

dr inż. Grzegorz Bajorek^{1)*}
mgr inż. Marta Kiernia-Hnat²⁾

DOI: 10.15199/33.2015.11.62

28 kwietnia 2014 r., decyzją Prezesa Polskiego Komitetu Normalizacyjnego, wprowadzona została nowa norma betonowa PN-EN 206:2014-04 *Beton – Wymagania, właściwości, produkcja i zgodność* [1], która zastąpiła funkcjonującą od przeszło 10 lat normę PN-EN 206-1. Nowa wersja normy przyniosła wiele zmian dotyczących zarówno wymaganego składu betonu, uzależnionego od zamierzonego jego zastosowania, jak i wymagań stawianych składnikom, z których beton ma być wykonany. Do jej treści włączono także zapisy z PN-EN 206-9, określające wymagania dotyczące betonu samozagęszczalnego oraz dodatkowe wymagania stawiane betonowi stosowanemu przy wykonywaniu specjalnych robót geotechnicznych, takich jak pale czy ścianki szczelinowe. Szeroki zakres betonów objętych PN-EN 206 oraz konieczność stosowania jej w różnych warunkach klimatycznych i geograficznych, jakie występują w Europie, powoduje, że ustalenie jednolitych wymagań dotyczących wszystkich rodzajów betonów jest trudne. Z tego powodu w treści normy niejednokrotnie znajdziemy zapisy mówiące o możliwości/konieczności zastosowania przepisów obowiązujących w miejscu stosowania betonu.

Zgodnie z normą PN-EN 206, producent betonu zobowiązany jest do wykonania go ze składników zgodnych z wymaganiami tej normy i odpowiednimi do zamierzonego zastosowania oraz do zapewnienia, aby skład betonu odpowiadał wymaganiom narzuconym przez klasy ekspozycji czy rodzaj wykonywanego elementu.

Dobieranie składników betonu

Wszystkie składniki betonu należy dobierać w taki sposób, aby spełnione zostały wymagania dotyczące mieszanki betonowej i betonu stwardniałego obejmujące konsystencję, gęstość, wytrzymałość i trwałość, z uwzględnieniem realizacji procesu produkcyjnego i planowanej technologii realizacji robót. Główną zasadą jest stosowanie wyłącznie składników o **ustalonej przydatno-**

ści, tj. takich, których wymagania dotyczące właściwości zostały opisane w odpowiednich dokumentach odniesienia, czyli normach, aprobatkach, ocenach technicznych.

Cement. Dokonując wyboru cementu do betonu, należy brać pod uwagę:

- sposób i czas realizacji robót;
- przeznaczenie betonu;
- warunki pielęgnacji betonu;
- wymiary konstrukcji i wpływ wydzielenia ciepła podczas procesu hydratacji;
- warunki środowiska, na którego działanie narażona będzie konstrukcja;
- potencjalną reaktywność kruszywa z alkalicznymi.

Przydatność cementu powszechnego użytku, jako składnika mieszanki betonowej, określana jest zgodnie z PN-EN 197-1 [2]. W przypadku betonu do konstrukcji masowych norma zaleca stosowanie cementu o niskim ciepłe hydratacji zgodnego z normą PN-EN 14216 [3], a w przypadku konieczności zastosowania cementu supersiarczanowego jego przydatność oceniana jest zgodnie z PN-EN 15743 [4].

Kruszywo. Norma PN-EN 206 zaleca do wykonania betonu kruszywo zwykłe, ciężkie i żużel wielkopiecowy zgodne z normą PN-EN 12620 [5] oraz kruszywo lekkie zgodne z PN-EN 13055-1 [6]. Dobierając kruszywo, a mianowicie jego pochodzenie, rodzaj, kategorie i wymagania (zdefiniowane w normach [5] i [6]) należy uwzględnić:

- technologię realizacji robót;
- zagęszczenie zbrojenia w konstrukcji;
- przeznaczenie betonu;
- warunki środowiska, na którego działanie narażony będzie beton;
- wszelkie wymagania dotyczące odsłoniętego kruszywa;
- mechaniczną obróbkę powierzchni betonu.

Norma PN-EN 206 mówi o konieczności zastosowania w betonie kruszywa frakcjonowanego, czyli połączenia kruszywa grubego i drobnego lub co najwyżej kruszywa naturalnego 0/8. Norma dopuszcza również możliwość wykorzystania kruszywa z odzysku pod warunkiem, że będzie ono stosowane wyłącznie przez producenta betonu, od którego pochodzi. Jeżeli przed zastosowaniem kruszywo nie zostanie rozdzielone na frakcje, to udział kruszywa z odzysku w całkowitej masie kruszywa nie może

przekroczyć 5%. Możliwe jest także zastosowanie kruszywa z recyklingu.

Woda. Poza wodą pitną, która z założenia jest zgodna z wymaganiami normy PN-EN 1008 [7], norma PN-EN 206 [1] dopuszcza zastosowanie wody odzyskanej z procesów przy produkcji betonu („woda z recyklingu”) oraz wody gruntowej pod warunkiem potwierdzenia jej zgodności z wymaganiami normy PN-EN 1008.

Dodatki. W normie PN-EN 206 wyróżniono dwa typy dodatków – typu I (obojętne) i typu II (o właściwościach pucolano-nych lub utajonych właściwościach hydraulicznych). Ich ilość w składzie betonu należy określać na podstawie badań wstępnych. Jako dodatki typu II norma [1] wymienia:

- popiół lotny zgodny z PN-EN 450-1 [8];
- pył krzemionkowy zgodny z normą PN-EN 13263-1 [9];
- mielony żużel wielkopiecowy zgodny z PN-EN 15167-1 [10].

Przydatność dodatków może być określana zgodnie z koncepcją: współczynnika *k*; równoważnych właściwości użytkowych betonu lub kombinacji równoważnych właściwości.

Domieszki. Wymagania wynikające z załącznika F normy [1] przedstawione w tabeli 1, określają m.in. maksymalne wartości współczynnika wodno-cementowego oraz wartości związane z minimalną zawartością powietrza w mieszance betonowej. Spełnienie ich nie byłoby możliwe bez zastosowania domieszek do betonu zgodnych z wymaganiami PN-EN 934-2 [11]. Uwzględniając domieszki w składzie betonu, należy stosować się do zaleceń ich producentów i nie przekraczać maksymalnego dozowania. Jeżeli całkowita ilość domieszek ciekłych w 1 m³ mieszanki betonowej przekracza 3 litry, to wówczas wodę w nich zawartą należy uwzględnić przy obliczaniu współczynnika wodno-cementowego. Stosując kilka domieszek, należy sprawdzić ich kompatybilność oraz kompatybilność z zastosowanym cementem i dodatkami na etapie badań wstępnych.

Włókna. W aktualnej wersji PN-EN 206 przewidziano możliwość zastosowania włókien w betonie (zwanym często zbrojeniem rozproszonym), zarówno stalowych – zgodnych z PN-EN 14889-1 [12], jak i polimerowych zgodnych z PN-EN 14889-2 [13]. Uwzględniając zastosowanie włókien w re-

¹⁾ Politechnika Rzeszowska, Wydział Budownictwa Inżynierii Środowiska i Architektury, Centrum Technologiczne Budownictwa przy Politechnice Rzeszowskiej

²⁾ Centrum Technologiczne Budownictwa przy Politechnice Rzeszowskiej

^{*} Autor do korespondencji:
e-mail: g.bajorek@ctb-prz.pl

Tabela 1. Zalecane wartości graniczne dotyczące składu oraz właściwości betonu [1]

Table 1. Recommended limiting values for composition and properties of concrete

	Klasy ekspozycji																		
	Brak zagrożenia korozją lub agresją	Korozja spowodowana karbonatyzacją					Korozja spowodowana chlorkami						Agresja spowodowana zamrażaniem/rozmrążaniem				Środowiska agresywne chemicznie		
		X0	XC1	XC2	XC3	XC4	woda morska			chlorki nie pochodzące z wody morskiej			XF1	XF2	XF3	XF4	XA1	XA2	XA3
Maksymalne w/c ^{a)}	–	0,65	0,60	0,55	0,50	0,50	0,45	0,45	0,55	0,55	0,45	0,55	0,55	0,50	0,45	0,55	0,50	0,45	
Minimalna klasa wytrzymałości	C12/15	C20/25	C25/30	C30/37	C30/37	C30/37	C35/45	C35/45	C30/37	C30/37	C35/45	C30/37	C25/30	C30/37	C30/37	C30/37	C30/37	C30/37	C35/45
Minimalna zawartość cementu ^{b)} [kg/m ³]	–	260	280	280	300	300	320	340	300	300	320	300	300	320	340	300	320	360	
Minimalna zawartość powietrza [%]	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	
Inne wymagania	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	kruszywo zgodne z EN 12620 o odpowiedniej mrozoodporności	–	cement odporny na siarczany ^{b)}	

^{a)} W przypadku betonu nienapowietrzonego zaleca się badanie jego właściwości użytkowych odpowiednią metodą i porównanie z betonem, którego mrozoodporność w warunkach danej klasy ekspozycji jest potwierdzona.

^{b)} W przypadku, gdy obecność siarczanów w środowisku wskazuje na klasy ekspozycji XA2 oraz XA3, jest niezwykle ważne, aby zastosować cement odporny na siarczany, zgodny z EN 197-1 lub z uzupełniającymi normami krajowymi.

^{c)} W przypadku stosowania koncepcji współczynnika k maksymalny współczynnik w/c oraz minimalną zawartość cementu modyfikuje się zgodnie z 5.2.5.2.

cepturze betonu, należy ustalić odpowiednią procedurę ich dozowania, zapewniającą równomierne rozmieszczenie w mieszance betonowej. Norma [1] nie zaleca stosowania włókien stalowych z powłoką cynkową, chyba że na etapie badań wstępnych wykazano, że niemożliwe jest powstawanie wodoru w betonie.

Skład betonu

Wartości graniczne dotyczące składu oraz właściwości betonu w odniesieniu do klas ekspozycji, w których ma on pracować, zawiera załącznik F normy [1] oraz tabela 1. Opracowano je przy założeniu 50-letniego okresu użytkowania konstrukcji, zastosowaniu cementów zgodnych z PN-EN 197-1 [2] oraz kruszyw zwykłych o maksymalnym uziarnieniu 20 – 32 mm. Zgodnie z zaleceniami normy już przy zagrożeniu korozją spowodowaną karbonatyzacją betonu w klasie ekspozycji XC1 należy zastosować co najmniej 260 kg cementu i ograniczyć współczynnik wodno-cementowy do 0,65. W przypadku agresji spowodowanej zamrażaniem/rozmrążaniem konieczne jest zastosowanie kruszywa zgodnego z PN-EN 12620 [5] o odpowiedniej mrozoodporności oraz, w przypadku klas ekspozycji od XF2 do XF4, napowietrzenie mieszanki betonowej do poziomu co najmniej 4%. W przypadku betonu narażonego na działanie środowiska agresywnego w klasach ekspozycji XA2 i XA3 konieczne jest zastosowanie cementu odpornego na siarczany.

W aktualnej wersji normy PN-EN 206, jako załącznik normatywny D, wprowadzono dodatkowe wymagania dotyczące beto-

nu do specjalnych robót geotechnicznych: pali wierconych zgodnych z normą PN-EN 1536 [14]; ścian szczelinowych zgodnych z PN-EN 1538 [15]; pali przemieszczeniowych zgodnych z normą PN-EN 12699 [16] oraz mikropali zgodnych z PN-EN 14199 [17]. Poza wymaganiami stawianymi mieszance betonowej, która ma się charakteryzować wysoką odpornością na segregację, odpowiednią plastycznością, zdolnością do rozplywu i urabialnością podczas układania, określone zostały wymagania dotyczące minimalnej zawartości cementu i frakcji drobnych w betonie. Wymagania te znajdowały się we wcześniejszych wydaniach norm dotyczących specjalnych robót geotechnicznych [14, 15, 16], ale przez brak ich powołania we wcześniejszej wersji normy [1] często były przez producentów betonu pomijane. W przypadku betonu do wykonania pali norma wskazuje (tabela 2) dwie minimalne zawartości cementu: 325 kg/m³ – podczas betonowania w suchych warunkach

Tabela 2. Minimalne zawartości cementu i frakcji drobnych w betonie do pali wierconych i pali przemieszczeniowych [1]

Table 2. Minimum cement and fines content for concrete for bored piles and cast-in-place displacement piles

Zawartość cementu:		
betonowanie w suchych warunkach [kg/m ³]		≥ 325
betonowanie przy zanurzeniu (pod wodą lub w cieczy stabilizującej) [kg/m ³]		≥ 375
Zawartość frakcji drobnych ^{a)}		
kruszywo grube	D _{lower} > 8 mm	≥ 400 [kg/m ³]
	D _{upper} > 8 mm	
kruszywo drobne	D _{lower} ≤ 4 mm	≥ 450 [kg/m ³]
	D _{upper} ≤ 8 mm	

^{a)} Frakcje drobne: ziarna o wymiarach ≤ 0,125 mm (w tym dodatki i cement)

ku i 375 kg/m³ – podczas betonowania przy zanurzeniu, tj. pod wodą lub w cieczy stabilizującej wg PN-EN 1536 [14]. W przypadku mikropali minimalna zawartość frakcji drobnych i cementu powinna wynosić 375 kg/m³.

Określona normą [1] minimalna zawartość cementu w betonie do wykonywania ścian szczelinowych, przy uziarnieniu kruszywa do 16 mm, wynosi 400 kg/m³, przy 22,4 mm – 380, a przy 32 mm minimum 350 kg/m³. W porównaniu z zapisami wcześniejszej wersji PN-EN 1538 [15] nastąpiła istotna zmiana wymagań, gdyż w PN-EN 206 nie ma zapisu, że część cementu można zastąpić takimi dodatkami, jak popioły lotne lub granulowany żużel wielkopiecowy. Nie ma też możliwości odniesienia się do normy [15], gdyż poprawka do niej wprowadzona w sierpniu 2015 r. usunęła wymagania dotyczące składu betonu, wskazując, że wymagania te znajdują się w PN-EN 206. Dodatkowo określono maksymalny wskaźnik wodno-cementowy. Wynika on z wymagań klas ekspozycji, w których pracuje beton, ale nie może być wyższy niż 0,6.

Wymagania stawiane składnikom betonu w zależności od zamierzonego zastosowania

Cement. Zgodnie z normą [1] do betonu na potrzeby specjalnych robót geotechnicznych powinny być stosowane cementy:

- portlandzki CEM I;
- portlandzki żużlowy CEM II/A-S i II/B-S;
- portlandzki krzemionkowy CEM II/A-D;
- portlandzki pucolanowy CEM II/A-P i II/B-P;

- portlandzki popiołowy CEM II/A-V i II/B-V;
- portlandzki łupkowy CEM II/A-T i II/B-T;
- portlandzki wapienny CEM II/A-LL;
- portlandzki wieloskładnikowy CEM II/A-M (S-V) i CEM II/B-M (S-V) oraz
- hutniczy CEM III/A, III/B i III/C;
- portlandzkie wieloskładnikowe CEM II/A-M (S-LL, V-LL) i CEM II/B-M (S-LL, V-LL).

Dobierając rodzaj cementu, należy oczywiście uwzględnić klasę ekspozycji betonu, gdyż w przypadku głębokiego fundamentowania często występuje agresja siarczanowa, wymuszająca zastosowanie cementu odpornego na siarczany (tabela 3).

Tabela 3. Rodzaje cementów powszechnych odpornych na siarczany [2]

Table 3. Types of sulfate resisting common cement

Rodzaj cementu	Rodzaj cementu odpornego na siarczany	
CEM I	cement portlandzki siarczanoodporny	CEM I – SR 0
		CEM I – SR 3
		CEM I – SR 5
CEM III	cement hutniczy siarczanoodporny	CEM III/B-SR
		CEM III/C-SR
CEM IV	cement pucolanowy siarczanoodporny	CEM IV/A-SR
		CEM IV/B-SR

W przypadku, gdy projektowany jest beton do konstrukcji masywnych, konieczne jest zastosowanie cementu o niskim lub bardzo niskim ciepłe hydratacji, zgodnego z wymaganiami PN-EN 14216 [3]. Ciepło hydratacji w tych cementach nie może przekroczyć 220 J/g.

Wymagania dotyczące kruszyw. W projektach, których integralną częścią są Szczegółowe Specyfikacje Techniczne (SST) lub Specyfikacje Techniczne Wykonania i Odbioru Robót Budowlanych (STWiORB), w przypadku kontraktów realizowanych w systemie projektu i buduj, należy podać szczegółowe wymagania dotyczące parametrów kruszyw. Jeśli inwestor nie określił takich wymagań, to wówczas jedynymi dokumentami pozostają normy.

Kruszywa. W załączniku informacyjnym E do zaktualizowanej normy [1] znajdują się zalecenia dotyczące stosowania kruszyw naturalnych (tabela 4), z recyklingu i lekkich. Nie obejmują one jednak wszystkich parametrów.

Wymagania dotyczące kruszyw zwykłych, ciężkich, żużla wielkopiecowego i kruszyw z recyklingu określono w normie PN-EN 12620 [5]. Zawiera ona jednak bardzo duży wachlarz deklarowanych przez

producenta właściwości użytkowych oraz wartości tych właściwości. W załączniku D (normatywnym) znajdują się informacje o sposobie oceny pyłów, które można uznać za nieszkodliwe, gdy całkowita zawartość pyłów w kruszywie drobnym jest mniejsza niż 3% lub mniejsza od wartości ustalonej w miejscu stosowania. Załącznik E zawiera wskazówki dotyczące stosowania kruszyw do betonu o bardzo dużej wytrzymałości. Zaleca się w tym przypadku uwzględnienie wytrzymałości kruszywa. I tak, w przypadku betonów do nawierzchni drogowych i posadzek narażonych na uderzenia, kruszywo powinno mieć odporność na rozdrabnianie nie większą niż LA_{30} . Kolejne wskazówki dotyczą mrozoodporności kruszywa i znajdują się w załączniku F. Ustalono, że gdy nasiąkliwość kruszywa określona zgodnie z normą PN-EN 1097-6 nie przekracza 1%, to kruszywo można uznać za mrozoodporne. Zwraca się jednak uwagę na fakt, że kruszywa są podatne na uszkodzenia z powodu zamrażania i rozmrażania w warunkach wilgotnych, a ryzyko to znacznie wzrasta, gdy kruszywo dodatkowo narażone jest na działanie wody morskiej lub soli odładzających. W takim przypadku, przed zastosowaniem, konieczne jest określenie mrozoodporności kruszywa zgodnie z PN-EN 1367-1 lub PN-EN 1367-2 i wykorzystanie kruszywa odpowiedniej kategorii zgodnie z informacjami podanymi w tabeli 5. Norma dotycząca materiałów do wykonania nawierzchni betonowych PN-EN 13877-1 niestety nie określa szczegółowo wymagań materiałów, wska-

zując jedynie, że mają być one zgodne z PN-EN 206. Kiedy jednak podda się analizie wymagania stawiane nawierzchni betonowej, określone w PN-EN 13877-2 [18], okaże się, że nawierzchnia musi spełnić wymaganie mrozoodporności na podstawie badań wykonanych zgodnie z PKN-CEN/TS 12390-9: 2007 dla kategorii FT_1 lub FT_2 . W praktyce oznacza to konieczność zastosowania kruszywa kategorii F_1 lub MS_{18} (tabela 5). Ponadto beton w nawierzchniach betonowych musi charakteryzować się dosyć dużą wytrzymałością na rozciąganie, badaną zgodnie z normą PN-EN 12390-6. W tym celu konieczne jest stosowanie kruszyw łamanych.

W przypadku betonów do specjalnych robót geotechnicznych norma [1] wyraźnie zaleca, że w celu zminimalizowania segregacji mieszanki betonowej należy stosować kruszywa otoczkowe o ciągłym uziarnieniu. Ponadto wskazuje na konieczność dobrania maksymalnego uziarnienia jako wartości najmniejszej z:

- w przypadku pali wierconych i ścian szczelinowych: 32 mm i 1/4 odległości w świetle między prętami zbrojenia podłużnego;
- w przypadku pali przemieszczeniowych: 32 mm i 1/3 odległości w świetle między prętami zbrojenia podłużnego;
- w przypadku mikropali: 16 mm i 1/4 odległości w świetle między prętami zbrojenia podłużnego;
- w przypadku betonowania podwodnego: 1/6 wewnętrznej średnicy rury wlewowej lub pompy.

Tabela 4. Zalecenia dotyczące naturalnych kruszyw zwykłych i ciężkich oraz żużla wielkopiecowego [1]

Table 4. Recommendations for natural normal-weight and heavy-weight aggregates and air cooled blast furnace slag

Właściwość ^{a)}	Rozdział w EN 12620:2002 +A1:2008	Kategoria zgodnie z EN 12620 ^{a)}
Zawartość pyłów	4.6	kategoria lub wartość deklarowana
Wskaźnik płaskości	4.4	$\leq Fl_{50}$ lub $\leq Sl_{55}$
Zawartość muszli ^{b)}	4.5	SC_{10}
Odporność na rozdrabnianie	5.2	$\leq LA_{30}$ lub $\leq SZ_{32}$
Gęstość ziaren w stanie suchym ρ_{rd}	5.5	wartość deklarowana
Nasiąkliwość	5.5	wartość deklarowana
Siarczany rozpuszczalne w kwasach	6.3.1	kruszywa naturalne: $\leq AS_{0,8}$; żużel wielkopiecowy chłodzony powietrzem: $\leq AS_{1,0}$
Całkowita zawartość siarki	6.3.2	kruszywa naturalne: $\leq 1\%$ masowo; żużel wielkopiecowy chłodzony powietrzem: $\leq 2\%$ masowo
Zawartość jonów chlorkowych rozpuszczalnych w wodzie	6.2	wartość deklarowana

^{a)} Kategorię NR (brak wymagań) można stosować w odniesieniu do innych właściwości, niewymienionych w tabeli 4. W odniesieniu do tych właściwości kategorię NR można zadeklarować zgodnie z EN 12620.

^{b)} Dotyczy wyłącznie kruszyw pochodzenia morskiego.

Tabela 5. Kategorie kruszywa przy różnym nasileniu zamrażania-rozmrażania w klimacie kontynentalnym [5]

Table 5. Freeze-thaw severity category in continental climate

Warunki środowiskowe	Wymagana kategoria
Brak mrozu i sucho	niewymagane
Częściowe nasycenie, brak soli	F ₂ lub MS ₂₅
Nasycenie, brak soli	F ₁ lub MS ₁₈
Sól (woda morska lub nawierzchnie drogi)	F ₁ lub MS ₁₈
Nawierzchnie lotnisk	F ₁ lub MS ₁₈

Należy też zwrócić uwagę na inne parametry kruszyw, które mogą mieć wpływ na trwałość betonu. Jednym z nich jest reaktywność alkaliczno-krzemionkowa. Kruszywo o potwierdzonej reaktywności nie powinno być stosowane w środowisku wilgotnym lub zmiennym bez zastosowania np. cementu z małą zawartością alkaliów i jest niezalecane do wykonywania wszelkich płyt narażonych na działanie wilgoci podczas użytkowania.

W miejscach, gdzie istotny jest wygląd betonu (beton architektoniczny, beton nawierzchniowy i posadzkowy), zaleca się kruszywa o zmniejszonej zawartości lekkich zanieczyszczeń organicznych, oznaczanych zgodnie z PN-EN 1744-1, do poziomu:

- 0,25% masy kruszywa drobnego;
- 0,05% masy kruszywa grubego.

W niektórych sytuacjach konieczne może być wprowadzenie jeszcze większych ograniczeń dotyczących zawartości lekkich zanieczyszczeń organicznych.

Nowa wersja normy PN-EN 206 wprowadziła także wymagania dotyczące kruszywa z recyklingu i wskazuje zakres zastosowania poszczególnych typów do niektórych klas ekspozycji (tabela 6), zalecenia dotyczące parametrów kruszyw z recyklingu (tabela 7) oraz kruszyw lekkich zgodnych z PN-EN 13055-1, które z wyjątkiem zdefiniowanej zawartości siarki ($\leq 0,8$ masowo) nie precyzują niestety szczegółowych parametrów tych kruszyw.

Podsumowanie

Znowelizowana norma PN-EN 206 jest dla producentów i specyfikujących beton lepszym narzędziem niż poprzednia jej wersja. Pozwala na łatwiejsze dokonywanie wyboru składników w celu zapewnienia wymaganych parametrów betonu w odniesieniu do zamierzonego zastosowania. Wprowadza też wiele dodatkowych wymagań związanych ze składem betonu oraz wymaganymi parametrami kruszyw. Pro-

Tabela 6. Maksymalny procent zastąpienia kruszyw grubych [1]

Table 6. Maximum percentage of replacement of coarse aggregates

Typ kruszywa z recyklingu	Klasy ekspozycji			
	X0	XC1 XC2	XC3, XC4, XF1, XA1, XD1	wszystkie pozostałe klasy ekspozycji ^{a)}
Typ A: (Rc ₉₀ , Rcu ₉₅ , Rb ₁₀ , Ra ₁ , Fl ₂ , XRG ₁) [%]	50	30	30	0
Typ B ^{b)} : (Rc ₅₀ , Rcu ₇₀ , Rb ₃₀ , Ra ₅ , Fl ₂ , XRG ₂) [%]	50	20	0	0

^{a)} Kruszywa z recyklingu typu A znanego pochodzenia można stosować przy klasach ekspozycji, na które zaprojektowano oryginalny beton, przy maksymalnym procencie zastąpienia wynoszącym 30%.

^{b)} Nie zaleca się stosowania kruszyw z recyklingu typu B do betonu klas wytrzymałości na ściskanie > C30/37.

Tabela 7. Zalecenia dotyczące kruszyw grubych z recyklingu [1]

Table 7. Recommendations for coarse recycled aggregates

Właściwość ^{a)}	Rozdział w EN 12620:2002 + A1:2008	Typ	Kategoria zgodnie z EN 12620
Zawartość pyłów	4.6	A + B	kategoria lub wartość deklarowana
Wskaźnik płaskości	4.4	A + B	$\leq Fl_{50}$ lub $\leq Sl_{55}$
Odporność na rozdrabnianie	5.2	A + B	$\leq LA_{30}$ lub $\leq SZ_{32}$
Gęstość ziaren w stanie suchym ρ_{nd} [kg/m ³]	5.5	A	$\geq 2\ 100$
		B	$\geq 1\ 700$
Nasiąkliwość	5.5	A + B	wartość deklarowana
Składniki ^{b)}	5.8	A	Rc ₉₀ , Rcu ₉₅ , Rb ₁₀ , Ra ₁ , Fl ₂ , XRG ₁ .
		B	Rc ₅₀ , Rcu ₇₀ , Rb ₃₀ , Ra ₅ , Fl ₂ , XRG ₂ .
Zawartość siarczanów rozpuszczalnych w wodzie	6.3.3	A + B	SS _{0,2}
Zawartość jonów chlorkowych rozpuszczalnych w kwasie	6.2	A + B	wartość deklarowana
Wpływ na początek czasu wiązania	6.4.1	A + B	$\leq A_{40}$

^{a)} Kategorię NR (brak wymagań) można stosować w odniesieniu do innych właściwości, niewymienionych w tabeli. W odniesieniu do tych właściwości kategorię NR można zadeklarować zgodnie z EN 12620.

^{b)} W przypadku specjalnych zastosowań, przy których wymagana jest wysoka jakość wykończenia powierzchni, zaleca się ograniczenie wskaźnika FL składnika do kategorii Fl_{0,2}.

jektując beton, należy jednak pamiętać, że norma PN-EN 206 nie definiuje wszystkich wymagań i nie można się ograniczać wyłącznie do jej treści. Konieczne jest posiłkowanie się innymi normami i literaturą fachową, szczególnie w przypadku specjalnego zastosowania betonu.

Literatura

- [1] PN-EN 206:2014-04 Beton – Wymagania, właściwości, produkcja i zgodność.
- [2] PN-EN 197-1:2012 Cement – Część 1: Skład, wymagania i kryteria zgodności dotyczące cementów powszechnego użytku.
- [3] PN-EN 14216:2015-09 Cement – Skład, wymagania i kryteria zgodności dotyczące cementów specjalnych o bardzo niskim cieple hydratacji.
- [4] PN-EN 15743+A1:2015-06 Cement supersiarczanowy – Skład, wymagania i kryteria zgodności.
- [5] PN-EN 12620+A1:2010 Kruszywa do betonu.
- [6] PN-EN 13055-1:2003 Kruszywa lekkie – Część 1: Kruszywa lekkie do betonu, zaprawy i rzadkiej zaprawy.
- [7] PN-EN 1008:2004 Woda zarobowa do betonu. Specyfikacja pobierania próbek, badanie i ocena przydatności wody zarobowej do betonu, w tym wody odzyskanej z procesów produkcji betonu.
- [8] PN-EN 450-1:2012 Popiół lotny do betonu – Część 1: Definicje, specyfikacje i kryteria zgodności

[9] PN-EN 13263-1+A1:2010 Pył krzemionkowy do betonu – Część 1: Definicje, wymagania i kryteria zgodności.

[10] PN-EN 15167-1:2007 Mielony granulowany żużel wielkopiecowy do stosowania w betonie, zaprawie i zaczynie – Część 1: Definicje, specyfikacje i kryteria zgodności.

[11] PN-EN 934-2+A1:2012 Domieszki do betonu, zaprawy i zaczynu – Część 2: Domieszki do betonu – Definicje, wymagania, zgodność, oznakowanie i etykietowanie.

[12] PN-EN 14889-1:2007 Włókna do betonu – Część 1: Włókna stalowe – Definicje, wymagania i zgodność.

[13] PN-EN 14889-2:2007 Włókna do betonu – Część 2: Włókna polimerowe – Definicje, wymagania i zgodność.

[14] PN-EN 1536+A1:2015-08 Wykonawstwo specjalnych robót geotechnicznych – Pale wiercone.

[15] PN-EN 1538+A1:2015-08 Wykonawstwo specjalnych robót geotechnicznych – Ściany szczelinowe.

[16] PN-EN 12699:2015-06 Wykonawstwo specjalnych robót geotechnicznych – Pale przemieszczeniowe.

[17] PN-EN 14199:2015-07 Wykonawstwo specjalnych robót geotechnicznych – Mikropale.

[18] PN-EN 13877-2:2013-08 Nawierzchnie betonowe – Część 2: Wymagania funkcjonalne dla nawierzchni betonowych.

Przyjęto do druku: 22.09.2015 r.