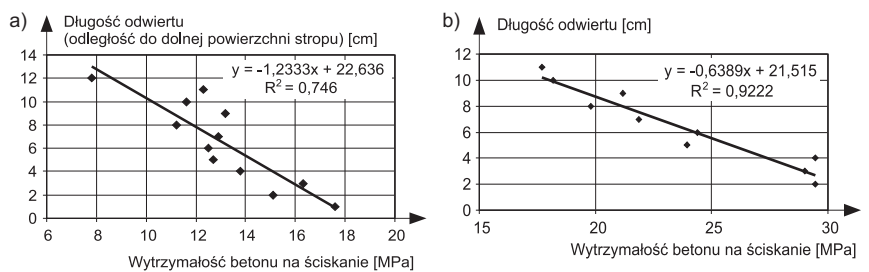


# Czynniki pozasprzętowe wpływające na dokładność oceny wytrzymałości betonu w konstrukcjach

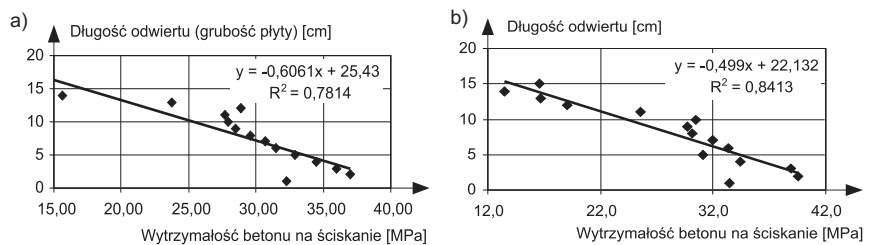
## *Non-equipment factors having an effect on accuracy of determination of concrete strength in structures*

Z dotychczasowych badań betonów zwykłych, z których zaformowane zostały w pozycji poziomej (na płask) płyty, belki lub ściany (zewnętrzne ściany warstwowe) wynika, że charakteryzują się one dużą niejednorodnością [1, 2, 3]. Problem ten jest zauważony tylko w jednej normie [7], dotyczącej badania betonu w konstrukcji. W załączniku informacyjnym C do tej normy zapisano *Wraz z wysokością przekroju betonowego wytrzymałość betonu w konstrukcji maleje w kierunku góry przekroju*. Różnica wytrzymałości między strefą górną i dolną w tej normie jest niedoszacowana (podano, że może wynosić do 25%). Sugeruje się również, że obniżona wytrzymałość dotyczy strefy górnej grubości 300 mm lub 20% grubości przekroju. Nie dostrzega się tego problemu w żadnej z norm na badania konstrukcji *in situ* nieniszczące: sklerometryczne, ultradźwiękowe [8, 9], seminiszczące [10] czy też badania wytrzymałości betonu na podstawie odwiertów rdzeniowych [11].

Z badań własnych [4] przytoczono na rysunkach 1 i 2 kilka przykładów rozkładu wytrzymałości betonu w elementach płytowych grubości 15–20 cm. Wszystkie badane płyty miały małą grubość 14–18 cm. Zróżnicowanie wytrzymałości betonu na grubości przebadanych płyt jest podobne. Stosunek wytrzymałości betonu w warstwie górnej  $f_{cg}$  (powierzchniowej) do wytrzymałości w strefie dolnej  $f_{cd}$  (dennej) wynosi 0,41 ÷ 0,42. W jednym tylko przypadku ten stosunek jest większy  $f_{cg}/f_{cd} = 0,56$ . Może to być jednak spowodowane nieco większym oddaleniem płaszczyzny pomiarowej od powierzchni górnej i dolnej. Wyno-



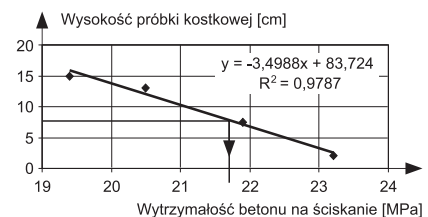
Rys. 1. Przeciętne zmiany wytrzymałości betonu na grubości monolitycznych płyt stropowych (wylewanych). Strop Filigran w trakcie dojrzewania, wstrzymany niską temperaturą w okresie zimowym: a – wykres wytrzymałości betonu na grubości monolitycznej części stropu Filigran; b – rozkład wytrzymałości betonu na grubości płyty stropowej z 1938 r.



Rys. 2. Zmiana wytrzymałości betonu na grubości płyty dennej zbiornika wylanej na gruncie oraz na grubości płyty parkingowej: a – wykres wytrzymałości betonu na grubości płyty dennej z 1998 r.; b – rozkład wytrzymałości betonu na grubości płyty parkingowej z 1975 r.

siła ona 2,0 cm, podczas gdy w pozostałych trzech przypadkach i w następnych przyjmowano odległość 1,0 cm. Z przedstawionych badań wynika, że górne warstwy elementów betonowych formowanych w pozycji poziomej są o 50 ÷ 60% słabsze od warstw dolnych.

Próbki do badań wytrzymałości betonu są formowane podobnie jak płyty. Badając wytrzymałość betonu na ściskanie wzdłuż wysokości próbki, również rejestruje się inną wytrzymałość na górze i na dole [4]. Przykład rozkładu wytrzymałości betonu na wysokości próbki kostkowej pokazano na rysunku 3. Wytrzymałość określona w maszynie wytrzymałościowej odpowiadała wytrzymałości betonu określonej ultradźwiękami, w połowie jej wysokości [5].



Rys. 3. Wykres wytrzymałości betonu na ściskanie na różnych poziomach próbki kostkowej. Wytrzymałość zniszczeniowa próbki wynosiła 21,7 MPa, co odpowiada wytrzymałości z badań nieniszczących wyznaczonej w połowie wysokości próbki

### Wskazówki dotyczące prowadzenia badań jakości betonu w konstrukcjach

Jeżeli odrzuci się założenie o jednorodności betonu, które milcząco przyjęto we wszystkich metodach jego badania, to jest to duży postęp, gdyż można zrezygno-

\* Politechnika Wroclawska

wać z uśredniania wszystkich otrzymanych wyników badań, można interpretować je zgodnie z specyfiką badanego wyrobu, w tym wypadku z uwzględnieniem zmian wytrzymałości na grubości elementu. Uwzględniając to, w procedurze badania jakości betonu należy przede wszystkim ustalić, w jakiej pozycji był zaformowany element, który jest badany. Jeżeli obie jego strony są dostępne do badań, to zamierzając uśrednić wyniki, należy przyjąć zasadę, że liczba pomiarów na jednej i drugiej powierzchni jest taka sama. Średnia wartość z wszystkich tak uzyskanych pomiarów pozwala określić wytrzymałość betonu w połowie grubości płyty. Odpowiada ona także projektowanej wytrzymałości betonu (klasie betonu).

Jeżeli badanym elementem jest belka żelbetowa dostępna z obu stron, to należy najpierw sprecyzować, o którą wytrzymałość betonu na ściskanie chodzi:

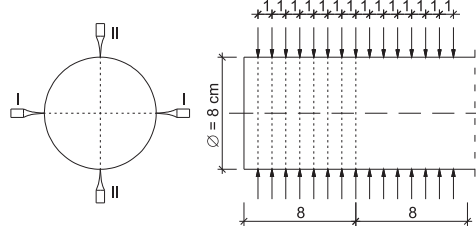
- czy ma to być sprawdzenie klasy betonu;
- czy poszukiwana jest wytrzymałość betonu w strefie ścisanej (zazwyczaj górnej);
- czy poszukiwana jest wytrzymałość betonu w strefie rozciąganej (zazwyczaj dolnej).

Gdy chodzi o klasę betonu, to badania należy wykonywać najlepiej w połowie wysokości przekroju. Gdy interesuje nas górna lub dolna strefa, to należy badać beton w tej strefie. Niestety dość często nie ma dostępu do strefy górnej, która może być zasłonięta płytą (układy płytowo-żebrowe) lub podłogą (posadzką) w obiektach użytkowanych albo warstwą zewnętrzną w płytach warstwowych. W stropach Filigran, w posadzkach przemysłowych i innych, płytach drogowych praktycznie nie ma dostępu do strefy dolnej (dennej).

W przypadkach jednostronnego dostępu do elementu zaformowanego w pozycji poziomej możliwe jest:

- badanie elementów w dostępnej strefie i przewidywanie wytrzymałości w strefie przeciwległej lub w strefie środkowej;
- pobranie odwiertu rdzeniowego z płyty lub belki w kierunku zgodnym z kierunkiem betonowania i wykonanie badań metodą ultradźwiękową za pomocą głowic punktowych (rysunek 4).

Metoda ultradźwiękowa pozwala z dużą dokładnością określić rozkład wytrzymałości w warstwach na dowolnej głębokości [4]. Mając określoną wytrzymałość na powierzchni górnej  $f_{cg}$ , to wytrzymałość na powierzchni dolnej  $f_{cd} = f_{cg}/0,4$ , odwrotnie – mając  $f_{cd}$  można oszacować  $f_{cg} = 0,4f_{cd}$ .



Rys. 4. Zalecany sposób badania wytrzymałości betonu na ściskanie wzdłuż odwiertu

Częściej do badań na obiekcie wybierana jest metoda sklerometryczna. Wykonane badania na kostkach próbnych z betonu gęstoplastycznego do produkcji prefabrykatów [5] wskazują inny stosunek  $f_{cg}/f_{cd}$ , ok. 0,74. Jest to częściowo związane z tym, że próbki były wykonane z betonu z małą ilością wody, a częściowo, że przy uderzeniach młotkiem Schmidta w powierzchnię betonu na wynik ma wpływ warstwa o większej grubości niż w metodzie ultradźwiękowej. Szacuje się, że na wartość odbicia ma wpływ warstwa grubości  $3 \div 5$  cm [6] i tą metodą określamy odbicie na powierzchni, ale dla warstwy kilkucentymetrowej, stąd otrzymuje się oszacowane zaniżenie wytrzymałości w górnej warstwie w stosunku do warstwy dolnej na poziomie 25%, podobnie jak podaje norma [7]. Przykładowo beton, który miałby wytrzymałość określoną opisaną metodą  $f_{cd} = 25$  MPa, to w górnej warstwie będzie miał  $f_{cg} = 25 - 25 \times 0,25 = 18,75$  MPa, czyli  $f_{cg}/f_{cd} = 18,75/25 = 0,75$ . Według badań własnych [5] przeprowadzonych na serii 50 próbek wycinanych z prefabrykatów dla metody sklerometrycznej (młotek Schmidta typu N)  $f_{cg}/f_{cd} = 0,74$ , a więc wyniki są zbliżone. Dla płyt monolitycznych wykonywanych zwykle z betonu plastycznego, oszacowano, że stosunek  $f_{cg}/f_{cd}$  wynosi  $0,5 \div 0,6$ , pomiędzy przedziałem z metody ultradźwiękowej dla warstw najbardziej skrajnych a tym stosunkiem z metody sklerometrycznej dla betonów trudnozagęszczalnych.

## Podsumowanie

Chcąc możliwie jak najdokładniej ocenić wytrzymałość betonu w konstrukcji, nie wystarczy nie popełnić błędów przy posługiwaniu się daną metodą (ultradźwiękową, sklerometryczną, pull out), czyli postępować zgodnie z normami na te badania. Nie mniej ważną informacją pozasprzętową jest rozpoznanie, jak konstrukcja była formowana, czy bada-

na jest powierzchnia górna czy dolna, czy beton jest zwykły czy specjalny i jak dużej zmienności na grubości płyty można się spodziewać. W specjalny sposób należy badać beton w konstrukcji, gdy poszukiwana jest klasa produkowanego betonu. Można ją określić jako średnią  $f_c = (f_{cg} + f_{cd})/2$  lub pobierać próbki z środkowej części płyty. Jest oczywiste, że próbki wycinane z różnych części odwiertu mają różną wytrzymałość.

## Abstract

Concrete strength in the structure is not uniform in the entire section, especially if it concerns layers in the form of ceiling slabs, concrete floors. Due to availability of structures for testing, heterogeneity of concrete resulting not from random causes but from the method of forming or compacting cannot be ignored in tests. Ceilings are usually accessible from the bottom and floors from the top, sandwich walls produced in vertical position are easily accessible only from one side etc. The article presents examples of differentiated concrete strength determined experimentally in various zones of ceiling slabs, floors made of ordinary concrete. It includes also the principles of procedures in order to avoid big mistakes in determination of concrete strength, as well as a special method of testing structures when an answer to the question about class of the produced concrete is sought.

## Literatura

- [1] Greig N.: Concrete Core Strength Testing. Concrete Society Digest No 9, 1988.
- [2] Stawiski B.: Problem jednorodności betonów i zapraw na grubości monolitycznej poziomej warstwy. Prac. Nauk. Inst. Budown. Polit. Wrocl. Nr 69. Konf. 22, 1997.
- [3] Brunarski L.: Ocena wytrzymałości betonu w konstrukcji. IV Konf. Nauk.-Techn. „Warsztat pracy rzeczoznawcy budowlanego”, Kielce 1998.
- [4] Stawiski B.: Ultradźwiękowe badania betonów i zapraw głowicami punktowymi. Oficyna Wydawnicza Politechniki Wrocławskiej. Wrocław 2009.
- [5] Stawiski B.: Ocena wytrzymałości betonu w płytach monolitycznych. XII Konf. Nauk.-Techn. „Warsztat pracy rzeczoznawcy budowlanego”, Kielce 2012.
- [6] Runkiewicz L.: Badania konstrukcji żelbetowych. Biuro Gamma, Warszawa 2002.
- [7] PN-EN 13791:2008 Ocena wytrzymałości betonu na ściskanie w konstrukcjach i prefabrykowanych wyrobach betonowych.
- [8] PN-EN 12504-2 Badania betonu w konstrukcjach. Oznaczenie liczby odbicia.
- [9] PN-EN 12504-4 Badania betonu. Oznaczenie prędkości fali ultradźwiękowej.
- [10] PN-EN 12504-3 Badania betonu w konstrukcjach. Określenie siły wyrwującej w metodzie pull out.
- [11] PN-EN 12504-1 Badania betonu w konstrukcjach. Odwierty rdzeniowe.