

XII SYMPOZJUM NAUKOWO-TECHNICZNE
„Cement – właściwości i zastosowanie”

GÓRAŹDŹE CEMENT S.A.
Katedra Inżynierii Materiałów i Procesów Budowlanych
Wydział Budownictwa Politechniki Śląskiej w Gliwicach
GÓRAŹDŹE CEMENT
HEIDELBERGCEMENT Group

REOLOGIA W TECHNOLOGII BETONU

Gliwice
2010

KOMITET PROGRAMOWY

Przewodniczący:

prof. dr hab. inż. JANUSZ SZWABOWSKI
Politechnika Śląska

ANDRZEJ BALCEREK
Prezes Zarządu, Dyrektor Generalny Górażdże Cement S.A.

Członkowie:

CZESŁAW NIERZWICKI
Dyrektor Handlowy, Członek Zarządu Górażdże Cement S.A.

dr hab. inż. ZBIGNIEW GIERGICZNY, prof. nzw. w Pol. Śl.
Politechnika Śląska; Górażdże Cement S.A.

dr hab. inż. JACEK GOŁASZEWSKI, prof. nzw. w Pol. Śl.
Politechnika Śląska

dr hab. inż. ELŻBIETA HORSZCZARUK
Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny w Szczecinie

prof. dr hab. inż. WIESŁAWA NOCUN'-WCZELIK
Akademia Górniczo-Hutnicza w Krakowie

Sekretariat sympozjum:

Magdalena Piasecka, Jolanta Katuszonek
Katedra Inżynierii Materiałów i Procesów Budowlanych
Wydział Budownictwa Politechniki Śląskiej
ul. Akademicka 5, 44-100 Gliwice
tel. (0-32) 237-22-94
fax (0-32) 237-27-37
e-mail: rb4@polsl.pl

SPIS TREŚCI
REOLOGIA W TECHNOLOGII BETONU

I sesja Przewodniczący sesji - prof. dr hab. inż. Janusz Szwabowski
Politechnika Śląska

1. ***Efekt synergii dodatków mineralnych w składzie cementów wieloskładnikowych*** - str. 5
- dr inż. Albin Garbacik, ICI MB Oddział w Krakowie, dr hab. inż. Zbigniew Giergiczny, prof. nzw. w Pol. Śl., Górażdże Cement S.A.
2. ***Metody badań odporności korozyjnej cementów*** - str. 15
- mgr inż. Monika Dąbrowska, Górażdże Cement S.A.; dr hab. inż. Zbigniew Giergiczny, prof. nzw. w Pol. Śl., Górażdże Cement S.A.
3. ***Nanotechnologia w prefabrykacji betonowej*** - str. 45
- mgr inż. Tomasz Pużak, Górażdże Cement S.A., mgr inż. Henryk Skalec, P.V. Prefabet Kluczbork Sp. z o.o., inż. Konrad Grzesiak, BASF Polska Sp. z o.o.
4. ***System Sika ColorFlo. Kolorowy beton*** - str. 57
- mgr inż. Wojciech Świerczyński, Sika Poland Sp. z o.o.
5. ***Kształtowanie mrozoodporności betonów z dodatkiem popiołu lotnego*** - str. 63
- dr inż. Aneta Nowak-Michta, Politechnika Krakowska

II sesja Przewodniczący sesji - dr hab. inż. Zbigniew Giergiczny,
prof. nzw. w Pol. Śl., Politechnika Śląska, Górażdże Cement S.A.

1. ***Oddziaływanie wybranych domieszek do betonu na szybkość hydratacji cementu*** - str. 79
- prof. dr hab. inż. Wiesława Nocuń-Wczelik, AGH Kraków
2. ***Urabialność betonu samozagęszczalnego – wymagania i metody badań*** - str. 93
- prof. dr hab. inż. Janusz Szwabowski, Politechnika Śląska
3. ***Temperatura a urabialność betonów nowej generacji*** - str. 111
- dr hab. inż. Jacek Gołaszewski, prof. nzw. w Pol. Śl.,

4. ***Zastosowanie betonu samozagęszczalnego w produkcji systemów wodno-kanalizacyjnych*** - str. 129
 - dr inż. Grzegorz Śmirtka, ZPB Kaczmarek w Rawiczu, mgr inż. Tomasz Pużak,
 Górażdże Cement S.A., mgr inż. Marcin Sokołowski, Górażdże Cement S.A.
5. ***Samozagęszczalne betony podwodne*** - str. 141
 - dr hab. inż. Elżbieta Horszczaruk, Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny
 w Szczecinie
6. ***Wpływ temperatury na działanie domieszek zwiększających lepkość*** - str. 155
 - mgr inż. Grzegorz Cygan, Politechnika Śląska
7. ***Problem wytrzymałości i trwałości betonu w monolitycznych ścianach szczelinowych*** - str. 165
 - mgr inż. Magdalena Czopowska – Lewandowicz, Politechnika Śląska
8. ***Właściwości cementu portlandzkiego wieloskładnikowego zawierającego popiół lotny wapienny*** - str. 173
 - mgr inż. Damian Dziuk, Górażdże Cement S.A., Politechnika Śląska w Gliwicach,
 mgr inż. Magdalena Piechówka, Politechnika Wrocławska
9. ***Właściwości reologiczne mieszanki samozagęszczalnej a jej parcie boczne na deskowanie*** - str. 181
 - mgr inż. Michał Drewniok, Politechnika Śląska
10. ***Wpływ włókien polipropylenowych na samozagęszczalność i wytrzymałość na ściskanie fibrobetonów samozagęszczalnych*** - str. 195
 - mgr inż. Patrycja Miera, Politechnika Śląska

Grzegorz Śmierzka¹
Tomasz Pużak²
Marcin Sokołowski³

ZASTOSOWANIE BETONU SAMOZAGĘSZCZALNEGO W PRODUKCJI SYSTEMÓW WODNO-KAŁALIZACYJNYCH

1. Wstęp

W lipcu 2004 r., Polski Komitet Normalizacyjny, wprowadził w naszym kraju zharmonizowaną normę europejską PN-EN 1917: 2004 „Studzienki włączowe i niewłączowe z betonu niezbrojonego, z betonu zbrojonego włóknem stalowym i żelbetowe”, będącą tłumaczeniem odpowiednika normy angielskiej EN 1917: 2002. Dokument ten powstał w oparciu o wieloletnie doświadczenia, osób i instytucji zajmujących się tematyką, szeroko pojętej trwałości betonu w systemach kanalizacji deszczowo-sanitarnej.

Nagminnie stawianą kwestią w trakcie sporów pomiędzy zwolennikami i przeciwnikami, celowości zastrzania przez specyfikujących, wymogów normowych (szczególnie nasiąkliwości i mrozoodporności) betonowych elementów galanterii drogowej), są duże rozbieżności klimatyczne, krajów członkowskich EU, a tym samym inne obciążenia środowiskowe, wbudowywanych tam materiałów budowlanych.

Kraje położone w północnej części Europy, takie jak: Finlandia i Norwegia, znajdują się w oddziaływaniu zupełnie innych temperatur minimalnych i maksymalnych, w porównaniu z krajami południa starego kontynentu takimi jak: Grecja i Włochy. Z drugiej strony, dla osób zajmujących się szeroko pojętą technologią betonu, oczywistym jest fakt, iż najbardziej destrukcyjnym dla betonu są tzw. przejścia przez temperaturę 0°C, z którymi najczęściej mamy do czynienia w krajach Europy Środkowej.

W przypadku systemów kanalizacji deszczowo-sanitarnej, problem zaczyna zanikać. Z tytułu charakteru pracy, czynniki atmosferyczne w minimalnym stopniu oddziałują destrukcyjnie na konstrukcje studni. Parcia gruntu wyliczane w różnych krajach wspólnoty na podstawie podobnych zależności, nie odbiegają znacząco od siebie. Analogicznie

¹ Dr inż. ZPB Kaczmarek w Rawiczu; Grzegorz.Smierzka@zpbkaczmarek.pl

² Mgr inż. Górażdże Cement S.A.; tomasz.puzak@gorazdze.pl

³ Mgr inż. Górażdże Cement S.A.; marcin.sokolowski@gorazdze.pl

sytuacja wygląda w przypadku obciążeń komunikacyjnych, ujednoliconych, co do wielkości dopuszczalnych nacisków od kół na drogach EU.

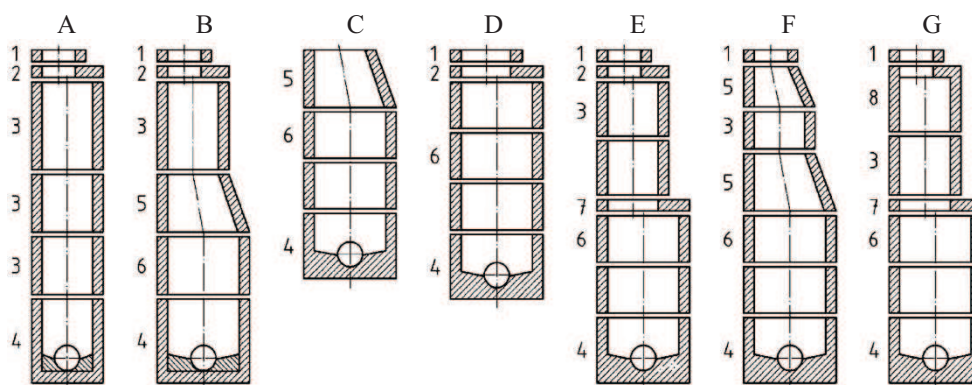
Wobec powyższego należy stwierdzić, iż nie ma merytorycznych podstaw, zastrzania parametrów nasiąkliwości i wytrzymałości betonu, stosowanego do produkcji prefabrykowanych elementów studni betonowych, pod warunkiem spełnienia przez nie wszystkich wymogów zawartych w normatywie [1].

2. Wymogi normy PN-EN 1917

Norma [1], definiuje podstawowe wymagania dla betonu studni kanalizacyjnych w następujący sposób:

- materiał w każdym elemencie powinien być zwarty i jednorodny,
- wytrzymałość obliczeniowa, deklarowana przez producenta nie powinna być mniejsza niż 40 MPa,
- wskaźnik w/s nie większy niż 0,45,
- nasiąkliwość nie większa niż 6 %,
- maksymalna zawartość chlorków w betonie nie więcej niż 1,0%.

Dopuszczono w niej wykonanie podstaw, tzw. dennic na dwa sposoby (rys. 1), jednakże pod warunkiem spełnienia przez prefabrykaty powyższych wymogów.



Rys. 1. Schemat konstrukcji studni kanalizacyjnych

W schematach C – G, normatyw [1] wymusza wykonanie monolitycznej podstawy poprzez uformowanie dna wraz z kinetą, z betonu o wytrzymałości f_{ck} co najmniej 40 MPa. W schematach A - B, autorzy normy, dopuścili wykonanie dennicy dwuetapowo. W tym przypadku, w pierwszej kolejności kształtowana jest na maszynie wibroprasującej, tzw. „szklanka”, której beton, ma szansę spełniać wszystkie wymogi [1]. W następnej kolejności formowana jest kineta (rys. 2). Proces ten z tytułu, niemalże nieskończonej ilości kombinacji przyłączy, odbywa się ręcznie. Mieszanka betonowa przygotowana w ten sposób przy współczynniku w/s $<0,45$, nie może być skutecznie uformowana i co najważniejsze, odpowiednio zawibrowana. Przy współczynniku w/s $>0,45$, nie jest możliwe osiągnięcie wymaganej klasy wytrzymałości, a co z tego wynika odpowiedniej

nasiąkliwości betonu. Oznacza to, iż maksymalna klasa betonu, jaka może zostać osiągnięta (na podstawie własnych badań) oscyluje w granicach C16/20 a nasiąkliwość sięga 10%.



Rys. 2. Tradycyjna metoda produkcji dennic betonowych.

3. Wymogi normy PN-EN 206-1

Spełnienie wymogów normowych jest bardzo ważne w aspekcie trwałości prefabrykatów betonowych. Jak wcześniej wspomniano, betonowe studnie kanalizacji deszczowej i sanitarnej w minimalnym stopniu narażone są na destrukcyjne oddziaływanie czynników atmosferycznych (płyty pokrywowe, pierścienie wyrównujące oraz zwężki). Jednakże, na studnie, negatywnie może oddziaływać od zewnątrz woda gruntowa oraz od wewnątrz transportowane media. Wprowadzona w czerwcu 2003 roku norma PN-EN 206-1:2002, „Beton. Część 1: Wymagania, właściwości, produkcja i zgodność”, diametralnie zmieniła, w porównaniu ze swoją poprzedniczką, PN-B-06250 „Beton zwykły”, podejście do materiału, jakim jest beton. W nieaktualnej już normie, beton charakteryzowała przede wszystkim jego klasa, definiująca wytrzymałość na ściskanie, jako podstawowy parametr oceniający, jakość materiału. Zdecydowanie mniejszy nacisk kładziono na szeroko pojętą odporność, na działanie różnego rodzaju korozji betonu. U podstaw tworzenia normy [2] legły, na bazie zdobytych doświadczeń, walory użytkowe zdefiniowane, w pktcie 5.3.2, mówiące, iż beton należy projektować „na czas użytkowania wynoszący, co najmniej 50 lat w warunkach przewidywanej eksploatacji”. W celu rozpoznania możliwych zagrożeń, w tabelach 1 i 2 tegoż normatywu, zdefiniowano, tzw. klasy ekspozycji, opisujące korozje spowodowane:

- XC – karbonatyzacją,
- XD – chlorkami nie pochodzącymi z wody morskiej,
- XS – chlorkami z wody morskiej,
- XF – zamrażaniem i rozmrażaniem,

- XA – agresją chemiczną.

Wychodząc naprzeciw projektantom w przedmiotowej normie, zamieszczono również tabelę F1, w której określono dla przyjętych klas ekspozycji wartości:

- maksymalnego w/s,
- minimalnej klasy wytrzymałości,
- minimalnej zawartości cementu,
- minimalnej zawartości powietrza,
- innych wymagań.

4. Rodzaje korozji betonu

Beton w studzienkach kanalizacyjnych narażony jest na liczne destrukcyjne czynniki, do których można zaliczyć:

- oddziaływania biologiczne,
- szkodliwe sole zawarte w ściekach (siarczanów, chlorków, azotanów i amonu),
- agresywne wody gruntowe
- dwutlenek węgla z powietrza,
- oddziaływania mechaniczne, takie jak ścieranie, kawitacja.

Ścieki w systemach kanalizacji sanitarnej, zawierają znaczące ilości substancji organicznych. W przewodach ułożonych z niewystarczającym spadkiem i bez poprzecznych przyłączy, zapewniających systematyczne przewietrzanie sieci, w wyniku rozkładu substancji białkowych, powstaje siarkowodor. Na powierzchni betonu ponad poziomem ścieków, utlenia się on do siarki. Bakterie utleniają w dalszej kolejności siarkę do kwasu siarkowego. Badania mikrobiologiczne opracowane przez pracowników Zakładu Inżynierii Miejskiej Politechniki Wrocławskiej [6], wykazały, iż w niesprzyjających sytuacjach, wskaźnik pH skroplin i przefermentowanych osadów może osiągać wartość 4,0 i mniej. Bez względu na sytuację takich, należy elementy kanalizacji projektować na klasę ekspozycji XA3, czyli na środowisko silnie agresywne biologicznie w stosunku do betonu. Sytuację taką opisuje w tabeli F1 normy [2], wymóg stosowania cementów siarczanoodpornych HSR, (np. cementów hutniczych). W przypadku właściwego przewietrzania systemu kanalizacji studniami, wewnętrzne środowisko należy zakwalifikować, jako słabo agresywne XA1 w stosunku do betonu.

Wody gruntowe mogą powodować także korozję ługującą i chemiczną. Prędkość degradacji ługującej uzależniona jest od wielu czynników, takich, jak jakość betonu, czystość wody oraz wielkość ciśnienia wywieranego przez nią na powierzchnie betonu. Ogólnie można stwierdzić, iż wody gruntowe wykazują słabą agresywność w stosunku do betonu, najczęściej węglanową, którą zgodnie z normą [2], można zakwalifikować, jako XA1.

Środowisko w studniach kanalizacyjnych jest z reguły silnie zawilgocone a nawet mokre, wobec czego karbonatyzacja w takim betonie przebiega bardzo wolno. Od wewnątrz studni, beton narażony jest na działanie ścieków bytowo-gospodarcze, które pomimo silnego zanieczyszczenia, są mediami o niewielkiej agresywności w stosunku do betonu. Ich wskaźnik pH oscyluje w granicach od 6,5 do 7,5, natomiast zawartość szkodliwych soli (siarczanów, chlorków i azotanów) nie przekracza zwykle 0,05 %.

Stężenia takie z reguły nie przekraczają wartości granicznych, przyjętych dla klasy ekspozycji XA1.

Dla przedstawionych zagrożeń korozyjnych, z wyłączeniem przypadku fermentacji substancji organicznych, wg normy [2], dla zapewnienia wymaganej trwałości betonu, wystarczy jego ochrona materiałowo-strukturalna, bez jakichkolwiek izolacji powierzchniowych.

5. CEMENT HUTNICZY CEM III/A 42,5N – HSR/NA

W opisywanej produkcji betonu samozagęszczalnego SCC zastosowano cement hutniczy CEM III/A 42,5N – HSR/NA. Wprowadzenie dodatku granulowanego żużla wielkopiecowego do składu cementu modyfikuje szereg jego cech użytkowych. Cementy hutnicze CEM III posiadają szereg korzystnych właściwości w porównaniu z klasycznymi cementami portlandzkimi CEM I bardzo często stosowanych w prefabrykacji betonowej.

Charakteryzują się one:

- wolniejszym przyrostem wytrzymałości, trwającym nawet do 90 dnia, generującym mniejsze ilości wydzielanego ciepła hydratacji, a tym samym mniejsze naprężenia skurczowe niż cementy portlandzkie CEM I,
- wyższymi (w porównaniu z cementami portlandzkimi CEM I) wytrzymałościami, w długich okresach twardnienia (56, 90 dni i później).
- wyższą odpornością na agresję chemiczną, spowodowaną mniejszą zawartością glinianu trójwapniowego C_3A (około 3%) oraz węglanu wapnia $CaCO_3$ na rzecz dodatku mineralnego (granulowanego żużla wielkopiecowego).
- szczelniejszą mikrostrukturą matrycy, spowodowaną zhydratyzowanymi oraz wolnymi cząstkami żużla wielkopiecowego o granulacji drobniejszej od ziaren cementu,
- jaśniejszą barwą, umożliwiającą uzyskanie na barwionych elementach betonowych jaśniejszych i żywszych barw.

Właściwości cementu hutniczego CEM III/A 42,5N – HSR/NA przedstawiono w tab. 1

Tablica 1. Właściwości cementu hutniczego CEM III/A 42,5N – HSR/NA.

Właściwość	Wymagania wg PN-EN 197-1	Wynik badań laboratorium zakładowego
Zmiany objętości Le Chatelier	≤ 10 mm	0,7 mm
Początek czasu wiązania	≥ 60 minut	239 minut
Wytrzymałość na ściskanie po 2 dniach	≥ 10 MPa	14,8 MPa
Wytrzymałość na ściskanie po 28 dniach	$\geq 42,5$ MPa $\leq 62,5$ MPa	57,3 MPa

Produkcja cementów żużlowych oprócz efektów technologicznych ma również aspekty ekologiczne:

- niższe zużycie energii, co pozwala na zaoszczędzenie zasobów paliw naturalnych,
- niższe zużycie surowców naturalnych w procesie wytwarzania cementu,
- obniżenie emisji gazów przemysłowych do atmosfery.

Jedyną i zarazem wielce dyskusyjną niedogodnością stosowania tego surowca, jest konieczność zainwestowania przez Producenta w zaawansowane technologicznie, linie produkcyjne, umożliwiające zwiększenie początkowych wytrzymałości betonu (przyspieszenie ich przyrostu) w prefabrykowanych elementach betonowych, najczęściej poprzez „naparzenie betonu”. Technologia ta jest znana i stosowana w produkcji betonu od wielu lat. W opisywanym przypadku zamknięty obieg linii produkcyjnych trwa 24 godziny. Po zakończeniu procesu formowania, elementy transportowane są do komór VAPOR, w których dojrzewają w atmosferze o wilgotności 85%, temperaturze 45°C oraz wysokiej zawartości dwutlenku węgla. Proces ten gwarantuje, uzyskanie po 24 godzinach przez beton, co najmniej 70% wytrzymałości projektowanej, co umożliwia transport prefabrykatów na miejsce docelowego składowania na placu. Dodatkowo, technologia ta, poprzez przyspieszenie procesu przejścia wodorotlenku wapnia Ca(OH)_2 , w węglan wapnia CaCO_3 , (przy udziale dwutlenku węgla CO_2), powoduje:

- zmniejszenie wymiaru przypowierzchniowych kapilar, zwiększając tym samym szczelność zewnętrznej warstwy betonu,
- przypowierzchniowe zwiększenie wytrzymałości betonu,
- znaczne ograniczenie na powierzchni elementów „tzw. wykwitów węglanowych”.

6. Beton samozagęszczalny SCC

Pierwsze mieszanki SCC powstały w Japonii niespełna 20 lat temu [7]. Przyczynkiem ich upowszechnienia, była „chęć wyeliminowania czynnika ludzkiego z procesu zagęszczania mieszanki betonowej”. Założono, iż prawidłowo zaprojektowana, powinna charakteryzować się:

- odpowiednią płynnością,
- stabilnością,
- zdolnością do samoodpowietrzenia,

aby spełnić wymagania w postaci:

- szczelnego wypełnienia form i wolnych przestrzeni pomiędzy prętami zbrojeniowymi w konstrukcjach żelbetowych,
- samozagęszczenia pod wpływem ciężaru własnego.

Podstawowe różnice w technologii produkcji, tradycyjnego betonu zwykłego oraz SCC, to zawartość cząstek pylistych oraz stosowana chemia. Konieczność utrzymania odpowiedniej granicy płynięcia oraz lepkości plastycznej mieszanki betonowej SCC wymusza, aby dozowanie cementu wraz z dodatkami zawierało się w przedziale 500 kg – 600 kg na 1 m³. Dodatkowo, odpowiednie „upłynnienie” zaczynu możliwe jest jedynie po zastosowaniu, superplastyfikatorów nowej generacji. Etery polikarboksyłowe, redukujące ilość wody zarobowej nawet o 40%, poza zmniejszeniem napięcia powierzchniowego oraz efektem elektrostatycznym działają sferycznie, poprzez tzw. łańcuchy boczne, uniemożliwiające zbliżaniu się ziaren cementu do siebie, ułatwiając tym samym, ich zwilżenie cząsteczkami wody.

W związku z powyższym graniczne wartości rozlewu mieszanek SCC z odwróconego stożka Abrahams’a, uzależnione od maksymalnej frakcji stosowanego kruszywa (rys. 3), powinny wynosić odpowiednio dla średnicy do:

- 32 mm, średnio 65 cm (55 cm - 75 cm),
- 16 mm, średnio 70 cm (60 cm - 80 cm),

- 08 mm, średnio 75 cm (65 cm - 85 cm).



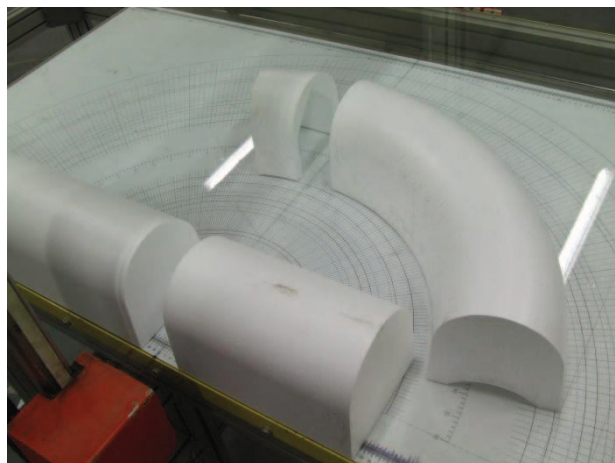
Rys. 3. Rozpływ mieszanki SCC z maksymalnym ziarnem kruszywa do 16 mm.

Stosowanie mieszanek samozagęszczalnych niesie za sobą dwa dodatkowe, pozytywne aspekty, takie jak skrócenie czasu układania betonu i obniżenie hałasu oraz drgań podczas prac betoniarskich, a tym samym zmniejszenie uciążliwości dla otoczenia.

7. PERFECT - monolityczne dennice w technologii SCC

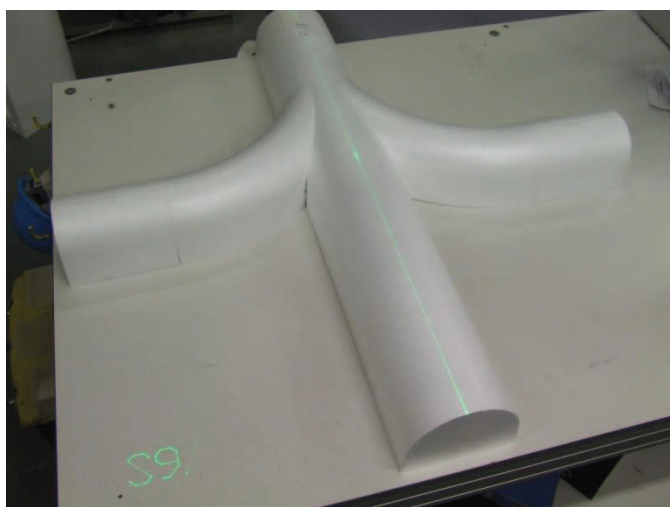
Mając za główny cel, wyprodukowanie studni szczelnych w pełni zgodnych z normą [1], w roku 2006, została podjęta decyzja o zakupie patentu na produkcję monolitycznych dennic PERFECT w technologii betonu samozagęszczalnego SCC oraz kręgów z betonu wibroprasowanego w technologii EXACT [8].

Produkcja dennic w technologii betonu SCC bazuje na metalowych formach. Projektowane kształty oraz średnice kinet, profilowane są za pomocą styropianowych kształtek (rys. 4).



Rys. 4. Styropianowe kształtki kinet dennic betonowych

Tworzą one negatyw gotowej kinety podstawy studni. Poszczególne elementy składowe, docinane są w płaszczyźnie X - Z za pomocą piły 2D oraz w przestrzeni (przenikanie się kinet) na pile 3D. Następnie, przy pomocy programu komputerowego, docięte kształtki styropianowe, kontroluje się w zakresie zgodności ich osi z osiami kinet dennicy (rys. 5).



Rys. 5. Komputerowa kontrola dokładności wykonania negatywu kinety podstawy

W dalszej kolejności profilowany jest spadek dna oraz wewnętrzna średnica studni. Do przygotowanych kształtek, montowane są przejścia szczelne dopasowane do rodzaju i średnicy projektowanych rur przyłączeniowych (rys. 6).



Rys. 6. Przygotowana do betonowania forma z negatywem kinety dennicy

Całość umieszczana jest w metalowej formie a następnie betonowana mieszanką samozagęszczalną do odpowiedniej rzędnej. Rozformowanie gotowego produktu sprowadza się do usunięcia styropianowych elementów i ręcznego przeszlifowania styków poszczególnych kształtek (rys. 7).



Rys. 7. Gotowa dennica PERFECT w technologii betonu SCC

Do produkcji wszystkich prefabrykatów betonowych studni szczelnych stosowany jest, zgodnie z PN-EN 197-1 „Cement. Część 1. Skład, wymagania i kryteria zgodności dotyczące cementów powszechnego użytku”, siarczanoodporny cement hutniczy CEM III/A 42,5N – HSR/NA. Umożliwia to, zgodnie z normą [2], stosowanie studni szczelnych, w gruntach o silniej agresji chemicznej (klasa ekspozycji XA3). Dzięki zastosowaniu superplastyfikatorów, nowej generacji w produkcji betonu SCC osiągnięto współczynnik w/s poniżej 0,40. Receptę mieszanki betonowej przedstawiono w tab. 2.

Tablica 2. Receptura mieszanki betonowej SCC do produkcji dennicy w systemie PERFECT

Surowiec	Zawartość na 1 m ³
Piasek 0-2	850 kg
Żwir 2-16	1070 kg
Cement hutniczy wraz z domieszką	600 kg
Superplastyfikator	6,6 kg
Woda	190 kg

8. Badania laboratoryjne betonu SCC

Do badań kontrolnych z dennicy DN1500 o grubości ścianki 230 mm, pobrano 36 odwiertów o średnicy 100 mm, po sześć (od 1 do 6) z trzech lokalizacji na obwodzie (A, B, C), co 120°, oraz 1/3 wysokości ścian dennicy każdy. Próbkę betonu oznaczono odpowiednio od 1/A do 6/C i przygotowano do badań:

- próbki nr 1/A, 1/B, 1/C – wytrzymałości na ściskanie po 7 dniach,
- próbki nr 2/A, 2/B, 2/C – nasiąkliwości po 7 dniach,
- próbki nr 3/A, 3/B, 3/C – wytrzymałości na ściskanie po 28 dniach,
- próbki nr 4/A, 4/B, 4/C – nasiąkliwości po 28 dniach,
- próbki nr 5/A, 5/B, 5/C – wytrzymałości na ściskanie po 90 dniach,
- próbki nr 6/A, 6/B, 6/C – nasiąkliwości po 90 dniach.

Próbki przewidziane do badania wytrzymałościowego, docięto na pile do walca o stosunku wysokości do średnicy około 2. Probki przewidziane do badania nasiąkliwości nie poddawano żadnej dodatkowej obróbce mechanicznej. Wyniki otrzymane w badaniach po odpowiednio 7, 28 oraz 90 dniach zestawiono w tab. 3 [9].

Norma [1], wymaga, aby do produkcji elementów betonowych studni, stosować beton klasy co najmniej C35/45 oraz o nasiąkliwości do 6%. Wyniki badań laboratoryjnych, pozwoliły na wydanie deklaracji zgodności produktów z normą [1] w zakresie klasy betonu C40/50 (rzeczywista klasa C50/60) oraz nasiąkliwości betonu do 5,0% (po 28 dniach). Należy zauważyć, iż w przypadku badań betonów na bazie cementów hutniczych (warunki szczególne), zgodnie z pkt 5.5 normy [2], właściwsze jest badanie (deklarowanie) ich parametrów „w wieku późniejszym niż 28 dni”. W takim przypadku parametry betonu po 90 dniach dojrzewania, odpowiadają klasie C60/75, oraz nasiąkliwości do 4,5%.

W oparciu o załącznik A, normy PN-EN 13791 „Ocena wytrzymałości betonu na ściskanie w konstrukcjach i prefabrykowanych wyrobach betonowych”, otrzymane w badaniach odwiertów wytrzymałości betonu na ściskanie, podzielono przez współczynnik 0,85, uwzględniający „uszkodzenie niedojrzałego lub naturalnie słabego betonu” procesem

wiercenia. Obrabiana mechanicznie „powierzchnia zawiera drobinki pociętego kruszywa, które jedynie dzięki adhezji cementowej matrycy pozostają w strukturze przypowierzchniowej warstwy betonu. W takim przypadku, klasę badanego betonu można oszacować na C70/85.

Tablica 3. Wyniki badań odwiertów rdzeniowych z betonu SCC.

L. p.	Nr próbki	Wytrzyma. po 7 dniach [MPa]	Nasiąkl. po 7 dniach [%]	Wytrzyma. po 28 dniach [MPa]	Nasiąkl. po 28 dniach [%]	Wytrzyma. po 90 dniach [MPa]	Nasiąkl. po 90 dniach [%]
1	1/A	41,98					
2	1/B	42,68					
3	1/C	44,88					
4	2/A		5,25				
5	2/B		5,46				
6	2/C		5,41				
7	3/A			52,96			
8	3/B			49,85			
9	3/C			51,39			
10	4/A				4,75		
11	4/B				5,05		
12	4/C				4,85		
13	5/A					63,78	
14	5/B					57,99	
15	5/C					59,47	
16	6/A						4,24
17	6/B						4,43
18	6/C						4,51
średnia aryt.		43,18	5,37	51,40	4,88	60,41	4,39
PN-EN 13791		50,80		60,47		71,07	

9. Wnioski

Na podstawie wyników badań, oraz wymogów aktualnych normatywów można stwierdzić, iż:

- w produkcji przemysłowej możliwe jest wykonanie, po 28 dniach twardnienia, „uzasadnionych ekonomicznie” betonów samozagęszczalnych SCC o nasiąkliwości do 5%. Niejednorodność surowców, tj. kruszywa, utrudnia w przypadku betonów SCC, wydania deklaracji zgodności na partię materiału, z nasiąkliwością do 4%. W warunkach laboratoryjnych możliwe jest wykonanie betonów SCC o nasiąkliwości do 4 %,

- wyniki badań laboratoryjnych potwierdzają tezę o zdecydowanie „dłuższym życiu betonów” wytworzonych na bazie cementów hutniczych – badania wykonane po 90 dniach potwierdzają „jednokrotny” przyrost klasy betonu w stosunku do wartości projektowanej oraz dalszy spadek nasiąkliwości o 0,5% w stosunku do wartości określonej po 28 dniach,
- betony wytworzone na bazie cementów hutniczych CEM III są odporniejsze na działanie siarczanów, w porównaniu z betonami wytworzonymi na bazie cementów portlandzkich – zakłada się, iż prefabrykaty spełniać będą swoje funkcje techniczno – użytkowe, przez co najmniej 100 lat w środowisku agresywnym o klasie ekspozycji XA3,
- betony wytworzone na bazie cementów hutniczych charakteryzują się szczelniejszą mikrostrukturą (dodatek mineralny) w stosunku do betonów wytworzonych na bazie cementów portlandzkich, a tym samym niższą nasiąkliwością.

Literatura

- [1] PN-EN 1917: 2004/AC: 2009 „Studzienki włączowe i niewłączowe z betonu niezbrojonego, z betonu zbrojonego włóknem stalowym i żelbetowe”.
- [2] PN-EN 206-1:2002/AC:2005 „Beton. Część 1: Wymagania, właściwości, produkcja i zgodność”.
- [3] PN-B-06250 „Beton zwykły”.
- [4] PN-EN 197-1 „Cement. Część 1. Skład, wymagania i kryteria zgodności dotyczące cementów powszechnego użytku”.
- [5] PN-EN 13791 „Ocena wytrzymałości betonu na ściskanie w konstrukcjach i prefabrykowanych wyrobach betonowych”.
- [6] Madryas C., Kolonko A., Wysocki L. „Konstrukcje przewodów kanalizacyjnych. Oficyna Wydawnicza Politechniki Wrocławskiej, Wrocław 2002.
- [7] Pogan K. „Samozagęszczający się beton – kolejny etap w rozwoju pięcioskładnikowego kompozytu”, Przegląd Budowlany 1/2000.
- [8] Broszura reklamowa firmy ZPB Kaczmarek sp. z o. o.
- [9] Wyniki wewnętrznych badań ZKP opracowane przez Laboratorium ZPB Kaczmarek.

SELF-COMPACTING CONCRETE IN MANUFACTURING OF ELEMENTS FOR WATER AND SEWER SYSTEMS

Summary

Basic requirements concerning quality and durability of concrete for drain and sanitary systems stated in PN-EN 1917 and PN-EN 206-1 standards have been presented in the paper. Technology of manufacturing water-tight manholes made of SCC has been described. The paper comprises comparison of the new technology and traditional manual shaping of manhole inverts. Research results for specimens from prefabricated manhole bottom of Perfect system has been presented as well.