

# Wpływ właściwości składników betonu na jakość posadzki betonowej utwardzanej powierzchniowo materiałem mineralnym

Pojęciem posadzki zwykło się określać wierzchnią warstwę podłogi znajdującą swoje oparcie na podłożu. W budownictwie przemysłowym, szczególnie w halach magazynowych i logistycznych, fabrykach, hutach czy halach sprzedaży super- bądź hipermarketów, a także na stacjach benzynowych, placach manewrowych czy parkingach, funkcję posadzki najczęściej pełnią płyty betonowe. Stanowią one zasadniczy element jej części konstrukcyjnej. By jednak spełniać swoje funkcje użytkowe wynikające głównie z obciążeń ruchem kołowym i pieszym, ich powierzchnie muszą wykazywać dużą odporność na ścieranie i udarność, a także odporność na inne czynniki korozyjne, jeśli takie będą miały miejsce w okresie eksploatacji. Użytkowe i trwałościowe parametry powierzchni posadzki betonowej uzyskuje się na drodze różnych działań, spośród których bardzo często wybierane jest utwardzenie realizowane poprzez odpowiednie nałożenie, a następnie zatarcie suchej posypki utwardzającej [1, 2].

Walory użytkowe posadzki przemysłowej zasadniczo są związane z jakością wykonania i parametrami technicznymi jej warstwy bezpośrednio eksploatowanej. Należy jednak zwrócić uwagę, że nie na wiele się zda właściwe przeprowadzenie prac wykonawczych płyty betonowej, jeśli nie zostaną poczynione odpowiednie starania w celu zapewnienia dostaw mieszanki betonowej o możliwie wysokiej jakości – uwzględniającej technologię realizacji posadzki, warunki, w jakich realizacja jest prowadzona, a następnie warunki jej eksploatacji.

Doświadczenie pokazuje, że realizacja posadzek w oparciu o mieszankę zakupioną i dostarczaną

na podstawie jednego kryterium – ceny stosunkowo często prowadzi do wystąpienia uszkodzeń już w pierwszych tygodniach bądź miesiącach jej eksploatacji. Jest oczywiste, że najczęściej korzystniejsza cenowo oferta betonu ma odzwierciedlenie w kosztach, a co za tym idzie i właściwościach surowców użytych do produkcji mieszanki betonowej. Bywa, że stosunkowo niskie wymagania wytrzymałościowe w stosunku do betonu przekładane są przez producentów betonu na niskie wymagania w stosunku do składników betonu. Częściej jest to związane z brakiem zrozumienia przez producenta betonu, że zasadniczo konieczny do realizacji posadzki beton klasy C20/25 lub C25/30 to nie beton towarowy z segmentu „najpopularniejszy”, a zdecydowanie beton zaliczany do segmentu „specjalny”, z uwagi na inne wymagania, których brak spełnienia prowadzi najczęściej do uszkodzeń wręcz uniemożliwiających eksploatację posadzki. Nie przez przypadek większość firm wykonawczych kupowany na potrzeby realizacji posadzki beton określa mianem „posadzkowy”. Choć termin ten nie jest definiowany przez żaden przepis normatywny, to jednak przez bardziej doświadczonych producentów jest rozumiany w sposób prawidłowy, gwarantujący uzyskanie wymaganej jakości posadzki.

Analizując przyczyny uszkodzeń posadzek betonowych wykonanych przez kilku producentów w przeciągu kilku ostatnich lat, można stwierdzić, że znaczny odsetek wad ma związek z jakością wykonanych prac podczas układania posadzki. Pewna część ma związek z błędami popełnianymi przez projektantów, i wskutek braku weryfi-



Rys. 1. Pęknięcia posadzki wywołane skurczem w związku ze wzrostem wskaźnika w/c – jako efektem wzrostu punktu piaskowego mieszanki kruszywo

kacji trafia do realizacji, prowadząc w większości przypadków do istotnych wad posadzek. Znaczący odsetek obserwowanych uszkodzeń związany jest jednak z jakością surowców użytych do wykonania posadzki, zarówno materiałów ograniczających ścieranie i pylenie posadzki, jak również samego betonu. W większości przypadków, gdzie w zdecydowanym stopniu winę za wystąpienie wad na posadzce można przypisać właściwościom betonu, jego producent dowiaduje się dopiero po przeprowadzonych ekspertyzach, kiedy strony zaangażowane w realizację posadzki próbują dochodzić swoich racji. Przy okazji okazuje się często, że standardowe podejście do działań związanych z projektowaniem i produkcją mieszanki betonowej nie są wystarczające, potrzebna jest szersza wiedza, a jeszcze częściej doświadczenie z różnymi realizacjami betonów w oparciu o lokalne surowce. Biorąc powyższe pod uwagę, autor chciałby poruszyć kwestie wpływu wybranych cech betonu oraz właściwości składników, z których jest wykonany, na właściwości użytkowe wykonanych posadzek betonowych. Pominęte zostaną, lub też zaprezentowane w formie skrótowej, wszystkie te kwestie, które mają kluczowe znaczenie dla prawidłowej realizacji posadzki, ale mają także charakter wiedzy podstawowej z zakresu „betonu posadzkowego”.

#### **Wymagania w stosunku do betonu posadzkowego**

Najważniejszym parametrem betonu, brany pod uwagę podczas projektowania składu mieszanki betonowej przeznaczonej na realizację posadzki, jest skurcz. Zbyt wysoka wartość tego parametru wręcz uniemożliwia realizację posadzek bezspoinowych, i prowadzi do powstania uszkodzeń w przypadku posadzek z dylatacjami pozornymi. Prawidłowo zaprojektowany i wykonany beton będzie wykazywał skurcz na poziomie nie przekraczającym 0,4 mm/m [3]. Ponieważ na skurcz betonu składa się zarówno skurcz autogeniczny – wywołany procesami hy-

dratacji cementu, jak również skurcz związany z wysychaniem, dlatego też ważne jest w betonach posadzkowych ograniczanie zawartości spoiwa jak i ograniczanie wartości wskaźnika w/c. Między innymi z tego powodu przyjmuje się, że w przypadku betonu na posadzkę wskaźnik  $w/c \leq 0,55$  przy ilości cementu nie większej niż 350 kg/m<sup>3</sup>. Właściwości dostępnych na rynku cementów jak również parametry mieszanki betonowej sprawiają, że betony o tak sprecyzowanej „specyfice” uzyskują zdecydowanie wyższą wytrzymałość niż w projektach wykonawczych przyjmują projektanci, i zwykle spełniają wymagania przewidziane dla klasy C30/37 (średnia wytrzymałość na ściskanie wynosi ponad 40 MPa). Opisanie właściwości betonu przeznaczonego do wykonania posadzki jedynie parametrem określającym klasę wytrzymałości może w niektórych przypadkach skutkować wystąpieniem na niej wad. Nie ma bowiem wówczas pewności, że wykonawca weźmie pod uwagę parametry mające na celu ograniczenie skurczu płyty betonowej, poprzez wykonanie mieszanki o niewspółmiernie niższym wskaźniku w/c niż to konieczne dla uzyskania projektowanej klasy wytrzymałości betonu. Należy bowiem mieć na uwadze, że beton klasy C20/25, jaka najczęściej występuje w projektowanych posadzkach, można uzyskać przy wskaźnikach w/c nawet wyższych od 0,60. Trudności z uzyskaniem odpowiednio niskiego wskaźnika w/c wynikają często z braku odpowiedniej obsługi laboratoryjnej, a zdarza się także, że z braku osoby o odpowiednim przygotowaniu technologicznym. Praktyka autora pokazuje, że tylko część producentów betonu ustala parametry składu mieszanki betonowej w laboratorium lub podejmuje inne kroki dla sprawdzenia, czy wymóg uzyskania ustalonego wskaźnika w/c został osiągnięty. Jest to niezwykle istotne, gdy realizacja dotyczy posadzki bezspoinowej na bazie fibrobetonu, dla której zaleca się uzyskanie wskaźnika w/c poniżej 0,50, a nawet 0,47. Dodatkowa trudność uzyskania omawianych tu parametrów mieszanki betonowej ma związek z wymaganiem przez firmy wykonawcze stosunkowo wysokiej klasy konsystencji, nawet S4, w sytuacji, gdy mieszanka zawiera kilkadziesiąt kilogramów smukłych włókien stalowych w każdym metrze sześciennym. To wymaga doboru odpowiednich domieszek upłynniających, które pozwalają na uzyskanie wymaganych parametrów, ale nie powodują sedymentacji składników, ani nie wpływają w sposób istotny na właściwości reologiczne zaczynu. Pojawienie się choćby jednego z tych elementów, niepożądanych dla właściwości mieszanki betonowej, może skutkować zasadniczo problemem z uzyskaniem właściwego połączenia płyty posadzki betonowej z warstwą utwardzającą. Bywa, co dla niektórych producentów betonu jest trudne do przyjęcia, że firmy wykonawcze narzucają określoną domieszkę oraz sposób jej dozowania, dbając często w ten sposób o zminimalizowanie potencjalnych zagrożeń dla jakości wykonywanej posadzki.

#### **Spoiva i dodatki mineralne do produkcji betonów „posadzkowych”**

Nie jest możliwe wskazanie idealnego cementu do betonu posadzkowego. Tak jak w technologii be-

Rys. 2. Uziarnienie betonu o charakterystycznie wysokim punkcie piaskowym, wraz z rysą skurczową widoczną na próbce rdzeniowej średnicy 140 mm



fab. Artur Lagosz

tonu zwykłego, do wykonywania płyt betonowych stosuje się cementy zarówno CEM I, CEM II jak i CEM III, dobierając ich rodzaj w zależności od panujących warunków w czasie wykonywania posadzki. Choć niektórzy producenci materiałów do powierzchniowego utwardzania w kartach technicznych swoich wyrobów wskazują na konieczność zastosowania w betonie płyty posadzkowej cementu CEM I, to jednak coraz większe doświadczenie wskazuje, że w wielu przypadkach wykorzystanie cementów zawierających składniki nieklinkierowe w postaci dodatków mineralnych prowadzi do uzyskania pełnowartościowego wyrobu, a w okresie wysokich temperatur ogranicza w wielu przypadkach odsetek powierzchni wykazującej uszkodzenia. Ma to związek z lepszym dopasowaniem właściwości mieszanki betonowej do warunków wykonawstwa, poprzez wydłużenie początku wiązania cementu. W efekcie zastosowania cementów zawierających dodatki mineralne uzyskuje się także beton wykazujący mniejszy skurcz oraz wyższą odporność na działanie środowisk korozyjnych, choć uzyskanie tych parametrów uwarunkowane jest utrzymaniem stałego wskaźnika w/c, jak również skutecznym zabezpieczeniem powierzchni posadzki przed odparowaniem wilgoci w okresie dojrzewania.

Należy mieć na uwadze, że sezonowa zmiana rodzaju cementu w receptie na beton posadzkowy powinna być przeprowadzona wraz ze sprawdzeniem wskaźnika w/c. W szczególnych przypadkach może dojść do zamiany cementu o stosunkowo niskiej wodoządności (np. większości cementów CEM I) na cement o wodoządności wysokiej (niektóre cementy CEM III oraz CEM II wyższych klas) [4], co przy braku odpowiedniej korekty w składzie betonu, polegającej na zmianie ilości lub rodzaju stosowanej domieszki, może prowadzić do istotnego zwiększenia wskaźnika wodno-cementowego. Różnica wodoządności cementów, wyrażanej w postaci ułamka określającego masową proporcję wody i masy cementu, określonego w oparciu o zaczyn o tzw. normowej konsystencji, może być większa niż 0,03, co w skrajnych przypadkach oznacza zwiększenie zapotrzebowania na wodę nawet o więcej niż 10%. Nietrudno w takich przypadkach na niekontrolowany wzrost wskaźnika w/c

mieszanki betonowej o założonej konsystencji nawet o wartość 0,05, np. z wartości 0,50 do 0,55. Choć wygląda to jak rozważania czysto teoretyczne, to jednak pragnę podkreślić, że powyższe zapisy mają związek z konkretnymi sytuacjami, które miały miejsce na etapie projektowania i przygotowywania mieszanek betonowych dla potrzeb wykonania posadzek przemysłowych. Osobom, które na co dzień zajmują się wykonawstwem posadzek, nie trzeba w tym miejscu tłumaczyć, jakie mogą być konsekwencje niekontrolowanego wzrostu wskaźnika w/c w betonie, z którego wykonano np. posadzkę bezspoinową.

Istotą utwardzania posadzek przemysłowych techniką DST (z wykorzystaniem posypki) jest połączenie betonu z warstwą utwardzającą. Dlatego też rodzaj zastosowanego cementu do sporządzenia betonu powinien być brany pod uwagę także i z tego powodu, a w przypadku wątpliwości co do możliwości uzyskania zadowalającego połączenia warstw powinno się przeprowadzić próby sprawdzające, najlepiej już w warunkach przewidzianych do aplikacji.

Tematem nieco kontrowersyjnym z punktu widzenia wykonywania posadzek betonowych, szczególnie utwardzanych techniką DST, jest możliwość stosowania przez producentów betonu popiołu lotnego, jako dodatku mineralnego wprowadzanego do mieszanki na węźle betoniarskim. W środowisku wykonawców panuje opinia, że wyływający na powierzchnię wraz z tzw. mleczkiem cementowym popiół lotny uniemożliwia prawidłowe połączenie betonu z posypką utwardzającą i przyczynia się do powstawania różnych wad posadzek. Dlatego też popioły lotne stosowane są w ograniczonej liczbie realizacji posadzek utwardzanych posypkami mineralnymi. Należy mieć także na uwadze, że nie wszyscy producenci betonu na etapie projektowania składu mieszanek betonowych stosują się do wymagań normy EN 206-1 w zakresie ustalania wskaźnika w/c. Inne podejście do kwestii ustalania tego parametru mogło w przeszłości skutkować uzyskiwaniem wyższych od ustalonych przez doświadczenie wartości tego wskaźnika, prowadząc w ten sposób do wystąpienia wad na nowo zrealizowanych posadzkach. Doświadczenie w projektowaniu betonów zawierających popioły wskazuje,



Rys. 3. Uszkodzenia powierzchni posadzki z charakterystycznymi „kraterami” po nietrwałym kruszywie po jednym sezonie zimowym. Ciekawostka – powierzchnia parkingu zaprojektowana i wykonana w technice DST



Rys. 4a. „Wysadzina” na powierzchni posadzki utwardzonej posypką mineralną

Rys. 4b. „Krater” z nietrwałym ziarnem kruszywa na powierzchni wyciętej z posadzki. Zobrazowanie wielkości uszkodzenia na tle powierzchni górnej rdzenia o średnicy 130 mm przypadku przedstawionego na rysunku 3

że zawarte w normie na beton kryteria określenia wskaźnika w/c pozwalają na uzyskiwanie betonów o porównywalnych cechach wytrzymałościowych, choć jest rzeczą oczywistą, że szybkość przyrostu cech wytrzymałościowych, jak również czas wią-



zania ulegają zmianom proporcjonalnie do ilości wprowadzonych popiołów. Jaki wpływ będzie to miało na własności użytkowe powierzchni posadzki, najlepiej pokazują wyniki niepublikowanej pracy [5], zrealizowanej jako praca magisterska w KTMB WIMiC w AGH. Badania przyczepności dwóch, dostępnych na rynku preparatów do powierzchniowego utwardzania, przeprowadzone po

28 dniach dojrzewania w warunkach laboratoryjnych, ale zabezpieczonych przed działaniem czynników zewnętrznych preparatem przewidzianym do powierzchniowej pielęgnacji betonu przez producenta posypek, wykazały, że zarówno mniejszy jak i większy udział popiołów lotnych nie wpływa istotnie na uzyskane wyniki pomiarów. Wartości przyczepności warstwy powierzchniowej posadzki do betonu były porównywalne, choć okazało się, że wraz ze wzrostem udziału popiołów lotnych wzrastał procentowy udział powierzchni przełamu, wykazujący model pęknięcia adhezyjnego (określany jako „X/Y”), choć nie przekraczał w statystycznych zestawieniach 25% powierzchni zerwanych próbek. Mały udział popiołu w spoiwie lub jego brak sprzyjał modelowi pęknięcia kohezijnego, ze zniszczeniem w warstwie betonu posadzki, a model zniszczenia na granicy dwóch materiałów nie przekraczał kilku procent. Wniosek z tego, że wprowadzanie do betonów posadzkowych popiołów lotnych w sposób zgodny z normą EN 206-1 pozwala na wykonanie pełnowartościowej posadzki. Należy jednak wziąć pod uwagę, że końcowy efekt związany z realizacją płyty z betonu zawierającego dodatek popiołów lotnych może być jednak w znacznym stopniu uzależniony od właściwości zastosowanych popiołów lotnych, na co już nie każdy zwraca uwagę. Możliwość wprowadzenia do betonu, w świetle aktualnych norm, popiołów o stratach prażenia > 5%, nawet zbliżonych do 9%, rodzi niebezpieczeństwo zwiększenia się wodoodporności mieszanki betonowej i tym samym przekroczenia ustalonych wskaźników wodno-cementowych. Jeśli będzie to miało miejsce poza wiedzą technologa, który ma możliwość dokonania korekt, w konsekwencji może prowadzić do uzyskania posadzki nawet o znacznych wadach.

### Kruszywa do betonu „posadzkowego”

Do produkcji betonów „posadzkowych” stosowane są kruszywa praktycznie takie same, jak do produkcji betonu zwykłego, a zatem poddawane klasyfikacji zgodnie z normą PN-EN 12620. Mogą być stosowane zarówno kruszywa zwirowe, zdecydowanie częściej wykorzystywane, jak również kruszywa łamane. Stosowanie jednak zwirow pozwala na uzyskiwanie przez mieszanki betonowe lepszej urabialności, szczególnie, że znaczna część betonu wykorzystywana do wykonywania posadzek to fibrobetony, przygotowywane w oparciu o włók-

Rys. 4c. Porowatość ziarna kruszywa prezentowanego na rysunku 4, wraz z wynikami analizy składu mineralnego wskazująca na obecność w tym miejscu ziarna odwapnionej opoki. Gęstość badanego ziarna wynosi około 1 g/cm<sup>3</sup>

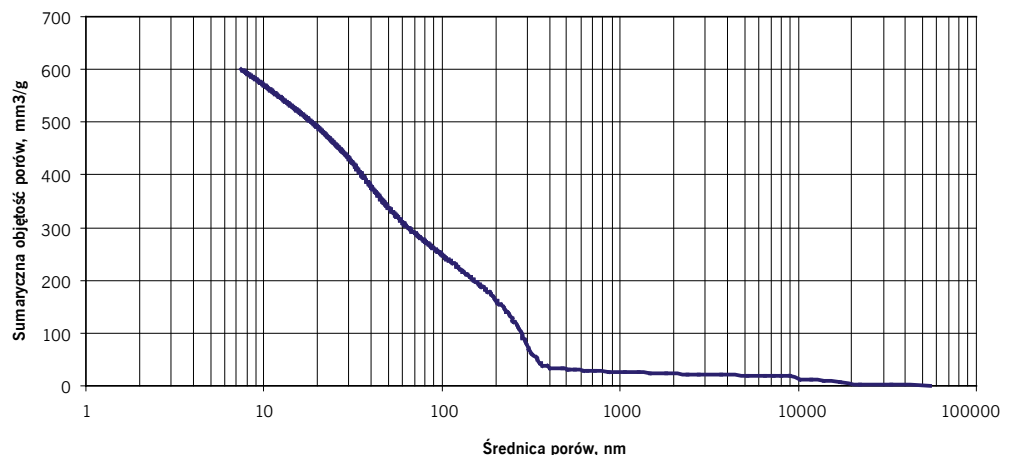




foto: Artur Lagosz

na stalowe o wysokiej smukłości, wpływające na pogorszenie się własności reologicznych świeżego zarobu. Zatem zmiany rodzaju kruszywa podczas realizacji posadzki w danym obiekcie powinny być poprzedzone badaniami, lub przynajmniej wiedzą na temat wpływu zmian własności kruszywa na istotne parametry składu betonu, w tym wiele razy przytaczany już wskaźnik w/c. Spełnienie przez kruszywa do betonu przeznaczonego na posadzkę wszystkich kryteriów wskazywanych przez normy jednak nie w każdym przypadku pozwala uchronić posadzkę, szczególnie przed drobnymi uszkodzeniami. Wszelkiego rodzaju zanieczyszczenia materiałem organicznym lub nawet drobne okruchy węgla znajdujące się w kruszywie grubym lub w piasku (powszechne zanieczyszczenie kruszyw wydobywanych z koryt niektórych rzek – np. z Wisły od Oświęcimia do Koszyc), prowadzi do powstawania uszkodzeń najczęściej na etapie eksploatacji, o charakterystycznych punktowych odpryskach. Zdarzało się już nieraz, że zanieczyszczenia w kruszywie o omawianym tu charakterze pojawiały się nie w związku z właściwościami eksploatowanego złoża, ale wskutek zanieczyszczenia go w trakcie transportu, w imię zmniejszenia jego kosztów, np. poprzez łączenie transportu kruszyw w jednym kierunku z transportem węgla w drodze powrotnej. Nienależyte oczyszczenie naczep skutkowało niezwykle dużą ilością uszkodzeń powierzchni posadzki zatartej materiałem utwardzającym. Uszkodzenia w takiej sytuacji nie pojawiają się zawsze od razu, lecz w miarę eksploatacji, związanej z regularnym myciem powierzchni eksploatowanej. Piasek do betonu posadzkowego powinien być kruszywem płukany. Istotnym elementem jest możliwie niska zawartość zanieczyszczeń pylistych, jak również udział w tym kruszywie frakcji 0,125-0,25 mm, która powinna zamknąć się w

granicach 8-15%, przy całkowitej masie kruszywa przechodzącej przez sito 0,5 mm nie większej niż 50%. Zbyt niski udział wymienionych powyżej frakcji kruszywa drobnego może doprowadzić do wystąpienia zjawiska „bleedingu”, pojawienia się wody, nierzadko z domieszką na powierzchni zagęszczonego betonu i problemów z wykończeniem wierzchniej warstwy posadzki materiałem do powierzchniowego utwardzania. Bleeding sprzyja złej ocenie stopnia związania betonu, i tym samym znaczna część posadzki może mieć zatartą warstwę posypki mineralnej zbyt późno, aby nastąpiło monolityczne powiązanie jej z warstwą płyty betonowej. W sytuacji takiej, jeszcze na etapie twardnienia betonu, nawet w ciągu kilku dni od wykonania posadzki można zaobserwować znaczące uszkodzenia polegające na odspajaniu się warstwy zacieranej od podłoża. Wykorzystanie w produkcji betonu posadzkowego piasków zbyt drobnych sprzyja podniesieniu wodoodporności stosu okruszowego i wymaga korekty składu mieszanki

*Rys. 5a (u góry) i 5b (poniżej). Zniszczenie matrycy cementowej niedostatecznie napowietrzona po 28 cyklach zamrażania i odmrażania w obecności 3% roztworu NaCl. Zniszczone ziarna kruszywa to dodatkowy element zmniejszający trwałość betonów „posadzkowych” wykonanych jako np. płyty parkingowe*



foto: Artur Lagosz



Źródło: autor

polegającej np. na zwiększeniu ilości domieszki. Brak odpowiedniej reakcji w tej sytuacji sprzyja wzrostowi wskaźnika w/c z konsekwencjami wynikłymi ze zwiększonego skurczu betonu.

Realizacja posadzek betonowych na zewnątrz budynków, z przeznaczeniem na parkingi, drogi zakładowe, place manewrowe, związana jest z przyjęciem technologii wykonania jak przy budowie nawierzchni dróg i lotnisk. Należy w takich sytuacjach zrezygnować z techniki DST (o czym zdarza się zapomnieć niektórym projektantom – jak pokazał pewien z przypadków poddanych niedawno analizie nie tylko przez autora), i wprowadzić technikę wykończenia powierzchni ukierunkowaną na zwiększenie szorstkości powierzchni i zmniejszenie jej śliskości, co niekiedy ucieka uwadze projektantów. Posadzki zacierane powierzchniowo w takich warunkach są niezwykle śliskie i praktycznie nietrwałe w obecności środków odladzających, które pojawiają się na posadzce nawet pomimo braku bezpośredniego ich posypywania, bowiem zostaną tu „dostarczone” pojazdami z okolicznych dróg. O trwałości posadzki betonowej w takich warunkach eksploatacji przesądza zatem właściwe przygotowanie mieszanki betonowej – jej napowietrzenie oraz użycie kruszyw, które wykazują odpowiednią odporność na zamrażanie i odmrażanie, w tym w obecności środków odladzających. Okazuje się jednak, że w przypadku niektórych kruszyw, których producenci mogą się pochwalić pozytywnymi wynikami badań w zakresie mrozoodporności, inne czynniki decydują o ich nieprzydatności do tego typu zastosowań. Zagadnienie to zostało częściowo przypomniane i

udokumentowane w artykule „Wpływ kruszywa na trwałość betonowej kostki brukowej” [6], w którym między innymi udokumentowano brak trwałości wyrobów z kostki brukowej wskutek zniszczenia betonu przez kruszywo, dla którego wyniki badań mrozoodporności pozwalają na klasyfikację do kategorii F1 – najwyższej przewidzianej dla kruszyw do betonu. Podobny przypadek stwierdzono w przypadku posadzki zrealizowanej na jednym z parkingów, na którym już po jednym sezonie zimowym wystąpiły tak znaczne uszkodzenia, że posadzka została przeznaczona do naprawy na całej swojej powierzchni. Nadmierne pęcznienie kruszywa, między innymi na skutek obecności ziaren o wysokiej porowatości, doprowadziło nie tyle do zniszczeń w całej objętości betonu, ale zniszczeń powierzchniowych o charakterystycznych odpryskach średnicy niekiedy kilku cm. Nienadająca się do eksploatacji posadzka wymaga oczywiście kosztownej naprawy, ale co oczywiste w takiej sytuacji, winnych wystąpienia uszkodzeń nie zawsze szuka się tam, gdzie ich źródło. Dlatego też producenci betonu, podczas realizacji zleceń związanych z dostawami betonu na obiekty eksploatowane w bardzo wymagających warunkach, oprócz potwierdzania jakości kruszyw w oparciu o wyniki badań laboratoryjnych powinni także sięgnąć do wcześniejszych doświadczeń z podobnych realizacji na bazie kruszyw z tych samych źródeł. Często się zdarza, że z podobnych powodów dane kruszywo było wyłączone ze stosowania do określonej grupy betonów, jednak zmiany własnościowe, polityka zarządzania centralnego, dalekiego od lokalnych doświadczeń, wprowadza takie kruszy-

Rys. 6. Jedna posadzka (powyżej) i różne spoiwa do jej wykonania – każda z badanych próbek potwierdziła klasę wytrzymałości na ściskanie betonu C20/25 i tylko taką. Badany element wykazuje pęknięcia skurczowe charakterystyczne dla wysokiego wskaźnika w/c



Źródło: autor

wo na rynek tam, skąd już wcześniej zostało ono usunięte. Już na marginesie, w przypadku realizacji omawianej posadzki na płytę parkingową, zaprojektowano posadzkę z wykonaniem w technice DST oraz dostarczono beton nieodporny na oddziaływanie soli oddziałującej w czasie zamrażania i odmrażania, co wykazały badania laboratoryjne.

### Domieszki do betonu „posadzkowego”

Uzyskanie wskaźnika wodno-cementowego na poziomie 0,55 lub poniżej 0,50, przy klasie konsystencji S3, i to często w przypadku mieszanki betonowej zawierającej zbrojenie rozproszone w postaci włókien stalowych, wymaga zastosowania plastyfikatora lub części superplastyfikatora. Zasadniczo stosowane są domieszki starszych generacji, choć można także znaleźć realizacje wykonane przy zastosowaniu domieszek nowszych. Część wykonawców posadzek po pierwszych doświadczeniach z betonami zawierającymi domieszki w postaci polikarboksylatów zadeklarowała powrót do starszej generacji domieszek, z uwagi na zupełnie odmienne własności reologiczne tych mieszanek, wymagający w wielu przypadkach zdecydowanie wyższego nakładu pracy w ich rozprowadzaniu. Jest to mniejszym problemem w przypadku stosowania ciężkiego sprzętu do układania mieszanki, ale w małych halach, charakteryzujących się dużą ilością kanałów itp., gdzie prace w znacznym stopniu prowadzone są ręcznie, staje się to problemem. W przypadku stosowania nowszej generacji domieszek pojawiają się także trudności w ocenie czasu wiązania betonu i tym samym czasie, kiedy na jego powierzchnię może być naniesiony środek do powierzchniowego utwardzania, jak w technice DST. Przeoczenie tego momentu w konsekwencji daje kosztowne w naprawie uszkodzenia z odpajaniem warstwy utwardzającej.

Mieszanka betonowa wykorzystywana do realizacji posadzek techniką DST powinna charakteryzować się stosunkowo wysoką szczelnością po zagęszczeniu, a zatem zawartość powietrza powinna być w niej ograniczona praktycznie do 2%. Bywa jednak, że zastosowana domieszka, np. superplastyfikator, powoduje nadmierne napowietrzenie mieszanki betonowej. Niewielki wzrost zawartości powietrza ponad wspomnianą tu wartość nie wpłynie znacząco na warunki wykonania posadzki, jednak, jak pokazuje analiza niektórych uszkodzeń posadzek, niekontrolowany wzrost zawartości powietrza w zagęszczonej mieszance do poziomu 6% i więcej w technice wykonania z zacieraną warstwą utwardzającą prowadzi zwykle do rozwarstwienia lub dużej utraty przyczepności na granicy beton – warstwa poddana zacieraniu. Analizy w tym temacie wskazują na możliwość tworzenia się słabszej warstwy w przekroju betonu na granicy oddziaływania procesu zacierania i betonu, bogatszej w pęcherzyki powietrza, szczególnie, że ich średnice wynoszą nawet 2 mm lub więcej, co ułatwia ich przemieszczanie się ku górze głównie na etapie zagęszczania.

**dr inż. Artur Łagosz**

**Wydział Inżynierii Materiałowej i Ceramiki AGH**

#### Literatura:

- 1 P. Latoszek, Powierzchniowo utwardzane monolityczne nawierzchnie przemysłowe z fibrobetonów. Materiały konferencji Dni Betonu. Tradycja i Nowoczesność, s. 727-734, Wisła 2004
- 2 Industrial floors. Building materials. Informacje techniczne o produktach firmy Panbex.
- 3 Z. Giergiczny, M. Sokołowski, T. Pużak, D. Dziuk, Beton według normy PN-EN 206-1:2003 „Beton. Część 1: Wymagania, właściwości, produkcja i zgodność”, Informator Górażdże Cement
- 4 Z. Giergiczny, Cement w składzie betonu posadzkowego, Seminarium naukowo-techniczne „Podłogi przemysłowe. Budowa, eksploatacja, naprawa”, materiały konferencyjne, Warszawa 2009
- 5 Ł. Strzałka, Zastosowanie popiołów lotnych do betonów z przeznaczeniem na posadzki przemysłowe utwardzane posypką mineralną, praca magisterska, WIMIC AGH, Kraków 2008
- 6 G. Łój, Wpływ kruszywa na trwałość betonowej kostki brukowej, „Budownictwo, Technologie, Architektura”, s. 62-65, nr 4/2009

PERFECT

# PANTA RHEI

WSZYSTKO PŁYNIE – EVERYTHING FLOWS

ALLES FLEESST – EVERYTHING FLOWS – TOUTE S'ÉCOULE PARFAITEMENT – TUTTO SCORRE

NIEMIE – VS – PLINE – TODD FLU – WSZYSTKO PŁYNIE

FLAWS – TOUT C

TUTTO SCORRE

ST – ALLES FLEESST

NIEMIE – VS – PLINE – TODD FLU – WSZYSTKO PŁYNIE

FLAWS – TOUT C

TUTTO SCORRE

ST – ALLES FLEESST

NIEMIE – VS – PLINE – TODD FLU – WSZYSTKO PŁYNIE

FLAWS – TOUT C

TUTTO SCORRE

ST – ALLES FLEESST

NIEMIE – VS – PLINE – TODD FLU – WSZYSTKO PŁYNIE

FLAWS – TOUT C

TUTTO SCORRE

ST – ALLES FLEESST

NIEMIE – VS – PLINE – TODD FLU – WSZYSTKO PŁYNIE

FLAWS – TOUT C

TUTTO SCORRE

ST – ALLES FLEESST

NIEMIE – VS – PLINE – TODD FLU – WSZYSTKO PŁYNIE

FLAWS – TOUT C

TUTTO SCORRE

ST – ALLES FLEESST

NIEMIE – VS – PLINE – TODD FLU – WSZYSTKO PŁYNIE

FLAWS – TOUT C

TUTTO SCORRE

ST – ALLES FLEESST

NIEMIE – VS – PLINE – TODD FLU – WSZYSTKO PŁYNIE

FLAWS – TOUT C

TUTTO SCORRE

ST – ALLES FLEESST

NIEMIE – VS – PLINE – TODD FLU – WSZYSTKO PŁYNIE

FLAWS – TOUT C

TUTTO SCORRE

ST – ALLES FLEESST

NIEMIE – VS – PLINE – TODD FLU – WSZYSTKO PŁYNIE

FLAWS – TOUT C

TUTTO SCORRE

ST – ALLES FLEESST

NIEMIE – VS – PLINE – TODD FLU – WSZYSTKO PŁYNIE

FLAWS – TOUT C

TUTTO SCORRE

ST – ALLES FLEESST

NIEMIE – VS – PLINE – TODD FLU – WSZYSTKO PŁYNIE

FLAWS – TOUT C

TUTTO SCORRE

ST – ALLES FLEESST

NIEMIE – VS – PLINE – TODD FLU – WSZYSTKO PŁYNIE

FLAWS – TOUT C

TUTTO SCORRE

ST – ALLES FLEESST

NIEMIE – VS – PLINE – TODD FLU – WSZYSTKO PŁYNIE

FLAWS – TOUT C

TUTTO SCORRE

ST – ALLES FLEESST

NIEMIE – VS – PLINE – TODD FLU – WSZYSTKO PŁYNIE

FLAWS – TOUT C

TUTTO SCORRE

ST – ALLES FLEESST

NIEMIE – VS – PLINE – TODD FLU – WSZYSTKO PŁYNIE

FLAWS – TOUT C

TUTTO SCORRE

ST – ALLES FLEESST

NIEMIE – VS – PLINE – TODD FLU – WSZYSTKO PŁYNIE

FLAWS – TOUT C

TUTTO SCORRE

ST – ALLES FLEESST

NIEMIE – VS – PLINE – TODD FLU – WSZYSTKO PŁYNIE

FLAWS – TOUT C

TUTTO SCORRE

ST – ALLES FLEESST

NIEMIE – VS – PLINE – TODD FLU – WSZYSTKO PŁYNIE

## CAŁKOWITA SWOBODA PROJEKTOWANIA!

Możliwość zapewnienia idealnych warunków hydraulicznych dla dowolnej konfiguracji kinety zgodnej ze sztuką projektowania. Brak technicznych ograniczeń w projektowaniu i wykonawstwie.

Wszystkie parametry kinety, takie jak ilość, rodzaj, kąty, wysokości i spadki przyłączy wykonywane są dokładnie i zgodnie z konkretnym projektem.

### PRODUCENCI:

KAPRIN Sp. z o. o.  
[www.kaprin.pl](http://www.kaprin.pl)



ZPB Kaczmarek Sp. z o. o.  
[www.zpbkaczmarek.pl](http://www.zpbkaczmarek.pl)



WIĘCEJ INFORMACJI:  
[www.perfectsystem.eu](http://www.perfectsystem.eu)

PERFECT