacięcie wypełnia się masą uszczelniającą.</p>	

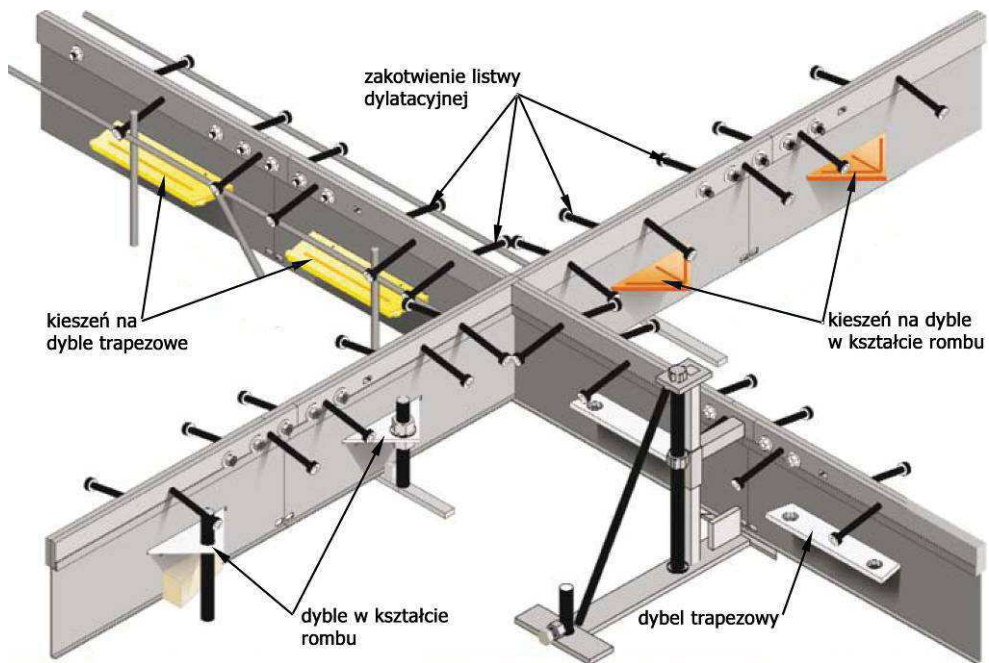
**Wymianę pasa podkładu wraz z dylatacją** podejmuje się wówczas, gdy na skutek obciążeń występuje zjawisko klawiszowania styków i wyłamywania krawędzi. Zdarza się, że dylatacje konstrukcyjne nie są dyblowane, dyblowanie jest nieskuteczne (rys. 36 i 37) lub w inny sposób zabezpieczone przed klawiszowaniem. W takich wypadkach naprawa musi mieć charakter konstrukcyjny i może polegać na:

- wymianie całego podkładu na nowy z prawidłowo ukształtowanymi dylatacjami, dostosowanymi do występujących obciążeń,
- wymianie części podkładu pasmami wzdłuż uszkodzonych dylatacji z ich odtworzeniem w sposób pokazany w tablicy 17, przy czym styki starego betonu z nowym można ukształtować wg zasad podanych na rys. 43;
- wykonaniu iniekcji wzmacniającej podłoże gruntowe pod klawiszującymi krawędziami oraz wyszlifowaniu powierzchni posadzki (wg zaleceń podanych w tablicy 15) i naprawie dylatacji jednym z omawianych w niniejszym rozdziale sposobów.

W wypadku wymiany pasa podkładu na całej wysokości zaleca się wykorzystać specjalne profile szalunkowe tracone z zamontowanymi dyblami trapezowymi lub w kształcie rąbu, które są skuteczniejsze od dybli prętowych [45, 46]. Sposób przeprowadzenia naprawy przy całkowitej wymianie pasa podkładu posadzki zamieszczono w tablicy 18. Przykładowe systemowe rozwiązania szalunków traconych z zamocowanymi dyblami pokazano na rys. 47 i 48. Szalunki tracone składają się z pojedynczej blachy pionowej (ewentualnie pionowej deski drewnianej), do której przymocowana jest na stałe jedna listwa dylatacyjna (rys. 49). Druga listwa dylatacyjna mocowana jest do pierwszej listwy przy pomocy specjalnych śrub nylonowych. Śruby te zapewniają stabilizację listwy na czas betonowania. Zakotwienie listew stanowią ukośne bolce. Wypoziomowanie dybli na czas betonowania zapewniają plastikowe kieszenie i specjalne stojaki. W momencie powstania odkształceń skurczowych nylonowa śruba jest naciągana lub rozrywana.

Tablica 18. Sposób wykonania naprawy dylatacji przez wymianę pasa podkładu

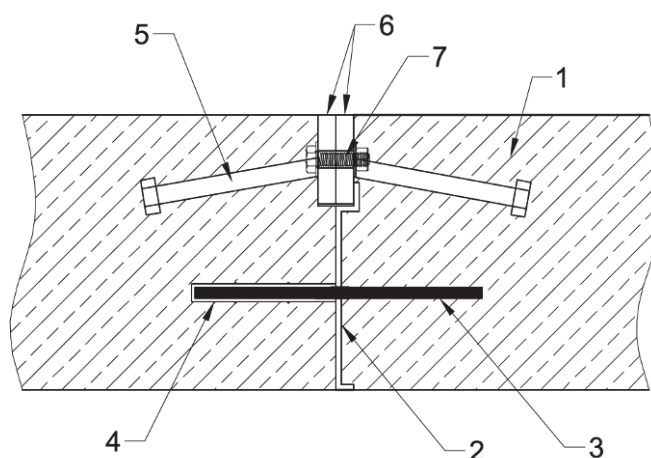
Opis kolejnych czynności	Schemat
<p><b>Wycięcie betonu</b></p> <p>Beton wycina się piłami w odległości około 400 mm od krawędzi rysy. Po wykonaniu nacięć po obu stronach rysy beton usuwa się mechanicznie. Należy zwrócić szczególną ostrożność aby nie naruszyć warstw posadzki znajdującej się poniżej naprawianego podkładu betonowego (np. podłoże gruntowe, strop, płyta wyrównawcza, chudy beton). Ewentualne ubytki warstwy poslizgowej i izolacji termicznej należy uzupełnić.</p>	 <p>Schemat przedstawia przekrój przez dylatację w posadzce. Widoczna jest rysa w betonie. Po obu stronach rysy wykonano nacięcia. Odległość od krawędzi rysy do nacięć jest oznaczona jako min. 400 mm. Dashed lines indicate the removal of the concrete slab above the cutting lines.</p>
<p><b>Przygotowanie krawędzi betonu</b></p> <p>Krawędzie starego betonu należy przygotować przez ukształtowanie bruzd, wklejenie prętów lub podbetonowanie (rys. 43). Bruzdy należy kształtować mechanicznie piłami do betonu.</p>	 <p>Schemat przedstawia dwa przekroje krawędzi betonu. Po lewej stronie widać krawędź z ukształtowanymi bruzdami. Po prawej stronie widać krawędź z wklejonymi prętami.</p>
<p><b>Założenie szalunków traconych</b></p> <p>Założenie szalunków traconych i ich stabilizacja przy pomocy specjalnych stojaków rozmieszczanych po jednej stronie szalunku.</p>	 <p>Schemat przedstawia przekrój przez szalunek tracony. Szalunek jest oparty na specjalnych stojakach, które zapewniają jego stabilizację po jednej stronie.</p>
<p><b>Ułożenie nowego betonu na cz. 1</b></p> <p>Betonowanie części bez stojaków niskoskurczowym betonem z dodatkiem włókien zbrojenia rozproszonego. Przed wypełnieniem bruzdy należy obficie zwilżyć wodą.</p>	 <p>Schemat przedstawia przekrój przez szalunek tracony. Nowy beton jest ułożony w części bez stojaków. Stojaki są nadal widoczne po jednej stronie.</p>
<p><b>Ułożenie nowego betonu na cz. 2</b></p> <p>Usunięcie stojaków po uzyskaniu przez beton części 1 odpowiedniej wytrzymałości. Betonowanie części 2.</p>	 <p>Schemat przedstawia przekrój przez szalunek tracony. Stojaki zostały usunięte. Nowy beton jest ułożony w części 2.</p>



Rys. 47. Schemat dwóch typów szalunków traconych z dyblami trapezowymi i dyblami w kształcie rombu [47]



Rys. 48. Przykłady zastosowania szalunków traconych z zamocowanymi dyblami [47]



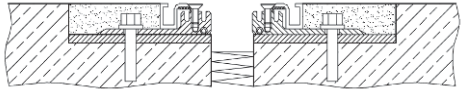
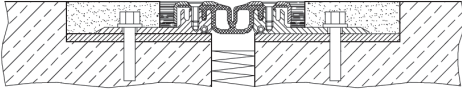
Rys. 49. Szczegół rozwiązania dylatacji z traconym szalunkiem [47]: 1 - betonowa płyta posadzki, 2 - szalunek tracony, 3 - dybel trapezowy lub w kształcie rombu, 4 - kieszeń na dybel, 5 - zakotwienie listwy dylatacyjnej, 6 - listwy dylatacyjne, 7 - śruba nylonowa

**Zastosowanie nowych profili dylatacyjnych** może mieć miejsce w przypadku uszkodzeń istniejących okuc dylatacji, spowodowanych niedostosowaniem do rzeczywistych obciążeń [38]. Konieczność zabudowania nowych profili dylatacyjnych może również wynikać z potrzeby zapewnienia szczelności dylatacji lub zabezpieczenia dylatacji przed działaniem czynników agresywnych. Wówczas usuwa się istniejące okucie dylatacji, wycina bruzdę w betonie podkładu i montuje odpowiedni profil dylatacyjny. Montaż profili dylatacyjnych można połączyć z wymianą pasa podkładu (tablica 18), zostawiając podczas betonowania bruzdę na zamontowanie profilu dylatacyjnego. Sposób montażu wybranego profilu dylatacyjnego pokazano w tablicy 19. Widok profili dylatacyjnych różnego przeznaczenia zamieszczono na rys. 50, zaś przykłady zastosowania profilu na rys. 51.

Tablica 19. Sposób wykonania naprawy dylatacji przez wymianę pasa podkładu

Opis kolejnych czynności	Schemat
<p><b>Naniesienie warstwy wyrównującej</b> W wyciętej bruzdzie starego podkładu lub w pozostawionej bruzdzie nowego pasa podkładu nanosi się warstwę wyrównującą z zaprawy PCC lub żywicy epoksydowej</p>	
<p><b>Montaż profilu</b> Oczyszczone, odtłuszczone i ewentualnie zagruntowane listwy profilu dylatacyjnego ustawia się na odpowiedniej wysokości na nie stwardniałej jeszcze warstwie wyrównującej. Po stwardnieniu warstwy wyrównującej listwy profilu dylatacyjnego kotwi się na kołki mechaniczne do betonowego podkładu.</p>	

c.d. tablicy 19. Sposób wykonania naprawy dylatacji przez wymianę pasa podkładu

Opis kolejnych czynności	Schemat
<p><b>Wypełnienie bruzdy</b>                      Bruzdę należy wypełnić zaprawą odporną na ścieranie, o niskim skurczu (np. zaprawa z żywicy epoksydowej lub PCC). Zaprawę zabezpieczyć powierzchniowo powłoką wodoszczelną.</p>	
<p><b>Montaż profilu uszczelniającego</b>                      Po uzyskaniu odpowiedniej wytrzymałości zaprawy wypełniającej usunąć montażowe profile zabezpieczające i wmontować profil uszczelniający. Profil uszczelniający docisnąć listwami maskującymi, a szczeliny przyłączeniowe wypełnić specjalnym poliuretanowym materiałem uszczelniającym.</p>	

a)



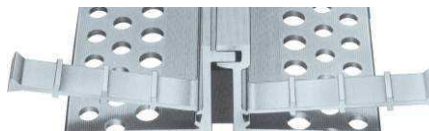
b)



c)



d)



e)



f)



Rys. 50. Profile dylatacyjne [48]: a) profil FS50 przejezdny dla lekkich wózków widłowych oraz wózków niskiego podnoszenia, b) profil CFS40 przejezdny dla ciężkich wózków widłowych oraz wózków niskiego podnoszenia, c) profil FS135 przejezdny dla ciężkich wózków widłowych oraz wózków niskiego podnoszenia, d) profil ESF16/AL do szczelin skurczowych w warunkach występowania dużych obciążeń, e) profil wodoszczelny FP 90/B NI, f) profil wodoszczelny FP 90/20 Ni

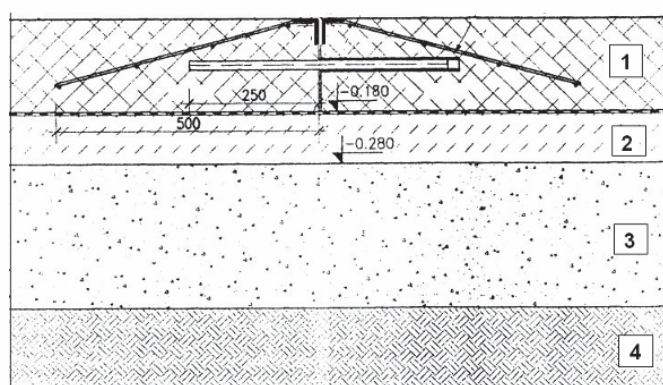


Rys. 51. Wykonanie naprawy dylatacji przez założenie profili dylatacyjnych [48]:  
a) nacięcie betonu, b) wykonanie bruzd, c) ułożenie profili w bruzdach, d) mocowanie profili, e) wypełnienie bruzdy, f) usunięcie folii ochronnej – zakończenie prac

## 9. Przykłady uszkodzeń podkładów

Posadzka bezspoinowa w hali produkcyjnej przemysłu lekkiego w początkowym okresie użytkowania doznała uszkodzeń w postaci rys i podnoszenia krawędzi przy dylatacjach. W wyniku dokonanych odkrywek i analizy rozwiązań projektowych określono konstrukcję i układ warstw posadzki (rys.52):

- zagęszczona podbudowa z pospółki żwirowej oraz z tłucznia,
- warstwa betonu B-10 o grubości 100 mm,
- warstwa izolacyjno rozdzielająca z folii PE o grubości 0,2 mm,
- płyta z betonu B-25 o grubości 180 mm, zbrojonego włóknami stalowymi 1/50 w ilości 35 kg/m<sup>3</sup> mieszanki betonowej, zatarta na gładko utwardzającym preparatem proszkowym (5,0 kg/m<sup>2</sup>) i zaimpregnowana powierzchniowo.



Rys. 52. Przekrój przez posadzkę i dylatację roboczą: 1 - płyta betonowa zbrojona włóknami 180 mm, 2 - warstwa betonu podkładowego 100 mm, pokrytego od góry folią 0,2 mm, 3 - zagęszczona podbudowa z pospółki, 4 - grunt rodzimy

Zastosowano posadzkę bezspoinową. Pola posadzki pomiędzy dylatacjami roboczymi (dziennymi) oraz obwodowymi przy ścianach, miały wymiary: 24,00 x 45,00 m, 13,85 x 37,21 m, 19,85 x 37,21 m oraz 36 x 37,21 m. Dylatacje wykonano jako dyblowane - dyble stalowe o średnicy 18 mm w rozstawie co 300 mm, z możliwością przesuwu z jednej strony. Przyjęto dylatacje o szerokości 10 mm, wykończone na krawędziach kątownikami stalowymi i wypełnione w górnej części epoksydową masą elastyczną.

. Stwierdzono występowanie następujących uszkodzeń:

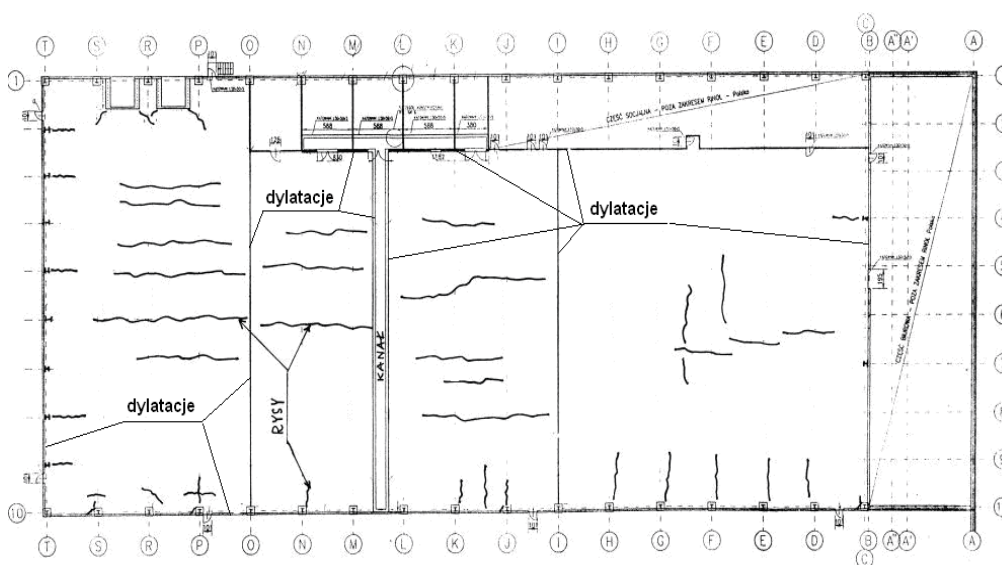
- długie rysy na powierzchni posadzki, przebiegające głównie równoległe do podłużnej osi hali w rozstawach co około 5 do 10 m i o rozwartościach od 0,1 do 1,0 mm.
- rysy na powierzchni posadzki przy słupach konstrukcji stalowej hali, biegnące z reguły prostopadle do ścian zewnętrznych.
- ukośnie przebiegające rysy przy narożnikach wcięć na rampy wyładowcze.
- gęsta siatka drobnych powierzchniowych rys (map-cracking), występująca z różnym nasileniem na całej powierzchni wykonanej posadzki.



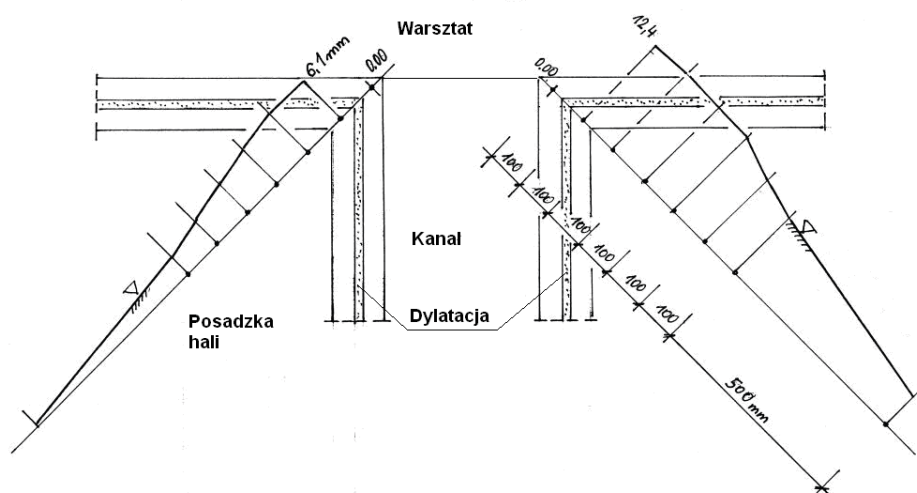
- różnice poziomów pomiędzy stalowymi kątownikami obrzeży posadzki przy dylatacjach a kątownikami obrzeża stropu kanału technologicznego i ścian wanny fundamentowej stacji „trafo”, wynoszące przeciętnie około 5 mm. W narożu kanału, przy stalowych drzwiach warsztatu różnica poziomów wyniosła 12 mm. Obniżenie poziomu stropu kanału w stosunku do poziomu przyległej posadzki występowało na całej długości kanału.

Na rysunku 53 przedstawiono obraz zarysowań posadzki i układ dylatacji konstrukcyjnych i stykowych (roboczych). Główną przyczyną zarysowań był w tym wypadku skurcz technologiczny betonu. Nie zapewniono bowiem wystarczającej swobody odkształceń skurczowych dla poszczególnych dużych pól posadzki bezspoinowej - brak wymaganych dylatacji wokół słupów konstrukcji hali (dwuteowe słupy obetonowano i nie wykonano dylatacji) oraz nierówna powierzchnia betonu podkładowego - co stwierdzono w odwiertach rdzeniowych. Niekorzystny w tym wypadku był także stosunek boków większości oddylatowanych pól - wydłużone prostokątne pola.

W efekcie zjawiska unoszenia się krawędzi posadzki, na skutek nierównomiernego skurczu, wystąpiło wyraźne „klawiszowanie” na krawędziach dylatacji - największe przy narożach na styku ze stropem kanału technologicznego. Na rysunku 54 przedstawiono wynik niwelacji powierzchni przy narożach. Podnoszenie naroży doprowadziło do zaklinowania stalowych wrót do stacji „trafo” zlokalizowanej w tym obszarze - rysunek 55. W wykonanym przy narożu odwiercie rdzeniowym stwierdzono wyraźne oddzielenie się warstwy betonu posadzkowego od betonu podkładowego - uniesienie się naroża (rys. 55).



Rys. 53. Zarysowania posadzki bezspoinowej



Rys. 54. Niwelacja powierzchni przy narożach dylatacji



Rys. 55. Klinowanie się stalowych wrót na skutek podniesienia się naroża i odwiert rdzeniowy w narożu - widoczna szczelina w płaszczyźnie styku posadzki z betonowym podłożem, spowodowana podniesieniem się naroża

W betonowej posadzce w hali przemysłowej o następującej konstrukcji:

- zagęszczone podłoże z kruszywa betonowego i piasku,
- podbudowa z betonu B-10 o grubości 100 mm,
- folia budowlana,
- betonowa płyta nośna posadzki o grubości 300 mm, wykonana z betonu B-30 z dodatkiem stalowych włókien w ilości około  $25 \text{ kg/m}^3$ . Płytę zbrojono siatkami zgrzewanymi ze stali BSt 500S w dwóch warstwach: warstwa górna w odległości około 120 mm od górnej powierzchni – pręty o średnicy 12 mm o oczkach  $10 \times 10$  cm, warstwa dolna w odległości około 30 mm od dolnej powierzchni – pręty o średnicy 10 mm o oczkach  $15 \times 15$  cm.
- utwardzona górna powierzchnia metodą DST suchej posypki w ilości  $5 \div 6 \text{ kg/m}^2$ .

W licznych miejscach wystąpiło odspojenie się górnej utwardzonej warstwy od betonowego podłoża - głuchy odgłos przy ostukiwaniu powierzchni. Po wycięciu próbek rdzeniowych z posadzki stwierdzono zupełny brak przyczepności utwardzonej warstwy do betonowego podkładu - rys. 56. Przyczyną delaminacji warstw były wady technologiczne wykonania posadzki. Najprawdopodobniej utwardzający preparat proszkowy zaaplikowano na za bardzo przesuszoną powierzchnię betonowego podkładu. Ze względu na wysokie wymagania Zamawiającego odnośnie ścieralności i nasiąkliwości powierzchni zakwestionowano także za małą grubość utwardzonej warstwy, która w licznych miejscach wynosiła tylko 1 mm - rys. 57.



Rys. 56. Widok odspojonej górnej warstwy utwardzonej posadzki: z lewej - widok od góry, z prawej - widok dolnej powierzchni odspojonej warstwy

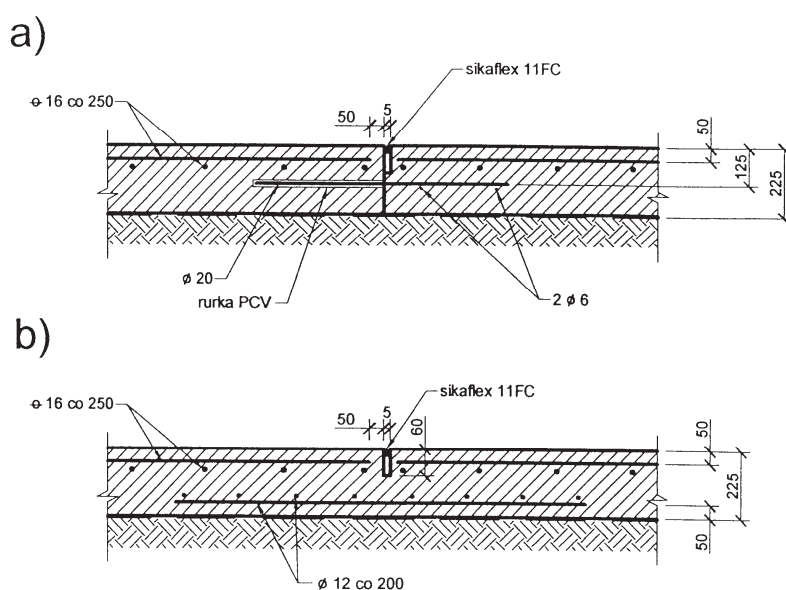


Rys. 57. Pomiar grubości warstwy utwardzonej na wyciętej próbce rdzeniowej

Betonowe posadzki w zespole hal przemysłowych wykonano w postaci żelbetowych płyt z betonu żwirowego klasy B30 o grubości 225 mm, powierzchniowo utwardzanego. Płyty posadzek betonowano na warstwie folii grubości 0,2 mm ułożonej na zagęszczonym nasypie budowlanym z łupków o zróżnicowanym uziarnieniu. Zbrojenie posadzek stanowiły wiązane siatki o oczkach 250 x 250 mm z prętów żebrowanych 18G2 o średnicy 16 mm, układane wewnątrz pól wydzielanych dylatacjami nacinanymi (pozornymi) w rozstawach 5000 x 5000 mm - rys. 58b. Siatki umieszczano w odległości 50 mm od górnej powierzchni

plyty. Oprócz tego zbrojenia stosowano także, pod nacięciami dylatacji pozornych, zbrojenie siatkami z prętów ze stali gładkiej St3Sx o średnicy 12 mm w rozstawie co 200 mm i długości 1400 mm, umieszczonymi w odległości 50 mm od dolnej powierzchni płyty posadzki.

Dylatacje robocze (rys. 58a) wykonano wzdłuż głównych osi konstrukcyjnych hali w rozstawach 15 m lub 30 m, w 2 wzajemnie prostopadłych kierunkach. Dylatacje te zbrojone były prętami dyblowymi (z możliwością przesuwu poziomego), o średnicy 20 mm z stali St3Sx, umieszczonymi w okolicy środka grubości płyt, w rozstawie co 418 mm. Wypełnienie dylatacji epoksydowymi kitami elastycznymi następowało po upływie około 8 tygodni od dnia betonowania.



Rys. 58. Konstrukcja dylatacji posadzki: a) dylatacje robocze, b) dylatacje pozornie nacinane

W posadzkach wystąpiło znaczne rozszerzenie się większości styków dylatacji roboczych z początkowej szerokości 5 mm do około 15 mm - rys. 59. Spowodowało to odspojenie się mas elastycznych od krawędzi dylatacji oraz wykruszenia krawędzi betonu na drogach przejazdu wózków widłowych. Dylatacje pozorne (skurczowe) nie zmieniły swej rozwartości. Przyczyną obserwowanych nieprawidłowości było zbyt wczesne wypełnienie dylatacji masami elastycznymi. Dodatkowo zabrojenie dylatacji pozornych (rys. 58) spowodowało, że odkształcenia skurczowe z pasów o szerokości 15 do 30 m, skumulowały się w liniach dylatacji roboczych.

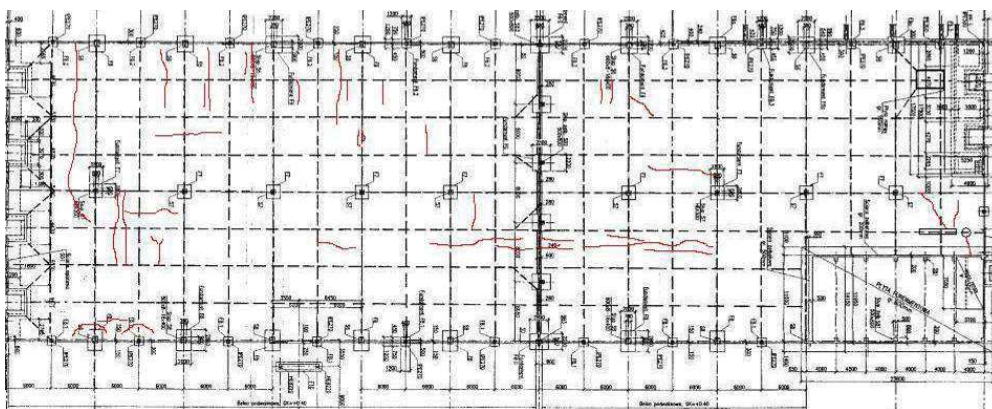


Rys. 59. Rozszerzenie się dylatacji, odspojenia mas elastycznych i wykruszenia krawędzi

W betonowej posadzce magazynu wysokiego składowania zaraz po oddaniu obiektu do użytkowania wystąpiły zarysowania na powierzchni posadzki -rysy o rozwarości do 0,7 mm. Konstrukcja posadzki była następująca:

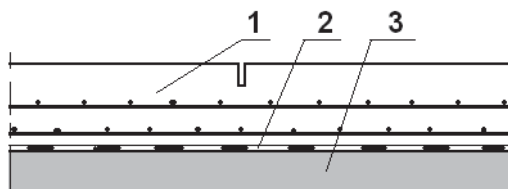
- utwardzona przez zacieranie powierzchnia górna.
- płyta żelbetowa o grubości 300 mm z betonu B-30, zbrojona prętami ze stali RB500W o średnicy  $\varnothing$  8 mm o oczkach 150 x150 mm, umieszczonymi w środku grubości płyty i przy dolnej powierzchni,
- folia izolacyjna,
- zagęszczone podłoże z kruszywa naturalnego 0/63 - 60 cm,
- grunt rodzimy.

W posadzce przewidziano dylatacje robocze na całą grubość płyty w osiach słupów głównych o siatce 20,0 x 24,0 m. Dylatacje te dyblowano stalowymi prętami o średnicy 20 mm co 500 mm. Dylatacje pozorne, przez nacięcie od góry na głębokość około 60 mm, wykonano w rozstawie co 5,0 x 6,0 m. Przy słupach wykonano dodatkowe nacięcia ukośne w „karo”. Dylatacje robocze i pozorne uszczelniono kitami epoksydowymi. Na rysunku 60 przedstawiono inwentaryzację zarysowań posadzki.



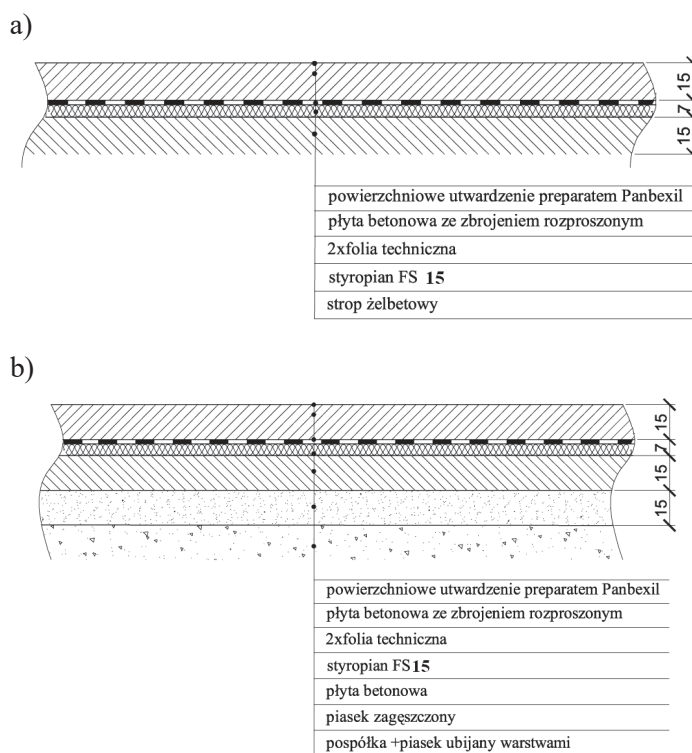
Rys. 60. Układ zarysowań posadzki w magazynie wysokiego składowania

Przyczyną wystąpienia zarysowań był skurcz technologiczny betonu. Zastosowanie zbrojenia pod dylatacjami pozornymi (rys. 61) należy uznać za błędne rozwiązanie - znaczne ograniczenie możliwości rozładowania naprężeń skurczowych ze względu na zbrojenie w przekroju zakładanego zarysowania pod nacięciami skurczowymi.



Rys. 61. Przekrój posadzki w miejscu dylatacji pozornej: 1 - płyta żelbetowa 300 mm, 2 - folia, 3 - zagęszczone podłoże gruntowe

W magazynie przemysłu spożywczego o wymiarach w rzucie około 55 x 26 m, wystąpiły znaczne deformacje powierzchni fibrobetonowej posadzki przy dylatacjach roboczych i pozornych. Część posadzki wykonano na gruncie a część na żelbetowym stropie podpiwniczenia. Konstrukcję posadzki przedstawiono na rysunku 62. W posadzce zastosowano jedną dyblowaną dylatację roboczą w połowie długości hali oraz dylatacje pozorne nacinane połami o wymiarach 6,6 x 3,65 m. Posadzkę wykonano z betonu B-30 zbrojonego włóknami stalowymi.



Rys. 62. Konstrukcja posadzki: a) nad częścią podpiwniczoną, b) nad częścią niepodpiwniczoną - posadzka wykonana na gruncie

Po około kilku miesiącach od zakończenia budowy użytkownik zgłosił problemy z eksploatacją posadzki spowodowane dużym rozwarciem części dylatacji i klawiszowaniem dylatacji przy przejazdach wózków widłowych wysokiego składowania. Doszło do odspojenia mas elastycznych wypełnienia dylatacji i wykruszeń krawędzi na drogach przejazdu wózków - rys. 63. Pomiary niwelacyjne powierzchni wykazały znaczne podniesienie się krawędzi płyt wydzielonych dylatacjami - „łódkowanie” krawędzi spowodowane nierównomiernym skurczem. W wykonanych odwiertach rdzeniowych (rys. 64) stwierdzono, że pod 150 mm płytą posadzki zastosowano miękki styropian FS 15 co należy uznać za poważny błąd przy stosunkowo znacznych obciążeniach wózkami w przedmiotowym magazynie. Nieuniknione odkształcenia podłoża z mało sztywnego styropianu spotęgowały klawiszowanie styków przy podniesionych krawędziach. Ponadto zastosowano niewłaściwe proporcje pól wydzielonych dylatacjami pozornymi  $a : b \leq 3 : 2$  ( $6,6 : 3,65 = 1,8 > 3 : 2 = 1,5$ ).



Rys. 63. Uszkodzenia dylatacji



Rys. 64. Odwiert rdzeniowy; miękki styropian pod płytą posadzki

### Piśmiennictwo

- [1] State-of-the-Art Report of RILEM, Technical Committee TC 184-IFE: *Industrial Floors*. (Rilem Raport nr 33) 2006, 158 str.
- [2] Garbacz. A.: *Raport dotyczący stanu wiedzy i techniki w dziedzinie posadzek przemysłowych*. „Materiały Budowlane”. Nr 5/2007, str. 2÷5.
- [3] Czarnecki L.: *Badania i rozwój posadzek przemysłowych*. „Materiały Budowlane”. Nr 5/2007, str. 6÷8.
- [4] Neal F. R.: *Concrete industrial ground floors*. ”ICE. Thomas Telford”, London 2002, 62 str.
- [5] PN-75/S-96015: *Drogowe i lotniskowe nawierzchnie z betonu cementowego*.
- [6] ACI 302.1 R-04: *Guide for Concrete Floor and Slab Construction*. “ACI Committee 302”, 2004, 65 str.
- [7] PN-EN 13813: *Podkłady podłogowe oraz materiały do ich wykonywania. Materiały. Właściwości i wymagania*.
- [8] EN 1504-10: 2002: *Products and systems for the protection and repair concrete structures. Definitions, requirements quality control and evaluation of conformity*.
- [9] Warunki techniczne wykonania i odbioru robót budowlano - montażowych. Budownictwo Ogólne. „Arkady” Warszawa, 1990 r.
- [10] Technical Report 34, Third edition: *Concrete industrial ground floors - a guide to their design and construction*. “The Concrete Society”. Camberley, 2003, 105 str.
- [11] Williamson N. I. H.: *Concrete floors for warehousing and distribution facilities: fit for purpose*. “Proc. ICE Structures and Building” May 1996, str. 235÷243.
- [12] ACI 360 R-92: *Design of Slabs on Grade*. “American Concrete Institute”.
- [13] Svoboda P., Doležal J.: *Průmyslové podlahy a podlahy v objektech pozemních staveb*. “JAGA”, Bratislava, 2007, 111 str.



- [14] Zając G.: Posadzki przemysłowe o dużej odporności na ścieranie. „Materiały Budowlane”. Nr 5/2007, str. 28 ÷ 30.
- [15] Materiały reklamowe firmy “BAUTECH” (www.bautech.pl).
- [16] Materiały reklamowe firmy “BEKAERET” (www.bekaert.com).
- [17] *Sols industriels a base de ciment*. NIT 204 1997/06. CSTC.
- [18] DIN 18202 04.97: *Toleranzen im Hochbau Bauwerke; Bauwerke*.
- [19] BS 8204-1: 2003: *Screeds, bases and in situ floorings*.
- [20] ASTM 1155M-96 (2001): *Standard test method for determining  $F_F$  floor flatness and  $F_L$  floor levelness numbers*.
- [21] Stuard M.: *Concrete Slab Finishes and Use of F-number System*. (www.pdhcenter.com).
- [22] Gromysz K., Piekarczyk A., Jasiński R., Drobiec Ł.: *Nowoczesne metody diagnostyki konstrukcji żelbetonowych*. XVII Ogólnopolska Konferencja Warsztat Pracy Projektanta Konstrukcji, Ustroń, 20÷23 luty 2002, tom I, str. 225÷240.
- [23] PN-EN 12504-1: 2001: *Badania betonu w konstrukcjach. Część 1: Odwierty rdzeniowe - wycinanie, ocena i badanie wytrzymałości na ściskanie*.
- [24] JCI - SF-4: *Method of Tests for Flexural Strength and Flexural Toughness of Fiber Reinforced Concrete*. Japan Concrete Institute.
- [25] ASTM C 1018-97: *Standard Test Method for Flexural Toughness and First-Crack Strength of Fiber-Reinforced Concrete (Using Beam with Third-Point Loading)*.
- [26] Drobiec Ł., Jasiński R., Piekarczyk A.: *Lokalizacja wad konstrukcji i stali zbrojeniowej - metody*. „XXI Ogólnopolska Konferencja Warsztat Pracy Projektanta Konstrukcji”, Szczyrk, 8÷11 marca 2006, tom I, str. 133÷208.
- [27] Jaśniok T., Jaśniok M.: *Metody diagnostyki zagrożenia korozyjnego zbrojenia w konstrukcjach żelbetonowych*. „XXI Ogólnopolska Konferencja Warsztat Pracy Projektanta Konstrukcji”, Szczyrk, 8÷11 marca 2006, tom II, str. 1÷45.
- [28] Czarnecki L., Skwara J.: *Uszkodzenia i naprawy posadzek przemysłowych*. „XV Ogólnopolska Konferencja Warsztat Pracy Projektanta Konstrukcji”, Ustroń, 23-26 luty 2000, tom III, str. 23÷45.
- [29] Pająk Z., Drobiec Ł.: *Uszkodzenia naprawy i remonty nośnych betonowych podkładów posadzek przemysłowych*. „XV Ogólnopolska Konferencja Warsztat Pracy Projektanta Konstrukcji”, Ustroń, 23-26 luty 2000, tom III, str. 231÷252.
- [30] Petri M., Spisak W.: *Posadzki z betonu zbrojonego włóknami polipropylenowymi*. „Materiały Budowlane”, Nr 9/1998, str. 20, 137.
- [31] Chibowski T.: *Paczenie płyt betonowych na brzegach dylatacji*. „Materiały Budowlane”, Nr 9/2006, str. 23÷24.
- [32] Austin S.A., Robins P.J., Bishop J.W.: *Behaviour and Design of Concrete Industrial Ground Floor Slabs*. EPSRC Grant Final Report, Loughborough University, 2000.
- [33] Jasiczak J., Szymański P.: *Technologia i wykonywanie posadzek betonowych w aspekcie skurczu i pielęgnacji betonu*. „Materiały Budowlane”, Nr 9/2006, str. 16÷19.
- [34] Silfwerbrand J., Paulsson-Tralla J.: *New method to produce industrial concrete floors*. „Proceedings of the 4<sup>th</sup> International Colloquium on Industrial Floors”, Ostfildern, Germany, 1999, vol. 1, str. 139÷144.
- [35] Silfwerbrand J., Paulsson-Tralla, J.: *Reducing shrinkage cracking and curling in slabs on grade*. „Concrete international”, Vol. 22, Nr 1/2000, str. 69÷72.
- [36] Rusin Z., Rusin J.: *Wybrane problemy dotyczące jakości posadzek betonowych wykonywanych na gruncie*. „Prace Naukowe Instytutu Budownictwa Politechniki Wrocławskiej” Nr 74, Konferencje Nr 25, str. 159÷165.

- [37] Kawecki J. M., Szczepaniak K.: *Uszkodzenia powierzchniowo utwardzonych betonowych posadzek przemysłowych w wyniku reakcji alkaliów z reaktywnymi ziarnami kruszywa (aar)*. „Prace Naukowe Instytutu Budownictwa Politechniki Wrocławskiej”, Nr 74, Konferencje Nr 25, str. 67÷75.
- [38] Kiernożycki W.: *Kształtowanie i naprawa szczelin dylatacyjnych podłóg przemysłowych*. „Materiały Budowlane”, Nr 9/2006, str. 20÷22.
- [39] Kiernożycki W.: *Dylatacje konstrukcji podłóg betonowych*. „Materiały Budowlane”, Nr 9/1998, str. 74÷77.
- [40] Kawecki J. M.: *Szwy i szczeliny monolitycznych nawierzchni przemysłowych float*. „Przegląd Budowlany”, Nr 1/98, str. 7÷10.
- [41] Kuźmiński M.: *Kity dylatacyjne w posadzkach*. „Materiały Budowlane”, Nr 9/98, str. 61 i 155.
- [42] Czarnecki L., Emmons P. H.: *Naprawa i ochrona konstrukcji betonowych*. „Polski Cement”, Kraków, 2002, 434 str.
- [43] Czarnecki L., Skwara J.: *Naprawa rys konstrukcji żelbetowych metodą iniekcji*. „XIII Ogólnopolska Konferencja Warsztat Pracy Projektanta Konstrukcji”, Ustroń, 1998, tom I, str. 39÷56.
- [44] Chmielewska B., Koper J.: *Naprawa rys w konstrukcjach żelbetowych metodą iniekcji*. „XXI Ogólnopolska Konferencja Warsztat Pracy Projektanta Konstrukcji”, Szczyrk, 2006, tom I, str. 55-78.
- [45] Arnold R., Yalden C.: *The AlphaJoint and BetaJoint in action*. „Concrete”, Nr 9/2004, str. 8÷10.
- [46] Arnold R.: *Joint armoring and load transfer*. „Concrete”, Nr 9/2005, str. 6-7.
- [47] Materiały reklamowe firmy „PERMABAN” ([www.permaban.com](http://www.permaban.com)).
- [48] Materiały reklamowe firmy „Budosprzet” ([www.budosprzet.pl](http://www.budosprzet.pl), [www.dylatacje.pl](http://www.dylatacje.pl)).