

ANALIZA WYNIKÓW BADANIA KONSYSTENCJI MIESZANKI BETONOWEJ W ODNIESIENIU DO PRZEDZIAŁÓW GRANICZNYCH WEDŁUG PN-EN 206-1 i PN-88/B-06250

Konrad Podawca

Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie

Streszczenie. W artykule przedstawiono porównanie wyników badania konsystencji metodą Ve-Be i stolika rozpliwowego z przedziałami granicznymi zawartymi w PN-EN 206-1 i PN-88/B-06250. Analiza wyników pokazała, do jakich klas konsystencji można zaliczyć mieszanki betonowe projektowane według wskaźników wodnych przyporządkowanych do słownych oznaczeń wilgotnej, gęstoplastycznej, plastycznej, półciekłej i ciekłej konsystencji. W badaniach wykorzystano metodę Ve-Be stosowaną już na podstawie PN-88/B-06250 i metodę stolika rozpliwowego wprowadzoną wraz z normą PN-EN 206-1 w 2003 roku.

Słowa kluczowe: beton, mieszanka betonowa, konsystencja, Ve-Be, stolik rozpliwowy

WSTĘP

Obecnie jest zauważalne stosowanie informacji, definicji czy oznaczeń zarówno zawartych w normie PN-EN 206-1, jak i w PN-88/B-06250. Oczywiście wiele elementów tych norm jest zbliżonych, a różnice wynikają jedynie z zastosowanej symboliki czy nazewnictwa. W normach tych jednak jest nieco inne podejście do niektórych kwestii. Zauważalną i znaczącą odmiernością cechuje się przedstawienie w normie europejskiej badań i oceny konsystencji mieszanki betonowej. Po pierwsze, do dwóch stosowanych już w Polsce metod badawczych (metoda opadu stożka i metoda Ve-Be) dodano kolejne dwie (metoda stopnia zagęszczenia i metoda stolika rozpliwowego). Po drugie, zmienione zostało nazewnictwo określające konsystencję – ze słownego określenia odzwierciedlającego stan fizyczny mieszanki na system cyfrowo-literowy. Zmiany te sprawiły trudności w sposobie określania ciekłości mieszanek betonowych (ich konsystencji),

Adres do korespondencji – Corresponding author: Konrad Podawca, Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego, Wydział Inżynierii i Kształtowania Środowiska, Katedra Budownictwa i Geodezji, ul. Nowoursynowska 159, 02-776 Warszawa,
e-mail: konrad_podawca@sggw.pl

a w praktyce w prawidłowym ich projektowaniu, aby osiągnąć założone klasy konsystencji zgodne z PN-EN 206-1.

Celem badań było sprawdzenie, w jaki sposób projektowane mieszanki betonowe, oparte na wskaźnikach wodnych według dawnych konsystencji (plastycznej i półciekłej), odpowiadają obecnym klasom konsystencji.

METODY BADAŃ

Charakter badań wymagał zastosowania dwóch rodzajów metod – obliczeniowych i doświadczalnych.

Pierwszy typ metod posłużył do zaprojektowania składu mieszanki betonowej zgodnie z przyjętymi założeniami. Dla pewności wykorzystano dwa sposoby z grupy tzw. metod trzech równań, to jest metodę Bukowskiego i Kluza-Eymana. Otrzymany skład mieszanki betonowej tymi metodami powinien być identyczny, a więc posłużenie się jednocześnie dwoma sposobami było formą sprawdzenia poprawności wyników.

Badania laboratoryjne zostały przeprowadzone w laboratorium budowlanym Katedry Budownictwa i Geodezji Wydziału Inżynierii i Kształtowania Środowiska SGGW. Wykorzystano w nich następujące metody:

- analizy sitowej – w celu sprawdzenia składu ziarnowego piasku i możliwości zastosowania go w mieszance betonowej zgodnie z PN-EN 933-1/2000,

- iteracji (kolejnych przybliżeń) – w celu znalezienia optymalnego stosu okruszowym kruszywa pod względem jamistości i wodożądności [Małolepszy i in. 1995; Gantner i in. 2000; Mizera i in. 2000; Jamróży 2003],

- Ve-Be – w celu określenia konsystencji mieszanki betonowej zgodnie z PN-EN 12350-3:2001,

- stolika rozplywowego – w celu sprawdzenia konsystencji mieszanki betonowej zgodnie z PN-EN 12350-5:2001.

Charakter artykułu wymagał również zastosowania analizy porównawczej wyników badań w świetle przedziałów normowych.

PRZEGLĄD LITERATURY

Norma PN-EN206-1 bardzo jasno podaje przedziały graniczne dla poszczególnych klas konsystencji. Dla dwóch metod stosowanych w badaniach zostały one przedstawione w tabeli 1.

W literaturze przedmiotu można już znaleźć pewne szacunkowe wartości i odzwierciedlenie „dawnych” słownie opisanych konsystencji w obecnie obowiązujących klasach oznaczonych symbolami literowo-cyfrowymi (tab. 2). Takie odzwierciedlenie można znaleźć m.in. u Czarneckiego [2004] czy Stefańczyka i innych [2005].

Tabela 1. Metody klasyfikacji konsystencji mieszanki betonowej według PN-EN 206-1
 Table 1. Methods of the classification of the concrete mix consistency according to the PN-EN 206-1

Nazwa metody Name of the metod	Mierzona cecha [jednostka] Measured feature [unit]	Oznaczenie klasy konsystencji Consistency class designation	Przedział wartości mierzonej cechy Interval of the measured reature
		V0	≥ 31
Ve-Be V PN-EN 12350-3	czas time [s]	V1	30–21
		V2	20–11
		V3	10–6
		V4	5–3
		F1	≤ 340
Stolik rozplywowy Spilling table F PN-EN 12350-5	średnica rozplywu spill diameter [mm]	F2	350 do 410
		F3	420 do 480
		F4	490 do 550
		F5	560 do 620
		F6	≥ 630

WYNIKI BADAŃ

Projektowanie mieszanki betonowej

Przyjęto następujące założenia dla projektowanej mieszanki betonowej:

- beton klasy wytrzymałości C 16/20,
- konsystencja półciekła i plastyczna,
- kruszywo naturalne o uziarnieniu dobranym w trakcie badań,
- gęstość objętościowa kruszywa $\rho_k = 2,65 \text{ kg}\cdot\text{dm}^{-3}$,
- punkt piaskowy PP = 35%,
- cement CEM I 32,5,
- gęstość cementu $\rho_c = 3,1 \text{ kg}\cdot\text{dm}^{-3}$,
- wskaźniki wodozadržności kruszywa i cementu określono w sposób tabelaryczny [Szymański 2002, Jamróży 2003, Nocuń-Wczelik i in. 2003],
- współczynnik A = 18 przyjęto dla kruszywa naturalnego i cementu 32,5.

Obliczenia wykonano na podstawie dwóch sposobów z grupy metod „trzech równań”, to jest metody Bukowskiego i Kluza-Eymana [Neville 2000, Szymański 2002, Jamróży 2003, Nocuń-Wczelik i in. 2003, Stefańczyk i in. 2005]. Obydwoma metodami uzyskano identyczne wyniki zarówno dla konsystencji plastycznej, jak i półciekłej, zamieszczone w tabeli 3.

Tabela 2. Szacunkowe wartości graniczne przedziałów konsystencji mieszanki betonowej badanych metodami S-F-C-V, odpowiadające określeniom konsystencji według PN-88/B-06250

Table 2. Estimated limit values of the concrete mix consistency intervals, examined with the S-F-C-V methods, corresponding to the consistency designations according to the PN-88/B-06250

Nazwa konsystencji Name of the consistency	Metoda opadu stożka Cone fall method S [mm]		Metoda stolika rozpyłowego Spilling table method F [mm]		Metoda stopnia zagęszczenia Compactibility radio method C [-]	Metoda Ve-Be Ve-Be method V [s]	
	według Czarneckiego to Czamecki [2004]	według Stefańczyka to Stefańczyk [2005]	według Czarneckiego to Czamecki [2004]	według Stefańczyka to Stefańczyk [2005]	według Czarneckiego to Czamecki [2004]	według Czarneckiego to Czamecki [2004]	według Stefańczyka to Stefańczyk [2005]
Wilgotna, K-1 Dump	–	–	–	–	–	> 28	> 31
Gęstoplastyczna, K-2 Thick-plastic	< 20	–	< 340	–	> 1,22	14–27	11–30
Plastyczna, K-3 Plastic	20–50	10–40	350–380	> 340	1,22–1,14	7–13	6–10
Półciekła, K-4 Semiliquid	60–110	50–90	390–450	350–410	1,13–1,08	< 6	3–4
Ciekła, K-5 Liquid	120–150	100–150	460–500	420–550	1,07–1,05	–	–
Bardzo ciekła* Very liquid	> 150	> 160	> 500	> 560	< 1,04	–	–

*W PN-88/B-06250 nie występuje.

Tabela 3. Skład mieszanki betonowej o konsystencji plastycznej i półciekłej

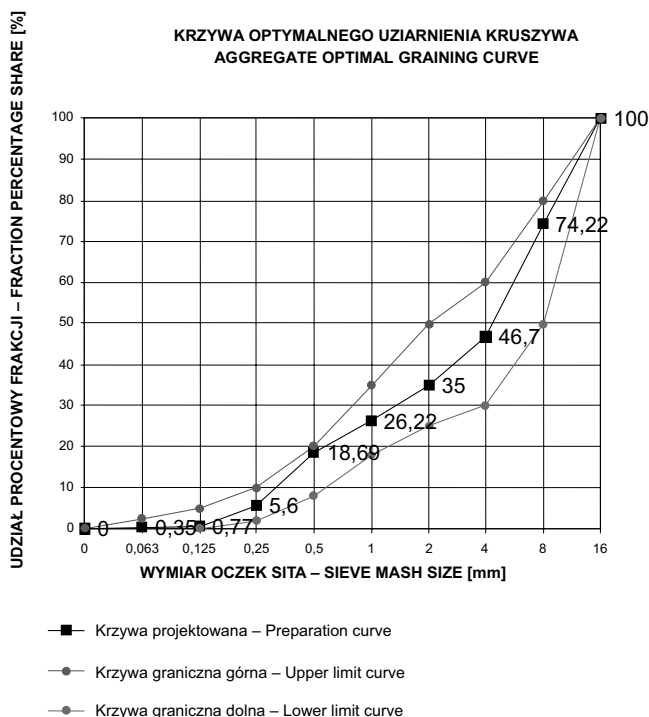
Table 3. The concrete mix composition with the plastic and semiliquid consistency

Składniki Components	Skład mieszanki betonowej The concrete mix composition [kg·m ⁻³]	
	plastyczna plastic	półciekła semiliquid
Cement	318	367
Piasek Sand curve	676	637
Kruszywo grube Gravel curve	1255	1184
Woda Water	168	194

Badania kruszywa

W celu uzyskania optymalnego uziarnienia kruszywa dokonano:

- analizy sitowej kruszywa drobnego,
- porównania krzywej uziarnienia kruszywa drobnego z krzywymi granicznymi,
- trzech serii iteracji (kolejnych przybliżeń): I seria frakcji 8–16 i 4–8, II seria mieszana frakcji 4–16 i frakcji 2–4, III seria mieszana frakcji 2–16 i kruszywa drobnego,
- wyboru optymalnego stosunku mieszania kruszywa grubego i drobnego, zgodnie z założeniem minimalnej sumy jamistości i wodożądności,
- sprawdzenia uzyskanej krzywej uziarnienia z krzywymi granicznymi (rys. 1).



Rys. 1. Krzywa optymalnego uziarnienia dobrana metodą iteracji

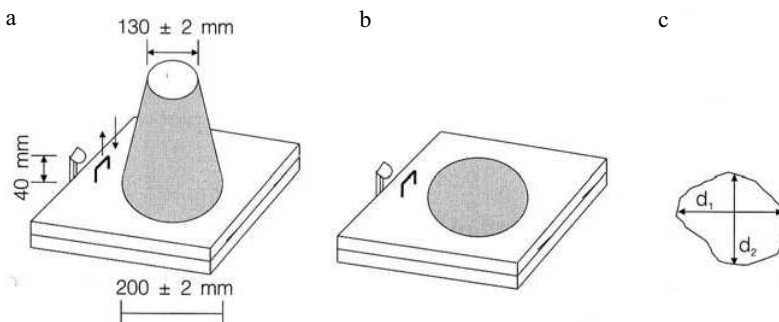
Fig. 1. Aggregate optima graining curve to iteration method

Badania konsystencji

Metoda stolika rozplywowego. Do wykonania badania tą metodą należy wykorzystać:

- stół rozplywowy, składający się z ruchomej płaskiej płyty o wymiarach 700 ± 2 mm \times 700 ± 2 mm, przymocowanej za pomocą zawiasów do sztywnej podstawy o masie $16 \pm 0,5$ kg z oznaczonym krzyżem oraz kółkiem w środku o średnicy 210 ± 1 mm i uchwytem umożliwiającym swobodne podnoszenie oraz z dolnej podstawy z ogranicznikiem wysokości 40 ± 1 mm, określającym wysokość opadania górnej płyty,

- formę o kształcie ściętego stożka, średnicy podstawy dolnej 200 ± 2 mm, średnicy podstawy górnej 130 ± 2 mm i wysokości 200 ± 2 mm (rys. 2a),
- drażdek do zagęszczania o przekroju kwadratowym 40 ± 1 mm i długości około 350 mm,
- przymiar liniowy o minimalnej długości 700 mm, z podziałką co 5 mm, oraz szufłę, wilgotną tkaninę, łopatkę i sekundomierz, umożliwiające pomiar czasu z dokładnością do 1 s.



Rys. 2. Poglądowe przedstawienie zasad wykonania badania konsystencji metodą stolika rozpliwowego: a – formowanie stożka, b – mieszanka po rozpliwieniu, c – sposób pomiaru średnicy rozpliwu [Czarnecki 2005]

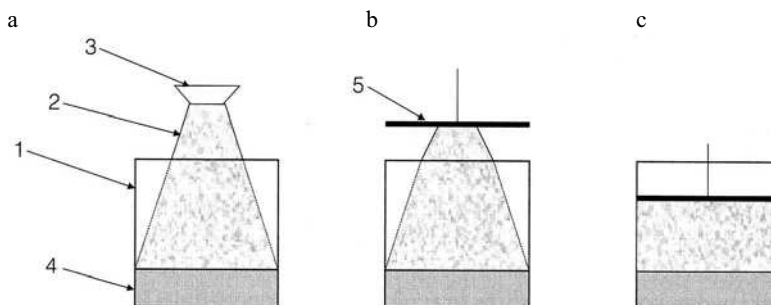
Fig. 2. Visual presentation of the rules of the preparation of the consistency test with the spilling table method: a – forming a cone, b – the mix after spilling, c – the way of measuring of the spilling diameter [Czarnecki 2005]

Badanie rozpoczyna się od ustawienia stolika na płaskim, poziomym podłożu, na które nie działają zewnętrzne drgania. Stolik oraz formę należy przetrzeć wilgotną szmatką. Formę wypełnia się w dwóch równych warstwach. Każdą warstwę dziesięciokrotnie lekko ubija się drażkiem zagęszczającym. Po ubiciu ostatniej warstwy należy zdjąć nadmiar mieszanki i oczyścić stół z zabrudzeń. Po odczekaniu 30 s przystępuje się do podnoszenia formy ruchem pionowym ku górze. Następnie stając na dolnej podstawie stolika, za pomocą uchwytu na górnej płycie podnosi się ją do góry aż do zetknięcia z ogranicznikiem, uważając by mocno w niego nie uderzyć. Kolejnym ruchem jest swobodne puszczenie płyty. Procedura badawcza przewiduje wykonanie 15 takich cykli, trwających od 2 do 5 s każdy. Pomiaru rozpliwu dokonuje się za pomocą przymiaru liniowego, w dwóch kierunkach. Pierwszy wyznacza maksymalny rozpliw mieszanki (d_1), drugi to kierunek prostopadły do niego (d_2) – rysunek 2c. Wyniki pomiarów zaokrągla się do 10 mm.

Miarą konsystencji w tej metodzie jest wyznaczenie wartości rozpliwu mieszanki betonowej za pomocą wzoru $0,5(d_1 + d_2)$ i porównanie wyniku z danymi tabelarycznymi.

Norma narzuca, aby mieszanka badana tą metodą nie zawierała kruszywa większego niż 63 mm. Dodatkowo określa, że wyniki można uznać za miarodajne, jeżeli wartości rozpliwu mieszczą się w granicach od 340 do 600 mm. W przypadku uzyskiwania wyników poza tym przedziałem zaleca się zastosowanie innej metody oznaczania konsystencji.

Metoda Ve-Be. Oznaczanie konsystencji mieszanki betonowej tą metodą przebiega podobnie, jak w metodzie opadu stożka, z tym że mieszankę po zdjęciu formy poddaje się wibracji na stole wibracyjnym i mierzy czas do momentu całkowitego zetknięcia dolnej powierzchni krążka wskaźnikowego z mieszanką [Czarnecki 2004].



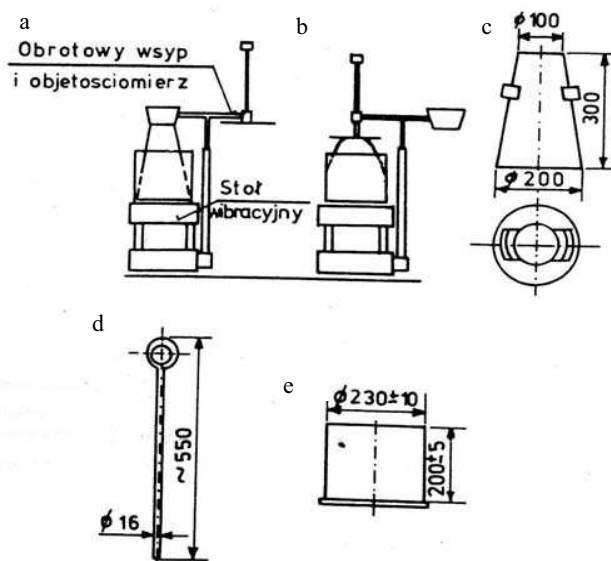
Rys. 3. Kolejne stadia badania konsystencji mieszanki betonowej metodą Ve-Be: a – formowanie stożka, b – zetknięcie krążka wskaźnikowego z mieszanką, włączenie wibratora, c – zetknięcie całej powierzchni krążka z mieszanką betonową – zakończenie pomiaru; 1 – naczynie cylindryczne, 2 – forma stożkowa wypełniona mieszanką, 3 – wysyp (obrotowy), 4 – stolik wibracyjny, 5 – krążek wskaźnikowy [Czarnecki 2004]

Fig. 3. The subsequent stages of the concrete mix consistency examination with the Ve-Be method: a – forming a cone, b – connecting an index disc with the mix, turning in a vibrator, c – connecting the whole surface of the disc with the concrete mix – the end of the measurement; 1 – a cylindrical vessel, 2 – a cone form filled with the mix, 3 – a rotating pour, 4 – a vibration table, 5 – an index disc [Czarnecki 2004]

Czas pomiaru w metodzie Ve-Be powinien oscylować w granicach od 5 do 30 s, inaczej badania nie można uznać za miarodajne. Dodatkowym kryterium, jakie narzuca norma, jest maksymalny wymiar ziaren kruszywa, który nie powinien przekroczyć 63 mm.

Do wykonania badania wykorzystano (rys. 4):

- pojemnik o kształcie cylindrycznym, średnicy wewnętrznej około 240 mm i wysokości 200 mm,
- formę w kształcie ściętego stożka o średnicy podstawy dolnej 200 ± 2 mm, średnicy podstawy górnej 100 ± 2 mm i wysokości 300 ± 2 mm,
- krążek o średnicy 230 ± 2 mm i grubości 10 ± 2 mm, wykonany z przezroczystego materiału z zamocowanym prętem przesuwającym się pionowo w tulei prowadzącej z możliwością blokowania za pomocą śruby,
- stolik wibracyjny o częstotliwości drgań 50 ± 5 Hz i średniej amplitudzie 0,5 mm,
- pręt do sztychowania wykonany ze stali, o przekroju okrągłym średnicy 16 ± 1 mm, długości 600 ± 5 mm i zaokrąglonych końcach,
- stoper, umożliwiający pomiar czasu z dokładnością do 0,5 s, oraz szufłę i łopatkę.



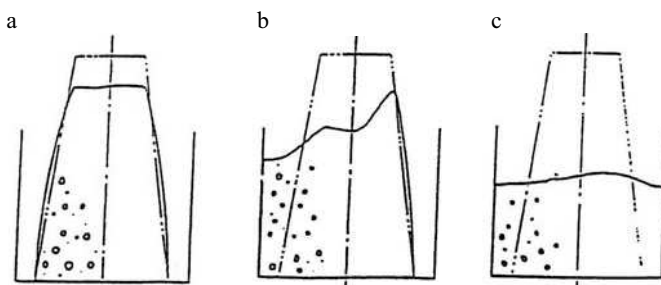
Rys. 4. Aparat Ve-Be do pomiaru konsystencji: a – stożek ścięty wraz ze zsyphem w naczyniu cylindrycznym, b – płyta z przezroczystego materiału oparta na stożku mieszanki betonowej po usunięciu formy stożkowej z blachy, c – forma stożkowa z blachy, d – pręt stalowy, e – naczynie cylindryczne [Mizera i in. 2000]

Fig. 4. The Ve-Be apparatus to the consistency measurement: a – a truncated cone with a pour in a cylindrical vessel, b – a plate made of a transparent material, supported at the concrete mix cone after removing the tin cone form, c – a tin cone form, d – a steel bar, e – a cylindrical vessel [Mizera i in. 2000]

Badanie zaczyna się od przygotowania do pracy przyrządu pomiarowego Ve-Be. Pojemnik o cylindrycznym kształcie umieszcza się na stoliku wibracyjnym i przytwierdza za pomocą dwóch nakrętek motylkowych. Formę w kształcie ściętego stożka należy delikatnie zwilżyć wodą i umieścić w pojemniku. Lej nasypowy umieszcza się nad formą, zapewniając szczelne połączenie.

Formę wypełnia się w trzech warstwach, stanowiących w przybliżeniu jedną trzecią wysokości formy. Każdą z warstw zagęszcza się 25 uderzeniami pręta sztychującego. Następnie należy poluzować śrubę trzymającą lej i przekręcić go na bok (o 90°), umożliwiając w ten sposób wyrównanie powierzchni mieszanki w formie, a następnie zdjęcie formy. Formę zdejmuje się ruchem pionowym do góry w czasie od 5 do 10 s. Zależnie od konsystencji mieszanka betonowa opadnie. Należy zanotować rodzaj opadu (opad właściwy, opad ścięty, opad rozsypany). Rodzaje opadu pokazano na rysunku 5.

Przezroczysty krążek należy przenieść nad górną powierzchnię mieszanki betonowej i opuszczać go aż do momentu zetknięcia z mieszanką. W tym momencie należy zanotować wielkość opadu stożka. Kolejnym etapem doświadczenia jest włączenie stolika wibracyjnego z jednoczesnym uruchomieniem stopera. Przez przezroczysty krążek obserwuje się, w jaki sposób deformuje się mieszanka betonowa. W chwili całkowitego zetknięcia się krążka z zaczynem cementowym należy wyłączyć stoper i zanotować czas. Całe doświadczenie nie powinno trwać więcej niż 5 minut. Miarą konsystencji w tej metodzie jest czas odczytany ze stopera i porównany z danymi tabelarycznymi (tab. 4).



Rys. 5. Rodzaje opadu: a – właściwy, b – ścięty, c – rozsypany [PN-EN 12350-3]

Fig. 5. Types of a fall: a – proper, b – truncated, c – spilled [PN-EN 12350-3]

Tabela 4. Zestawienie wyników badania konsystencji plastycznej K3 i półciekłej K4 mieszanki betonowej metodą stolika rozplywowego i metodą Ve-Be*

Table 4. The results of the examination of the plastic K3 and semiliquid K4 consistencies of a concrete mix with the spilling table and Ve-Be methods*

Numer próbki Number of sample	Stolik rozplywowy – Spilling table			Ve-Be	
	d_1 [mm]	d_2 [mm]	$(d_1 + d_2)/2$ [mm]	opad – a fall [mm]	czas – time [s]
Konsystencja plastyczna – A plastic consistency					
1	433	418	426	6	9,489
2	428	391	410	4	9,489
3	408	373	391	4	11,396
4	434	409	422	6	8,760
5	420	389	405	4	9,641
6	450	400	425	5	9,766
7	468	375	422	4	8,921
8	395	401	398	5	9,858
9	375	440	408	4	9,600
10	355	450	403	5	8,515
11	459	373	416	7	10,569
12	420	415	418	9	10,338
13	360	420	390	3	12,226
Konsystencja półciekła – A semiliquid consistency					
14	445	450	448	48	5,116
15	440	430	435	56	5,238
16	452	435	444	53	3,461
17	467	430	449	64	3,782
18	440	427	434	44	4,873
19	434	420	427	54	5,125
20	462	438	450	68	3,444
21	432	427	430	60	4,228
22	420	425	423	40	6,264
23	446	449	448	48	3,429
24	430	436	433	51	4,018
25	458	438	448	60	2,910

*W metodzie Ve-Be dla wszystkich próbek stwierdzono opad właściwy.

*In the Ve-Be method obtains the proper fall for the all number of sample.

DYSKUSJA WYNIKÓW BADAŃ

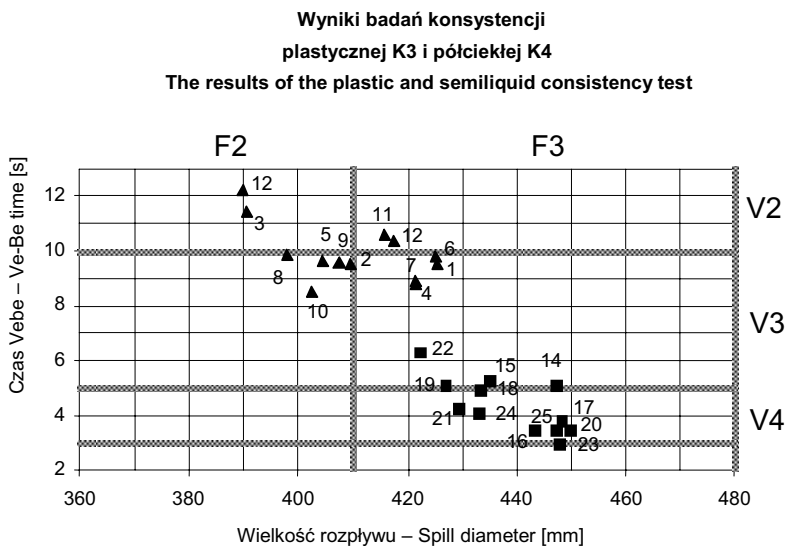
Analiza uzyskanych danych została przedstawiona na rysunku 6 i w tabeli 5.

Dla założonej konsystencji plastycznej K3 uzyskane wyniki w porównaniu z normą PN-EN 206-1 mieszczą się prawie w całości w przedziale konsystencji oznaczonej jako V3. Cztery wyniki badań wchodzą minimalnie w dolny przedział konsystencji V2. Przy konfrontacji wyników według Czarneckiego [2004] można zauważyć, że otrzymane wyniki w całości mieszczą się w przedziale dla konsystencji K3.

Dane uzyskane dla konsystencji półciekłej K4, podobnie jak powyżej, mieszczą się prawie w całości w konsystencji V4, nieznacznie wchodząc w dolny przedział konsystencji gęściejszej, w tym przypadku V3. Porównanie z Czarneckim [2004] wykazuje poprawność wyników.

Zaprezentowane porównanie dla konsystencji plastycznej K3 pokazuje, że uzyskane wyniki na tle normy PN-EN 206-1 znajdują się w obszarze oznaczonym jako F2 z kilkoma wynikami, które można by oznaczyć jako F3, jednak byłby to początek tego przedziału. W porównaniu zaś z danymi według Czarneckiego [2004] uzyskane z badań wielkości rozplwy powinno się zakwalifikować jako K4, a więc jako konsystencję półciekłą.

Dane uzyskane z badań nad mieszanką betonową o konsystencji półciekłej K4 mieszczą się w całości w przedziale oznaczonym jako F3. W porównaniu z wytycznymi według Czarneckiego [2004] klasyfikuje się je w obrębie konsystencji półciekłej K4.



Rys. 6. Wyniki badań na tle przedziałów klas konsystencji zgodnych z PN-EN 206-1
Fig. 6. The results of the examinations compared to the consistency class intervals according to the PN-EN 206-1

Tabela 5. Porównanie wyników badań konsystencji uzyskanych metodami Ve-Be i stolika rozplwowego

Table 5. The comparison of the results of the consistency tests obtained with the Ve-Be and spilling table methods

Konsystencja według PN-B-06250 Consistency according to the PN-88/B-06250	Minimalny i maksymalny wynik uzyskany w badaniu oraz średnia arytmetyczna wszystkich wyników Minimum and maximum result obtained in the test and the arithmetic mean of all results	Porównanie wyników z normą PN-EN 206-1 Comparison with the PN-EN 206-1		Porównanie wyników z tabelą według Czarnieckiego [2004] Comparison with the table according to Czarniecki [2004]	
		konsystencja consistency	czas Ve-be Ve-Be time [s]	konsystencja consistency	czas Ve-be Ve-Be time [s]
Plastyczna K3 Plastic	min: 8,515 max: 12,226 śr: 9,890	V2 V3	20–11 10–6	K3	13–7
Półciekła K4 Semiliquid	min: 2,910 max: 6,264 śr: 4,324	V4	5–3	K4	poniżej 6
		konsystencja consistency	wielkość rozplwyu spill diameter [mm]	konsystencja consistency	wielkość rozplwyu spill diameter [mm]
Plastyczna K3 Plastic	min: 390 max: 426 śr: 410	F2 F3	350–410 420–480	K4	390–450
Półciekła K4 Semiliquid	min: 423 max: 450 śr: 439	F3	420–480	K4	390–450

PODSUMOWANIE

Konsystencja mieszanki betonowej jest bardzo ważną cechą, którą często wykorzystuje się przy określaniu specyfikacji betonu służącego do wykonania konkretnego elementu – czy to betonowego, czy też żelbetowego. Równie ważna jak samo projektowanie konsystencji jest możliwość jej badania. Dodatkowe metody wprowadzone przez normę PN-EN 206-1 dają na tym polu duże możliwości, ale także stwarzają duże problemy z porównaniem wyników, jakie otrzymuje się poszczególnymi metodami. Opierając się na wskaźnikach wodnych dla kruszywa opracowanych dla dawnych oznaczeń konsystencji, trudno jest zaprojektować mieszankę betonową o konkretnym wyniku rozplwyu czy czasu Ve-Be zgodną z obecnymi przedziałami.

W celu głębszego zbadania tematu należałoby wykonać porównania dla innych zestawów metod, a także zbadać mieszanki zaprojektowane dla innych konsystencji i klas wytrzymałości.

WNIOSKI

1. Wyniki badań są zgodne z przedziałami konsystencji plastycznej i półciekłej dla metody Ve-Be zgodnie z normą PN-B88/60250.

2. Stosując w badaniu konsystencji metodę Ve-Be i zaokrąglając, zgodnie z normą, wyniki do 1 s, zdecydowanie konsystencję półciekłą można utożsamiać z przedziałem V4, ponieważ jedynie jedna próbka nie mieści się w tych granicach.

3. Próbki o konsystencji plastycznej zawierają się w górnych granicach przedziału V3 i dolnych granicach przedziału V2 – jest to zakres od 8 do 13 s.

4. W badaniu konsystencji metodą stolika rozpliwowego zdecydowanie konsystencję półciekłą można utożsamiać z przedziałem F3, ponieważ wszystkie próbki mieszczą się w tych granicach.

5. Próbki o konsystencji plastycznej zawierają się w górnych granicach przedziału F2 i dolnych granicach przedziału F3 – jest to zakres od 390 do 430 mm.

6. Nie należy bezpośrednio utożsamiać „starych” oznaczeń K1–K5 z „nowymi” S, V, F, C, odnosząc je wprost do zawartych przedziałów, ponieważ nie są one oczywiste i nie pokrywają się.

PIŚMIENNICTWO

- Czarnecki L., 2004. Beton według normy PN-EN 206-1 – komentarz. Wydawnictwo Polski Cement, Kraków.
- Gantner E., Wrońska Z., Wędrychowski W., Nicewicz S., 2000. Materiały budowlane z technologią betonu. Ćwiczenia laboratoryjne. Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, Warszawa.
- Jamroz Z., 2003. Beton i jego technologie. Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa.
- Małolepszy J., Deja J., Brylicki W., Gawlicki M., 1995. Technologia betonu. Metody badań. Wydawnictwo AGH, Kraków.
- Mizera J. i inni, 2000. Ćwiczenia laboratoryjne z materiałów budowlanych i technologii betonu. Politechnika Opolska, Opole.
- Nevile A. W., 2000. Właściwości betonu. Polski Cement, Kraków.
- Nocuń-Wczelik W. i inni, 2003. Laboratorium materiałów wiążących. Uczelniane Wydawnictwa Naukowo-Dydaktyczne, AGH, Kraków.
- PN-EN 206-1:2003 Beton. Część 1: Wymagania, właściwości, produkcja i zgodność.
- PN-B-06250:1988 Beton zwykły.
- PN-EN 12620:2004 Kruszywa do betonu.
- PN-EN 12350-1:2001 Badania mieszanki betonowej. Część 1: Pobieranie próbek.
- PN-EN 12350-3:2001 Badania mieszanki betonowej. Część 3: Badanie konsystencji metodą Ve-Be.
- PN-EN 12350-5:2001 Badania mieszanki betonowej. Część 5: Badanie konsystencji metodą stolika rozpliwowego.
- PN-EN 933-1:2000 Badania geometryczne właściwości kruszyw. Oznaczanie składu ziarnowego. Metoda przesiewania.
- Stefańczyk B. i inni, 2005. Budownictwo ogólne. Tom I. Materiały i wyroby budowlane. Wydawnictwo Arkady, Warszawa.
- Szymański E., 2002. Materiałoznawstwo budowlane z technologią betonu. Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, Warszawa.
- Tupacz M., 2007. Analiza zależności pomiędzy wybranymi metodami badania konsystencji mieszanki betonowej. Praca magisterska, Warszawa.

THE ANALYSIS OF THE RESULTS OF THE CONCRETE MIX CONSISTENCY EXAMINATION WITH REFERENCE TO THE LIMIT INTERVALS ACCORDING TO PN-EN 206-1 AND PN-88/B-06250

Abstract. The paper presents the comparison of the results of the consistency test with the Ve-Be and spilling table methods with the limit intervals included in PN-EN 206-1 and PN-88/B-06250. The analysis of the results has shown to what consistency classes the concrete mixes made according water ratios assigned to the word designations of a dump, thick-plastic, plastic, semiliquid and liquid consistency can be counted. In the research, there was used the Ve-Be method according to the PN-88/B-06250 as well as the spilling table method, introduced along with PN-EN 206-1.

Key words: concrete; concrete mix; consistency; the Ve-Be method; the propagation table method

Zaakceptowano do druku – Accepted for print: 4.12.2007