

Włodzimierz ZARĘBSKI

Wojciech ADAMCZYK

POLITECHNIKA LUBELSKA

METODA POMIARU URABIALNOŚCI BETONU Z JEDNOCZESNYM FORMOWANIEM CIAŁ PRÓBNYCH

Streszczenie. W pracy przedstawiono pomiar urabialności wraz ze stanowiskiem badawczym-przyrządem, nazwany metodą przepływu. Przyrząd umożliwia jednoczesne formowanie lewej i prawej próbki 15 x 15 x 15 cm, których cechy są zróżnicowane zależnie od urabialności. Metoda przepływu wprowadza pojęcie miernika urabialności, będącego funkcją czasu przepływu mieszanki betonowej oraz różnic cech próbek prawej i lewej.

1. METODY BADANIA URABIALNOŚCI

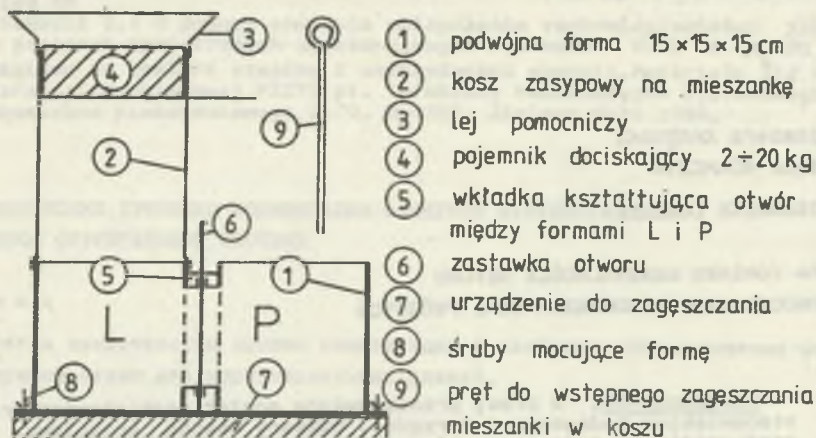
1.1. Stan istniejący

Literatura nie podaje kompleksowej metody pomiaru urabialności, aczkolwiek traktuje się ją jako podstawową cechę mieszanki betonowej. Dla przeciętnych betonów ocena urabialności sprowadza się do analizy składu i porównania z zaleceniami wzorcowymi. Bierze się tu pod uwagę uziarnienia kruszywa, zawartość cementu, frakcji pylistych, zaprawy itp. Ponadto prowadzi się obserwację mieszanki w trakcie jej przygotowania, transportu i formowania elementów z ewentualnym pomiarem porowatości po zagęszczeniu.

Istnieje natomiast wiele metod pomiaru konsystencji, mylnie utożsamianych z urabialnością [4]. Metody te polegają bądź na swobodnym zanurzeniu w mieszance betonowej ciał próbnych o różnych kształtach (stożki, walce, kule i in.) i określaniu konsystencji na podstawie wielkości zagłębienia [1], bądź na badaniu odkształcenia mieszanki na skutek sił ciężenia, jak np. metoda rynnowa i stożka opadowego [1], [3] lub dodatkowo przyłożonych oddziaływań: wibracji i nacisku - metoda Ve-Bø [3], ścinania - reometr [5], wstrząsania - metoda rozpięty [1].

1.2. Metoda przepływu

W celu przeprowadzenia badań pozwalających określać urabialność mieszanki betonowej zostało zaprojektowane oryginalne stanowisko badawcze - przyrząd przedstawiony na rys. 1.



Rys. 1. Schemat stanowiska do badania urabialności betonu metodą przepływu mieszanki betonowej

Metoda ta nadaje się do badania urabialności betonu zagęszczonego przez wibrowanie, utrząsanie, wibroprasowanie, uciskanie itp. W przypadku badania mieszanek przewidzianych do wibrowania podwójna forma (1) mocowana jest do wibratora (7).

Badanie metodą przepływu przeprowadza się w ten sposób, że do formy lewej (L) wstawia się kosz zasypowy (2) wraz z lejem wyspowym (3) oraz umieszcza się pomiędzy formę lewą (L) i prawą (P) wkładkę (5) wraz z zastawką otworu (6). Mieszankę betonową nakłada się trzema warstwami, zagęszczając każdą 25-krotnym sztychowaniem pręta (9). Kosz napełnia się do poziomu 8 dm^3 , wyrównuje powierzchnię i wkłada się ciężar dociskowy (4). Następnie wyjmuje się zastawkę (6) i uruchamia wibrator oraz sekundomierz. Mierzy się czas do momentu aż forma P zostanie wypełniona przez mieszankę płynącą pod wpływem wibracji i nacieku z kosza poprzez formę L i otwór przelotowy, po czym wyłączamy wibrator. Wyjmujemy kosz wraz z lejem, usuwamy nadmiar betonu i wygładzamy powierzchnię próbek.

Zarejestrowany czas wibrowania przy stosowanym naciśku i wielkości otworu przelotowego jest miarą konsystencji mieszanki betonowej oraz ważnym parametrem urabialności, natomiast różnice cech próbek L i P stanowią mierniki urabialności. Różnice te dotyczą, np.: porowatości i gęstości mieszanki po zagęszczeniu lub betonu przed badaniem, wytrzymałości na ściskanie próbek L i P. Wykorzystano tu zjawisko, że próbki L i P formują się w odmiennych warunkach. Próbkę L jest wypełniana przez mieszankę płynącą bezpośrednio z kosza pod wpływem wibracji i nacieku mieszanki z obciążeniem, zaś próbkę P formuje mieszanka przepływająca przez otwór między obydwojma formami.

W przypadku betonów urabialnych mieszanka betonowa wypełnia szczególnie formę P, nie ulegając przy tym segregacji. Otrzymujemy relatywnie krótkie czasy zagęszczania i dopuszczalne różnice cech próbek L i P. Betony o niedostatecznej urabialności mogą z nadmiernym trudem przepływać z formy L do formy P. Zachodzą przy tym możliwe do zaobserwowania zjawiska segregacji składników, przemieszania, nierównomiernego przepływu mieszanki między formami itp., powodując zróżnicowanie próbek pod względem składu i szczelności.

Metoda ta jest o tyle dogodna, że pozwala poprzez zmiany wielkości otworu przepływowego jak i ciężaru dociskowego na takie modelowanie czasu wibrowania, aby mieścił się on w granicach zalecanych w robotach betonowych. Wykrycie zaś w wyniku rozszerzonych badań zależności funkcji czasu wibrowania od wielkości nacisku i powierzchni otworu przepływowego dla różnych mieszanek, pozwoli na wprowadzenie pojęcia wskaźnika urabialności:

$$U_r = f\left(t, \frac{\Delta R}{R} \Delta p, \Delta X\right), \quad (1)$$

gdzie:

U_r - wskaźnik urabialności betonu,

t - czas formowania,

$\frac{\Delta R}{R}$ - stosunek różnicy wytrzymałości na ściskanie próbek L i P do średniej wytrzymałości na ściskanie próbek L i P,

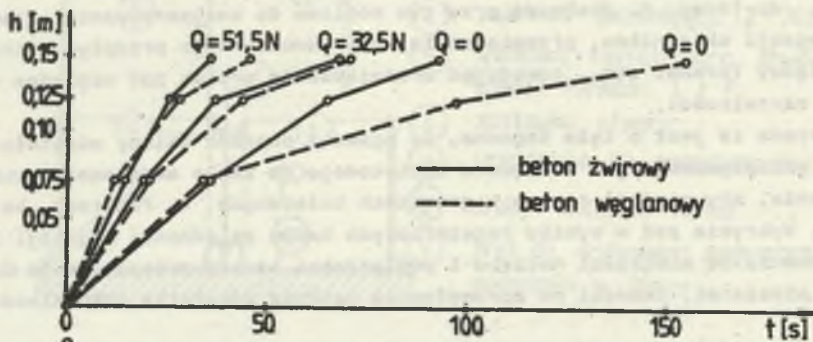
ΔX - różnica cechy próbek L i P istotnej dla przyszłej funkcji betonu w konstrukcji np. różnica porowatości Δp .

Przedstawione badanie urabialności proponuje się nazwać metodą przepływu.

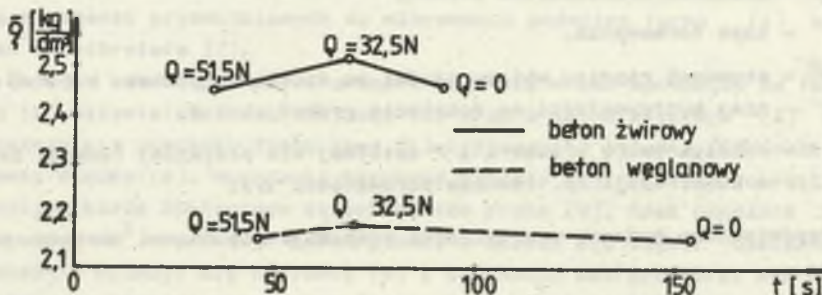
2. BADANIA LABORATORYJNE

W celu sprawdzenia przydatności metody przepływu zaprojektowano i wykonano dwa rodzaje mieszanek betonowych: 1) beton z kruszywem zwirowego o ciągłej krzywej uziarnienia, 2) beton z kruszywem łamanego z wapieni wysokoporowatych ze złoża Borzechów k. Lublina o składzie 40% ϕ 2-8 i 60% ϕ 8-16 mm. Przyjęto dla obydwu betonów $500 \text{ dm}^3/\text{m}^3$ jednakowej zaprawy o $\frac{C}{W} = 1,89$, wykonano beton zwirowy o konsystencji 13 e i węglanowy o konsystencji 10 e aparacie Ve-Be. Wykonano 6 serii badań po 6 pomiarów, stosując następujące naciski na mieszankę betonową: 1 - bez obciążnika dociskowego, 2 - obciążnik o masie 3,25 kg, 3 - obciążnik 5,15 kg. Otwór między formami miał stały wymiar 10 x 10 cm. Dla każdego formowania określano: czas napełniania formy P, średnią gęstość pozorną mieszanki betonowej próbek L i P, gęstość pozorną po rozformowaniu próbek L i P, gęstość po-

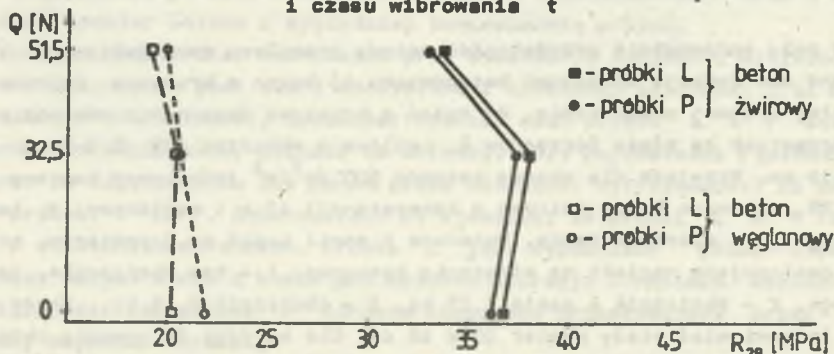
zorną betonu w próbkach L i P, wytrzymałość na ściskanie próbek L i P po 28 dniach. Uzyskane wyniki przedstawiono na wykresach na rys. 2,3,4. Każdy punkt na wykresie reprezentuje średnią z 6 pomiarów.



Rys. 2. Stopień wypełnienia prawej (P) formy w czasie



Rys. 3. Zależność średniej gęstości mieszanki betonowej $\bar{\rho}$ od nacisku Q i czasu wibrowania t



Rys. 4. Wytrzymałość na ściskanie próbek L i P w zależności od warunków formowania

3. ANALIZA WYNIKÓW BADAŃ

Zaobserwowano następujące zjawiska:

- krótsza czasu formowania próbek z bątonu zwirowego niź próbek z betonu węglanowego przy równych naciskach (rys. 2),
- mniejsze zróżnicowanie cech próbek L i P dla betonu zwirowego niź betonu węglanowego (rys. 4),
- beton zwirowy miał wyższą wytrzymałość próbki L niź P, zaś beton węglanowy wyższą wytrzymałość próbki P niź L,
- istnieje maksymalna średnia gęstość mieszanki w próbce L i próbce P po zawibrowaniu przy charakterystycznym nacisku i związanym w nim formowaniu (rys. 3).

Różnice w urabialności zaznaczają się wyraźniej w czasie dopełniania formy P (odcinek 0,125-0,150 m na rys. 2), tzn. kiedy następuje względnie spokojny dopływ mieszanki betonowej, jak to ma miejsce również w końcowych fazach betonowania elementów konstrukcji. Na rys. 2, 3 i 4 można zauważyć korzystny wpływ obciążenia $Q = 32,5 \text{ N}$, gdyż widzimy tam najmniejsze różnice czasu wibrowania i wytrzymałości próbek L i P oraz największe szczelności betonów.

4. WNIOSKI

4.1. Badania informacyjne wskazują, że metoda przepływu umożliwia ocenę urabialności betonu na podstawie czasu formowania oraz różnic w pomiarze własności fizycznych i mechanicznych próbek lewej L i prawej P. Ponadto metoda ta pozwala na symulowanie najczęściej występujących rzeczywistych warunków zagęszczania betonu, jak: rozplýwanie się mieszanki betonowej swobodne i wymuszone, przepływ między zbrojeniem, częściowe podplýwania w miejscach trudniej dostępnych przy różnych sposobach zagęszczania.

4.2. Trudności pomiarowe dorównują i tak potrzebnym wysiłkom przy pobieraniu próbek bątonu.

4.3. Wytrzymałość gwarantowaną betonu należałoby określać na zbiorze próbek L i P, gdyż przy gorszej urabialności uzyskamy większe odchylenia średnie wytrzymałości, co będzie bliższe stanowi rzeczywistości w konstrukcji.

4.4. Gdy wytrzymałość makrokruszywa jest większa od zaprawy obserwujemy nieco większe wytrzymałości próbek L niź P, przy czym różnice te są dość stałe i niezależne od czasu zagęszczania. Gdy zaś łamane makrokruszywo jest mniej wytrzymałe od zaprawy, a beton mało urabialny obserwujemy mniejszą wytrzymałość próbek L niź P, gdyż do próbki P przepływa więcej zaprawy.

6. UWAGI KOŃCOWE

6.1. Metoda przepływu powinna ułatwić projektowanie urabialnych betonów z kruszyw o nieciągłym uziarnieniu.

6.2. Po uzyskaniu zbioru statystycznego wyników możliwe będzie określenie wytycznych do oceny urabialności według miernika urabialności U_r . Prace w tym kierunku są prowadzone w Zakładzie Technologii Budownictwa Wydziału Inżynierii Budowlanej i Sanitarnej Politechniki Lubelskiej.

LITERATURA

- [1] Bukowski B.: Technologia betonów i zapraw. Instytut Badaczy Budownictwa, Warszawa 1947.
- [2] Bukowski B.: Technologia betonu. Arkady, Warszawa 1972.
- [3] Kopyciński B., Florek A., Jamroz Z.: Beton zwykły. Arkady, Warszawa 1978.
- [4] Neville A.M.: Właściwości betonu. Arkady, Warszawa 1977.
- [5] Szwabowski J.: O reologii masy betonowej. Archiwum Inżynierii Lądowej, Tom Z. 4/1975.

МЕТОД ИССЛЕДОВАНИЯ УДОБООБРАБАТЫВАЕМОСТИ БЕТОНА С ОДНОВРЕМЕННЫМ ФОРМИРОВАНИЕМ ПРОБОК

Р е з ю м е

В работе представлен метод исследования удобообработываемости бетона вместе с использованной аппаратурой. Авторы назвали её методом протока. Аппаратура разрешает одновременно формировать левую и правую пробку 15×15×15 см, чьи свойства зависят от удобообработываемости. Метод протока вводит параметр удобообработываемости, который зависит от: времени протока, особенности пробок левых и правых, а также их различий.

A METHOD OF MEASUREMENT OF CONCRETE WORKABILITY WITH FORMING SAMPLES AT THE SAME TIME

S u m m a r y

In this paper a description of a method of measurement of concrete workability with instruments, called a flowing method. Instruments make possible forming left and right samples 15 x 15 x 15 cm at the same time. The features of the samples are different depending on workability. The flowing method introduces a parameter of concrete workability that is a function of flowing time and differences of the features features of and right samples.