mgr inż. Sylwia Świątek-Żołyńska[1)]
dr inż. Tomasz Piotrowski[2)*)]

Beton posadzkowy – wymagania i odpowiedzialność za jakość zgodnie z PN-EN 206

Floor concrete mix – requirements and responsibility for quality according to PN-EN 206

DOI: 10.15199/33.2017.09.01

Streszczenie. W artykule podjęto próbę scharakteryzowania betonu towarowego stosowanego w elemencie konstrukcyjnym, jakim jest posadzka. Pod uwagę wzięto wymagania stawiane betonom przez PN-EN 206, PN-EN 13813 i PN-EN 197-1 oraz własne doświadczenia. Przedstawiono charakterystykę betonu posadzkowego i jego pożądane właściwości, określono również rodzaj cementów i kruszyw stosowanych w omawianym typie betonów. Zwrócono także uwagę na zbrojenie rozproszone, coraz częściej stosowane w konstrukcjach płyt posadzkowych.
Słowa kluczowe: specyfikacja betonu towarowego, beton projektowany, beton recepturowy, beton zbrojony włóknami.

Abstract. The aim of the paper is to present the characterisation of ready-mixed concrete used for floor construction. Concrete requirements stated by the PN-EN 206 and PN-EN 13813 and PN-EN 197-1 standards and own experience have been taken into consideration. Characteristics of floor concrete mix and required properties are presented. The type of cements and aggregates used for this type of concrete are also specified. Attention has also been paid to the issue of fiber reinforcement which is more often used in the concrete floors.
Keywords: specification of ready-mixed concrete, designed concrete, prescribed concrete, fiber reinforced concrete.

W PN-EN 206 *Beton zwykły – beton towarowy* wyróżniono **beton standardowy**, który powinien być produkowany przez każdą wytwórnię i dostarczony po otrzymaniu zamówienia oraz **beton na zamówienie** – o właściwościach dodatkowych w stosunku do betonu standardowego, które powinny być uzgodnione pomiędzy zamawiającym a dostawcą i dotyczących: klasy lub wytrzymałości gwarantowanej, konsystencji, maksymalnej średnicy ziaren kruszywa, minimalnej ilości cementu, ilości zaprawy w mieszance betonowej, rodzaju ewentualnej klasy cementu, wymagania specjalnego, takiego jak mrozoodporność, wodoszczelność, ilość i rodzaj dodatków lub domieszek.

W PN-EN 206 **beton towarowy** zdefiniowano jako mieszankę betonową dostarczoną przez osobę lub jednostkę niebędącą wykonawcą. Może to być również beton wyprodukowany przez wykonawcę poza placem budowy oraz beton wyprodukowany na placu budowy, ale nie przez wykonawcę. Sprecyzowano także zadania specyfikującego, producenta i wykonawcy. W praktyce może być kilka stron określających wymagania na różnych etapach projektowania i budowy. Każda z nich jest odpowiedzialna za przekazanie odpowiednich wymagań następnemu zespołowi w kolejnym etapie. Może też być sytuacja, w której specyfikujący, producent i wykonawca stanowią tę samą stronę. **W przypadku betonu towarowego, specyfikującym jest nabywca mieszanki betonowej**. W terminologii PN-EN 206 specyfikacja betonu to podane producentowi końcowe zestawienie udokumentowanych wymagań technicznych dotyczących właściwości użytkowych lub składu betonu. Dopuszcza się wyspecyfikowanie betonu jako:

- **beton projektowany**, którego wymagane właściwości i ewentualne dodatkowe cechy są podane producentowi, odpowiedzialnemu za dostarczenie betonu zgodnego z wymaganymi właściwościami i dodatkowymi cechami;
- **beton recepturowy**, którego skład i składniki, jakie powinny być użyte, podano producentowi odpowiedzialnemu za dostarczenie betonu o tak określonym składzie.

W PN-EN 206 występuje także **normowy beton recepturowy**, ale należy go stosować wyłącznie w odniesieniu do:

- betonu zwykłego w konstrukcjach betonowych i żelbetowych;
- projektowanych klas wytrzymałości na ściskanie ≤ C16/20, chyba że przepisy obowiązujące w miejscu stosowania betonu dopuszczają klasę wytrzymałości C20/25;
- klas ekspozycji X0 oraz XC1, chyba że przepisy obowiązujące w miejscu stosowania betonu dopuszczają inne klasy ekspozycji.

Podstawę do projektowania lub określania składu betonu powinny stanowić wyniki badań wstępnych lub informacje uzyskane z długookresowych doświadczeń z porównywalnym betonem, z uwzględnieniem podstawowych wymagań dotyczących składników i składu. **Odpowiedzialność za badania wstępne betonu projektowanego ponosi producent, betonu recepturowego – specyfikujący, a normowego betonu recepturowego – jednostka normalizująca.** Badania wstępne należy wykonywać przed zastosowaniem nowego betonu lub rodziny betonów, czyli grupy betonów, w przypadku których jest ustalona i udokumentowana wiarygodna zależność między odpowiednimi właściwościami. Należy je powtórzyć, jeśli nastąpiły istotne zmiany składników lub wyspecyfikowanych wymagań stanowiących podstawę poprzednich badań.

Beton projektowany musi mieć właściwości użytkowe, które określił zamawiający w specyfikacji zawierającej wymagania podstawowe oraz ewentualnie wymagania dodatkowe przedstawione w tabeli. Producent jest zobowiązany dobrać lub opracować recepturę i zagwarantować, że mieszanka betonowa i beton będą miały oczekiwa-

[1)] BAUTECH Sp. z o.o.
[2)] Politechnika Warszawska, Wydział Inżynierii Lądowej
[*)] Adres do korespondencji: t.piotrowski@il.pw.edu.pl

ne właściwości. Receptura betonu projektowanego może być przedstawiona zamawiającemu do akceptacji, ale po jej zatwierdzeniu pozostaje własnością wytwórni.

Beton recepturowy jest wyprodukowany zgodnie z recepturą, podaną przez zamawiającego i wskazującego wymagania podstawowe oraz ewentualnie wymagania dodatkowe w odniesieniu do składu jakościowego i ilościowego mieszanki betonowej. W tym przypadku producent jest zobligowany jedynie do dobrania rodzajów i klas składników oraz ich wymieszania, bez odpowiedzialności za właściwości użytkowe produktu końcowego, jakim jest stwardniały beton. To specyfikujący musi zapewnić, że specyfikacja betonu odpowiada podstawowym wymaganiom normy, a określony skład umożliwia osiągnięcie założonej użyteczności betonu w stadium mieszanki i po stwardnieniu.

Obowiązkiem zamawiającego jest także kontrola jakości i odbiór dostarczonej mieszanki betonowej. Najczęściej spór między producentem a zamawiającym wynika z faktu, iż odbiera on produkt w postaci mieszanki betonowej, a beton swoje właściwości osiąga dopiero po upływie pewnego czasu (np. wytrzymałość na ściskanie po 28 dniach).

Beton posadzkowy jest szczególnym rodzajem betonu towarowego, od którego wymaga się spełnienia ponadnormatywnych kryteriów, natomiast jego charakterystyka i wartości graniczne dotyczące receptury nie są podane w dokumentach normowych. Jest to szczególnie istotne w przypadku wykonywania posadzek utwardzanych powierzchniowo (z racji zabudowywania utwardzacza bezpośrednio w świeżej mieszance betonowej). W tym przypadku nacisk powinien być położony m.in. na kompatybilność zastosowanego utwardzacza oraz impregnatu z mieszanką betonową [3]. W szczególnych przypadkach, m.in. technologii monolitycznych DST lub powłokowych, np. żywic syntetycznych oraz **warunków pielęgnacji wczesnej**, w specyfikacjach/zamówieniach betonu uzasadnione jest umieszczanie dodatkowych zapisów dotyczących wymagań takich jak: **minimalna wytrzymałość na rozciąganie przy zginaniu** (badana metodą dwupunktową); **przypowierzchniowa wytrzymałość na rozciąganie** (badana metodą pull-off).

Wymagania podstawowe i dodatkowe betonu projektowanego i recepturowego zgodnie z PN-EN 206

Basic and additional requirements for designed and prescribed concrete according to PN-EN 206

Beton projektowany	Beton recepturowy
Wymagania podstawowe	
– zgodność z PN-EN 206; – klasy wytrzymałości na ściskanie; – klasy ekspozycji; – największej i najmniejszej wartości górnego wymiaru kruszywa klasyfikowanego jako d/D w odniesieniu do najgrubszej frakcji kruszywa w betonie, D_{upper} i D_{lower}; – klasy zawartości chlorków; – klasy gęstości lub założonej gęstość w przypadku betonu lekkiego lub założonej gęstości w przypadku betonu ciężkiego; – klasy konsystencji lub założonej wartości konsystencji w przypadku betonu towarowego oraz wykonywanego na miejscu	– zgodność z PN-EN 206; – rodzaju i klasy wytrzymałości cementu; – założonej zawartości cementu; – założonego współczynnika w/c albo konsystencji, wyrażonej jako klasa lub wartość założona; – rodzaju, kategorii kruszywa oraz maksymalnej zawartości chlorków w kruszywie; – w przypadku betonu lekkiego lub betonu ciężkiego, odpowiednio maksymalnej lub minimalnej gęstości kruszywa; – największej i najmniejszej wartości górnego wymiaru kruszywa klasyfikowanego jako d/D w odniesieniu do najgrubszej frakcji kruszywa w betonie, D_{upper} i D_{lower}, oraz wszelkie ograniczenia dotyczące kategorii uziarnienia; – rodzaju i ilości domieszek, dodatków lub włókien, jeśli są stosowane; – pochodzenia domieszek, dodatków lub włókien, jeśli są stosowane, oraz cementu, zamiast właściwości, których nie można zdefiniować w inny sposób
Wymagania dodatkowe	
– specjalne rodzaje lub klasy cementu; – specjalne rodzaje lub kategorie kruszywa (w tym przypadku to specyfikujący jest odpowiedzialny za skład betonu, zapewniający najmniejsze zagrożenie wystąpieniem szkodliwej reakcji alkalia-krzemionka); – rodzaj, funkcja (konstrukcyjna lub niekonstrukcyjna) oraz minimalna zawartość włókien lub klasa właściwości użytkowych betonu zbrojonego włóknami. W przypadku klas właściwości użytkowych należy wyspecyfikować klasy, metody badania i kryteria zgodności; – właściwości wymagane w celu zapewnienia mrozoodporności; – wymagania dotyczące temperatury mieszanki betonowej; – rozwój wytrzymałości; – wydzielanie ciepła podczas hydratacji; – opóźnione wiązanie; – odporność na penetrację wody; – odporność na ścieranie; – wytrzymałość na rozciąganie przy rozłupywaniu; – skurcz od wysychania, pełzanie, moduł sprężystości; – dodatkowe wymagania dotyczące betonu do specjalnych robót geotechnicznych; – dodatkowe właściwości betonu samozagęszczalnego; – inne wymagania techniczne (np. wymagania dotyczące osiągnięcia konkretnego wykończenia lub specjalnej metody układania, czasu utrzymania konsystencji).	– pochodzenie niektórych lub wszystkich składników betonu zamiast właściwości, których nie można zdefiniować w inny sposób; – dodatkowe wymagania dotyczące kruszywa; – wymagania dotyczące temperatury mieszanki betonowej; – inne wymagania techniczne

Teoretycznie wg PN-EN 206 mamy do czynienia z dwoma przypadkami. W pierwszym zamawiający **beton recepturowy** powinien mieć odpowiednią wiedzę i doświadczenie dotyczące technologii betonu, ponieważ to na nim spoczywa odpowiedzialność za to, że zamówiona mieszanka betonowa po określonym czasie osiągnie wymagane właściwości użytkowe. Generalni wykonawcy takich kompetencji najczęściej nie mają, więc wybierają wariant, w którym jako zamawiający **beton projektowany** zdają się na doświadczenie betoniarni i jej technologów. Doświadczenia te są jednak różne w zależności od wielkości, jakości oferowanych usług i renomy betoniarni. Nie bez znaczenia jest presja ekonomiczna zamawiającego wobec producenta, który domaga się jak najniższej ceny za zamawiany produkt. W efekcie zamawiany i dostarczany jest tzw. **beton posadzkowy** spełniający podstawowe wymagania dotyczące betonu towarowego (najczęściej jedynie klasę wytrzymałości na ściskanie), ale niekoniecznie dodatkowe kryteria doboru i specyfikowania mieszanki betonowej, które są wymagane w szczególności przy wykonywaniu przemysłowych posadzek betonowych. Aby uniknąć sytuacji, że wytwórnia odpowiada jedynie za wytrzymałość na ściskanie, na mocy dodatkowych ustaleń można zdefiniować kryteria użytkowe mieszanki betonowej i betonu, istotne z punktu widzenia zastosowania go jako posadzki. Nie są one jednak obligatoryjne i nie wynikają z aktualnych przepisów prawa, a pojęcie **betonu po-**

MOST WIEDZY Pobrano z mostwiedzy.pl

sadzkowego, które często pojawia się w zamówieniach mieszanki betonowej i oznaczeniach receptur, nie niesie konkretnych definicji i skutków prawnych. W związku z tym, **jedynie właściwa specyfikacja mieszanki betonowej jako betonu recepturowego lub dookreślenie betonu projektowanego wymaganiami dodatkowymi, a także nadzór nad produkcją, dostawą, ułożeniem oraz pielęgnacją mogą zagwarantować właściwą jakość posadzki**.

Właściwości użytkowe betonu posadzkowego i wymagania podstawowe

W przypadku specyfikowania mieszanki betonowej do posadzek przemysłowych należy rozpocząć od określenia właściwości użytkowych posadzki, czyli cech pożądanych, ale często niedefiniowanych i trudno mierzalnych. Posadzka powinna być gładka, niepyląca, właściwie zatarta, bez widocznych rys, spękań i ubytków, łatwo zmywalna, niepowodująca ryzyka poślizgnięcia się i upadku, z ograniczoną penetracją wgłębną, np. oleju, smaru itp. oraz względnie odporna chemicznie [4]. Pod względem konstrukcyjnym musi być równa (w zakresie przewidzianych spadków), odpowiednio wytrzymała (w zakresie przewidzianych obciążeń) oraz odporna na ścieranie [12]. Istotne kryteria zawarto w PN-EN 13813.

W odróżnieniu od typowych betonów konstrukcyjnych, w przypadku których w pewnym zakresie dopuszcza się zarysowania, w betonach posadzkowych jest to cecha dyskwalifikująca. Poza aspektem estetycznym rysy przyczyniają się do degradacji nawierzchni na skutek szybkiej migracji agresywnych mediów w głąb posadzki. Ponieważ rysy w młodym betonie są wynikiem skurczu, to pożądaną cechą betonu posadzkowego jest charakterystyka opisywana jako **niskoskurczliwość** [6, 8]. W tym przypadku stosunkowo dobre parametry uzyskuje się przy jednoczesnym spełnieniu warunku w/c < 0,5, maksymalnej ilości cementu < 350 kg/m^3 oraz klas betonu C20/25 (B25), C25/30 (B30), C30/37 (B37). Odpowiednio niski współczynnik w/c ma korzystny wpływ na właściwości betonu, ze szczególnym uwzględnieniem trwałości konstrukcji. Zwiększenie współczynnika w/c ponad zalecany skutkuje większą ilością porów w betonie, a więc zmniejszeniem wytrzymałości na ściskanie, a także możliwością rozsegregowania mieszanki betonowej [5]. Wyższa klasa betonu nie jest pożądana, gdyż wymienione zaspokajają wymagania dotyczące wytrzymałości na ściskanie, a wzrostowi klasy betonu towarzyszy znaczący przyrost wytrzymałości we wczesnej fazie wiązania i potencjalnie większe ryzyko wystąpienia rys oraz mikrorys skurczowych. Wyższa klasa betonu to również trudności technologiczne na etapie produkcji, transportu oraz wbudowywania mieszanki betonowej jako posadzki, która musi być zatarta przed jej całkowitym związaniem. Betony wyższej klasy, np. C35/45 (B45), polecane są jedynie w szczególnych przypadkach płyt posadzkowych i nawierzchniowych, np. wykończenia powłokowego, w postaci żywic syntetycznych lub płytek argelitowych itp.

Rodzaj cementu

Zastosowanie cementów niskoalkalicznych oraz kruszyw o stopniu potencjalnej reaktywności alkalicznej = 0 wynika wprost z konieczności wyeliminowania w betonie posadzkowym negatywnych skutków wystąpienia reakcji alkalicznej składników cementu i kruszywa (ASR/AAR). Alkalia są wprowadzane do betonu głównie z cementem (zawartość alkaliów w cemencie zgodnie z wymaganiami dotyczącymi niskoalkalicznego cementu (NA) określa PN-B-19707). Im większa jest ich zawartość w cemencie, tym większe ryzyko wystąpienia reakcji ASR/AAR [9]. Wyróżnia się trzy podstawowe rodzaje reakcji alkalicznych [7]. Pierwsza między krzemionką bezpostaciową (jako składnikiem kruszyw) i alkaliami, druga między alkaliami i węglanami (dotyczy kruszyw ze skał węglanowych – wapieni i dolomitów, niezalecanych do produkcji betonów posadzkowych) i trzecia – między alkaliami oraz krzemianami. Zastosowanie kruszyw reaktywnych w betonach, w pewnych niesprzyjających warunkach, np. w obecności wilgoci, może doprowadzić do wystąpienia reakcji alkalicznych, a w ich następstwie do destrukcji betonu objawiającej się kraterami bądź rysami.

Do produkcji mieszanek betonowych zaleca się stosowanie cementów CEM I, CEM II/A-S, CEM II/B-S lub CEM III/A zgodnych z PN-EN 197-1. Cementy CEM I (tzw. czyste portlandzkie) charakteryzują się największym skurczem oraz osiągają największą wytrzymałość w krótkim czasie. Zalecane są szczególnie w przypadku betonowania w warunkach obniżonej temperatury z uwagi na dużą ilość ciepła wytworzonego podczas reakcji hydratacji. W lecie dobrym rozwiązaniem jest zastosowanie cementów z dodatkiem żużla wielkopiecowego – CEM III (tzw. cementy hutnicze). Betony z tego cementu charakteryzują się zdecydowanie mniejszym i wolniejszym przyrostem skurczu, należy jednak zwrócić szczególną uwagę na skład chemiczny cementu. Do składników, których nie powinno być w betonie posadzkowym, należą popioły lotne (odpady z elektrociepłowni), mączki wapienne, produkty odpadowe, takie jak zmielona guma (np. z utylizacji opon). Należy więc zadbać nie tylko o wyspecyfikowanie stosowanego cementu, podając jego nazwę, ale również sprawdzić jego rzeczywisty skład chemiczny, na podstawie deklaracji zgodności wydawanej przez producenta cementu. Cementy CEM II A-S i B-S to rozwiązania pośrednie pomiędzy cementem portlandzkim i hutniczym, odpowiednie w przypadku betonownia odbywającego się w temperaturze powyżej 5 °C. Nie można stosować cementów z popiołem lotnym: CEM II A-V; CEM II B-V, gdyż mają one tendencję do gromadzenia się w górnej warstwie płyty, znacząco ją osłabiając, co może prowadzić do pylenia, łuszczenia lica posadzki i szybkiej degradacji.

Rodzaj kruszywa

Do wytwarzania betonów posadzkowych zaleca się stosowanie kruszyw do 16 mm (zawartość frakcji ≤ 0,25 mm – min. 4%; punkt piaskowy ok. 35 – 37%), zgodnych z PN-EN 12620 oraz PN-EN 13139. Przy zastosowaniach zewnętrznych wymaga się ponadto odpowiedniej mrozoodporności [11]. W szczególnych przypadkach, np. cienkich płyt, stosuje się kruszywa do 8 mm, zaś płyt o znacznej grubości i posadzek bezspoinowych – do 32 mm. Z doświadczenia autorów i obserwacji rynku wynika, że w ok. 90% przypadków betony posadzkowe projektowane są z wykorzystaniem dwóch frakcji 0/2 mm oraz 2/16 mm, co stwarza realne zagrożenie wydzielania się mleczka cementowego (tzw. bleedingu) i/lub segregacji mieszanki. Takie projektowanie często powoduje zwiększenie ilości frakcji drobnych i/lub pylastych oraz frakcji grubych, bez zapewnienia należytej ciągłości krzywej uziarnienia. W przypadku gdy jesteśmy zmuszeni do przyjęcia i realizacji kontraktu, stosując tylko dwie frakcje kruszyw, zaleca się użycie dodatków w postaci metakaolinu lub zeolitu [1], które poprawiają urabialność i tiksotropowość mieszanki oraz gwarantują utrzymanie stałej konsystencji, brak wydzielania nadmiernej ilości mleczka cementowego podczas układania i wibrowania mieszanki betonowej.

MOST WIEDZY Pobrano z mostwiedzy.pl

Dodatki te nazywane powszechnie **stabilizatorami do betonu** to stosunkowo młoda grupa produktów i słabo rozpowszechniona, niewątpliwie jednak rozwojowa.

Zbrojenie rozproszone

PN-EN 206 dopuszcza stosowanie zbrojenia rozproszonego w postaci włókien stalowych wg PN-EN 14889-1 lub polimerowych wg PN-EN 14889-2. W wymaganiach dodatkowych specyfikacji betonu projektowanego specyfikujący może podać rodzaj, funkcję (konstrukcyjna/niekonstrukcyjna) oraz minimalną zawartość włókien lub tzw. klasę właściwości użytkowych betonu zbrojonego włóknami (performance class). Niestety w normach PN-EN nie ma oficjalnie zdefiniowanych klas właściwości użytkowych fibrobetonów zarówno w odniesieniu do funkcji przeciwskurczowej (niekonstrukcyjnej), jak i konstrukcyjnej. Producent włókien jest natomiast zobowiązany podać w oznakowaniu CE oraz w Deklaracji Właściwości Użytkowych (DoP) informację dotyczącą deklarowanych istotnych właściwości, w tym np. wytrzymałość na rozciąganie i wymaganą zawartość włókien, która gwarantuje odpowiednie oddziaływanie na beton, tj. uzyskanie wytrzymałości resztkowej 1,5 MPa wg PN-EN 14845-2 przy szerokości rysy CMOD = 0,5 mm dla analiz warunków użytkowalności oraz 1,0 MPa przy CMOD = 3,5 mm dla analiz warunków nośności. Na tej podstawie w Niemczech zaproponowano klasyfikację właściwości użytkowych jako numerowo-literową, np. 4c, gdzie „4" oznacza $f_{CMOD=0,5}$ = 4 MPa, a „c" względną wartość $f_{CMOD=3,5}/f_{CMOD=0,5}$ = 0,9-1,1 (a: 0,5-07; b: 0,7-0,9; c: 0,9-1,1; d: 1,1-1,3; e:>1,3). Z doświadczenia autorów wynika również, że wielu dostawców włókien wytwarza materiały z odpadów, niespełniających podstawowych parametrów technicznych i założeń konstrukcyjnych, a wytrzymałość na rozciąganie nie jest deklarowana na podstawie badań normowych. Dobrej jakości włókna produkowane ze stali wysokogatunkowej osiągają średnią wytrzymałość na rozciąganie 1020 – 1100 N/mm^2 przy wartości 900 – 935 N/mm^2. Minimalna zawartość włókien zapewniająca odpowiednie oddziaływanie na beton ze względów użytkowalności i nośności to w tym przypadku 15 – 25 kg/m^3 betonu. Należy zaznaczyć, że takie parametry są najczęściej przyjmowane w dostępnych kalkulatorach i programach obliczeniowych. Tańsze odpowiedniki stalowych włókien zbrojeniowych o porównywalnych parametrach geometrycznych pojedynczego włókna osiągają średnią wytrzymałość na rozciąganie zaledwie 800 N/mm^2, przy wartościach minimalnych poniżej 700 N/mm^2, a warunki $f_{CMOD=0,5}$ i $f_{CMOD=3,5}$ są spełnione dopiero przy dozowaniu powyżej 30 kg/m^3 betonu. Podobna sytuacja ma miejsce w przypadku porównywania włókien syntetycznych. W świetle odpowiedzialności za jakość betonu zgodnie z PN-EN 206, przy braku powyższych informacji w specyfikacji betonu towarowego skutki prawne obciążają specyfikującego (zamawiającego), który taki stan rzeczy zaakceptował i przekazał do realizacji, a nie tego, który materiał dostarczył.

Dozowanie i parametry techniczne zbrojenia rozproszonego powinno wynikać z przyjętego projektu. Każda konstrukcja inżynierska (w tym posadzka) wymaga obliczeń konstrukcyjnych, które bazują na parametrach konkretnych włókien [2]. Niedopuszczalna jest wymiana włókien na pozornie identyczne, bez analizy właściwości i jakości materiału, z którego są wykonane, wymiarów oraz formy geometrycznej. Obliczenia konstrukcyjne posadzek fibrobetonowych są wykonywane dla określonego typu włókna, które charakteryzują takie parametry, jak: smukłość, długość, kształt, rodzaj materiału – klasa stali, sposób wykończenia powierzchni włókna. W przypadku zmiany parametrów włókna wymagane jest wykonanie ponownych obliczeń analogicznie jak w przypadku zmiany prętów głównych zbrojenia. Praktyka pokazuje, że często tak się nie dzieje.

Podsumowanie

W interesie zamawiającego powinno być stosowanie rozwiązań konstrukcyjnie i jakościowo poprawnych z uwzględnieniem aktualnego stanu prawnego i uniknięcie sytuacji, w której dostawca betonu odpowiada jedynie za wytrzymałość na ściskanie. Zawarcie w specyfikacji betonów posadzkowych wymienionych w artykule wymagań sprawia, że ewentualne kwestie sporne pomiędzy producentem (dostawcą) betonu a zamawiającym są łatwe do rozwiązania w oparciu umowę cywilnoprawną. Wtórną sprawą jest kontrola nad recepturą, produkcją, zabudowywaniem mieszanki betonowej. Aby zmniejszyć ryzyko wystąpienia nieprawidłowości, usterek i wad wykonywanej posadzki opisanych parametrami niedefiniowalnymi w sposób techniczny (brak pylenia, łuszczenia itp.), należy zatem dostawcy betonu postawić i egzekwować konkretne wymagania dodatkowe opisane w PN-EN 206. W obecnym stanie prawnym obok specyfikowania betonu projektowanego ze szczególnym uwzględnieniem wymagań dodatkowych możliwe jest także opracowanie szczegółowej specyfikacji technicznej, np. krajowego załącznika normy dotyczącej betonu posadzkowego na wzór załącznika D do PN-EN 206 – *Dodatkowe wymagania dotyczące specyfikacji i zgodności betonu do specjalnych robót geotechnicznych* [10].

Literatura

[1] Astra Technologie Betonu Sp. z o.o. Karta techniczna i deklaracja właściwości MK 40 oraz Z 50.

[2] Bautech Sp. z o.o. Badania betonu zbrojonego włóknami stalowymi Baumix 60 oraz włóknami polimerowymi Baumex.

[3] Bautech Sp. z o.o. Karta techniczna i deklaracja właściwości użytkowych Extratop Enduro oraz Bautech Formula.

[4] Bissonnette Benoit, Luc Courard, Andrzej Garbacz. 2017. *Concrete Surface Engineering*. CRC Press.

[5] Czarnecki Lech, Peter H. Emmons. 2002. *Naprawa i ochrona konstrukcji betonowych*. Kraków. Polski Cement.

[6] Güneyisi Erhan, Mehmet Gesoglu, Kasin Mermerdas. 2007. „Improving strength, drying shrinkage, and pore structure of concrete using metakaolin". *Materials and Structures* 41 (5): 937 – 949. DOI: 10.1617/s11527-007-9296-z.

[7] Jackiewicz-Rek Wioletta, Tomasz Piotrowski, Alain Jeanpierre, Luc Courard. 2016. „Determining the reactivity of concrete aggregates for Nuclear Power Plant concrete structures". *Materiały Budowlane* 529 (9): 98 – 101. DOI: 10.15199/33.2016.09.37.

[8] Jiping Bai, Stan Wild, Albinas Gailius. 2004. „Accelerating early strength development of concrete using metakaolin as an admixture". *Materials Science* 10 (4): 338 – 344.

[9] Kukielska Danuta, Stefan Góralczyk. 2015. „Reaktywność alkaliczna kruszyw". *Mining Science* 22 (1): 101 – 110.

[10] Piotrowski Tomasz, Maciej Maślakowski. 2016. „Wymagania dotyczące betonu do specjalnych robót geotechnicznych zgodnie z PN-EN 206: 2014". *Materiały Budowlane* 522 (2): 2 – 4. DOI: 10.15199 /33.2016.02.01.

[11] Piotrowski Tomasz, Wioletta Jackiewicz-Rek, Piotr Prochoń, Luc Courard, Alain Jeanpierre. 2016. „Special requirements for freeze-thaw resistance of concrete in PWR nuclear civilworkss". *Materiały Budowlane* 529 (9): 93 – 96. DOI: 10.15199/33.2016.09.36.

[12] *Warunki Techniczne Wykonania i Odbioru Robót Budowlanych. Część B: Roboty wykończeniowe.* Zeszyt 8: *Posadzki betonowe utwardzane powierzchniowo preparatami proszkowymi.* Instrukcje, Wytyczne, Poradniki 433/2010. Warszawa. Instytut Techniki Budowlanej.

Artykuł powstał w ramach pracy statutowej realizowanej na Wydziale Inżynierii Lądowej Politechniki Warszawskiej (WIL PW) w 2017 r.

Przyjęto do druku: 04.08.2017 r.

MOST WIEDZY Pobrano z mostwiedzy.pl