

dr hab. inż. Bohdan Stawiski, prof. nadzw. PWr<sup>1)</sup>

# Wpływ ulewnego deszczu na wytrzymałość betonu w płytach stropowych formowanych podczas opadów

*The impact of intensive rainfall on the strength of concrete ceiling slabs formed during precipitation*

DOI: 10.15199/33.2015.09.52

**Streszczenie.** W artykule zwrócono uwagę na bardzo wąski zakres informacji uzyskiwanych na drodze badań niszczących. Badanej próbie wykonanej w laboratorium lub wyciętej z konstrukcji jest przyporządkowana tylko jedna liczba, odpowiadająca wytrzymałości na ściskanie w połowie jej wysokości. Metoda ultradźwiękowa, przy użyciu głowic punktowych pozwala określić interesujące nas parametry, jeżeli tylko są one zależne od prędkości ultradźwięków w dowolnych miejscach próbki lub konstrukcji, także blisko powierzchni, która czasem podlega niekorzystnym wpływom atmosferycznym (deszcz podczas betonowania, wysychanie w warunkach dużego nasłonecznienia, silnego wiatru itp.). W artykule podano, o ile obniżyła się wytrzymałość betonu na skutek intensywnego opadu deszczu w trakcie zalewania betonem stropu. Odpowiedź na to pytanie uzyskano dzięki zastosowaniu metody ultradźwiękowej. Metodą niszczącą nie można było tego zbadać.

**Słowa kluczowe:** beton, betonowanie w deszczu, wytrzymałość, ultradźwięki.

**Abstract.** In the article, attention is drawn to the very narrow range of information obtained by means of destructive tests. Only one number is assigned to the tested sample made in the laboratory or cut out of a structure and it is equivalent to compressive strength in the middle of its height. The ultrasound method, using spot heads, allows us to determine any parameters which are interesting to us only if they are dependent on ultrasound velocity, in any places of the sample or structure, also close to the surface which is sometimes exposed to very unfavourable weather conditions (rain during concreting, drying in the conditions of high insolation, strong wind etc.). The article indicates by how much compressive strength of concrete was reduced as a result of intensive rainfall at the time when concrete was poured on the ceiling. An answer to this question was obtained by using the ultrasound method. It was impossible to determine it using the destructive method.

**Keywords:** concrete, concrete in the rain, strength, ultrasound.

Od wyprodukowania mieszanki betonowej do jej wbudowania jest dość długa droga (transport, układanie, zagęszczanie). Podczas transportu na budowę może wydłużyć się czas przejazdu, postój na rozładowanie, zmienić się temperatura. Takie i podobne nieprzewidziane sytuacje czasem doprowadzają do tego, że początek wiązania zacznie się przed zaformowaniem elementu. Aby „poprawić” konsystencję gęstniejącej mieszanki, dolewana jest woda do masy betonowej. W efekcie zwiększony zostaje stosunek w/c (woda/cement), a przez to następuje obniżenie wytrzymałości betonu. Praktyki takie są niedopuszczalne, ale się zdarzają [1]. Inne nieprzewidziane zjawisko o podobnym charakterze to ulewny deszcz, który pojawia się czasem w trakcie formowania płyt stropowych, tarasowych, biegów schodowych, dróg, parkingów itp. W tym przypadku prawdopodobnie także zwiększa się stosunek wodno-cementowy. Podobny efekt obniżenia wytrzymałości występuje podczas gwałtownego wysychania betonu [2].

Kompozyty, z których wykonano konstrukcje, powinny być kontrolowane w obiektach, ale nie przewidują tego obowiązujące procedury. Do kontroli dochodzi tylko wtedy, gdy dostrzeżone zostaną niepokojące oznaki – rysy, pęknięcia, pylenie, kruszenie się [3].

Badanie wytrzymałości kompozytu w uszkodzonych elementach jest możliwe metodą niszczącą lub metodami nieniszczącymi, najczęściej sklerometryczną, rzadziej ultradźwiękową [4], chociaż to ona pozwala rozpoznać rozkład wytrzymałości w badanych elementach z największą dokładnością [5].

## Betonowanie stropów monolitycznych podczas intensywnego deszczu

Podczas wylewania stropów monolitycznych budynku nastąpiło gwałtowne załamanie pogody. Pojawił się niespodziewany, bardzo intensywny opad deszczu. Taras był już zaformowany i przykryty folią. Część stropów na budynku była świeżo zaformowana, ale beton był jeszcze plastyczny, a ostatnie stropy zalewano podczas ulewnego deszczu. Strugi wody spływały na zagęszczoną już wibracyjnie mieszankę betonową, a także na wylewaną i zagęszczaną w trakcie opadów masę betonową. Procesu nie można było natychmiast zatrzymać,

gdyż na deskowaniu leżała niezagęszczona znaczna ilość masy betonowej. Nadmiar wody spływał po świeżej masie betonowej, a tam, gdzie wibrowano mieszankę, prawdopodobnie woda została wchłonięta przez zagęszczany beton. Po stwardnieniu betonu jego powierzchnia była chropowata (kamyczkowa) i wymyta została zaprawa cementowa (fotografia 1).

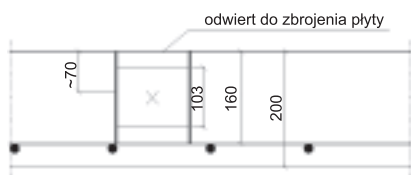


Fot. 1. Wymyta z zaprawy powierzchnia stwardniałego betonu

## Badania wytrzymałości betonu w stropach

Do badania betonu zalanego wodą podczas formowania zastosowano dwie metody: niszczącą i ultradźwiękową. Pobrano ze stropów trzy odwierty średnicy 103 mm i długości ok. 160 mm. Przebadano je ultradźwiękami, a następnie odcięto z nich końce tak, aby wysokość i średnica były równe  $h = \varnothing = 103$  mm (rysunek 1)

<sup>1)</sup> Politechnika Wrocławska, Wydział Budownictwa Lądowego i Wodnego; e-mail: bohdan.stawiski@pwr.edu.pl



Rys. 1. Położenie wyciętej próbki  $\varnothing = h = 103$  mm. Środek próbki znajduje się w odległości około 70 mm od powierzchni wypłukanej przez wodę

Wycięte próbki walcowe zostały zakapslowane i zniszczone w maszynie wytrzymałościowej. Średnią wytrzymałość na ściskanie określono wg wzoru:

$$f_{css} = \frac{\sum P_i}{A_i} = 28,1 \text{ MPa} \quad (1)$$

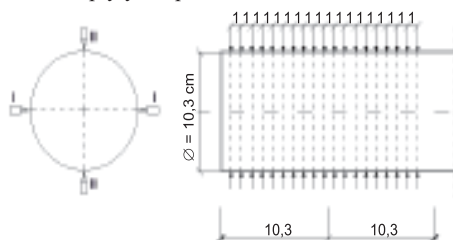
Odpowiada ona wytrzymałości betonu w połowie wysokości [5], czyli w odległości ok. 70 mm od powierzchni górnej wypłukanej przez wodę (rysunek 1). Wynik jest zadowalający, gdyż odpowiada klasie zakupionego betonu C20/25. Z badań niszczących wynika więc, że ulewny deszcz nie obniżył projektowanej klasy. Czyżby woda zupełnie nie wniknęła do plastycznej wibrowanej masy betonowej? Wydaje się to mało prawdopodobne. Może woda nie wniknęła do głębokości 7 cm, ale jaki jest stan strefy najbardziej ściskanej, nadal nie wiadomo. Aby naświetlić nieco ten problem, wykonano badania ultradźwiękowe: na odwiertach metodą przepuszczania i na odkrytych bocznych powierzchniach płyt stropowych (rysunek 2, fotografia 2).

Zależność pomiędzy prędkością ultradźwięków ustalono metodą doboru hipotetycznej krzywej skalowania:

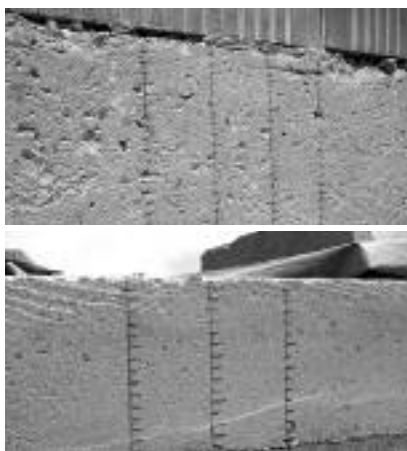
- w przypadku metody przepuszczania  $f_c = 4,8 \exp 0,854 * C_t \quad (2)$

- w przypadku metody powierzchniowej  $f_c = 0,04125 \exp 4,6639 * C_p \quad (3)$

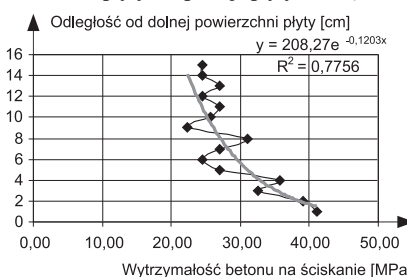
Na rysunku 3 pokazano rozkład wytrzymałości na grubośći płyty tarasu, który był pokryty folią i opad deszczu nie miał wpływu na beton, na rysunku 4 zmianę wytrzymałości betonu w płycie stropowej najdłuższej narażonej na opady deszczu, gdyż zaformowanej najpóźniej, a na rysunku 5 zmianę wytrzymałości na grubośći płyty na podstawie badania odwiertu



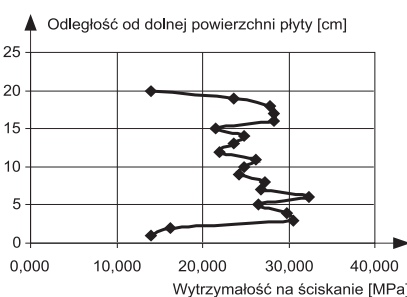
Rys. 2. Badanie betonu w stropie za pomocą ultradźwięków metodą przepuszczania



Fot. 2. Sposób badania betonu w stropach ultradźwiękami metodą powierzchniową (powierzchnia boczna płyty stropowej i płyty tarasu)



Rys. 3. Wykres zmian wytrzymałości betonu na ściskanie na grubośći płyty tarasu

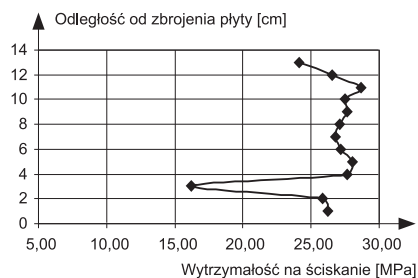


Rys. 4. Wykres zmiany wytrzymałości betonu w płycie stropowej, na całej grubośći 20 cm, najpóźniej zaformowanej, w miejscu najmocniej zmywanym przez wodę opadową (skrajna część stropu)

metodą przepuszczania, w elemencie wyciętym z miejsca zagęszczonego podczas intensywnego opadu deszczu.

### Analiza wyników badań

Rozkład wytrzymałości betonu w płycie tarasu, nienarażonej na opady deszczu, jest zgodny z wcześniejszymi badaniami [5]. Strefa górna ma niższą wytrzymałość niż strefa dolna. Stosunek  $f_{cg}/f_{cd} * 100 = 62,5\%$ . Wytrzymałość średnia w połowie grubośći płyty wynosi ok. 27 MPa. Beton najbardziej obciążony opadami deszczu (rysunek 4), w strefie wieńca, ma na górnej powierzchni wytrzymałość najniższą 12 MPa (1 cm poniżej płaszczyzny górnej) oraz 22 MPa (2 cm od



Rys. 5. Wykres zmiany wytrzymałości  $f_c$  na długości odwiertu, czyli na grubośći płyty stropowej w miejscu odwiertu, powyżej zbrojenia. Beton w tym miejscu był zagęszczany (wibrowany) podczas ulewnego deszczu

wierzchu płyty). Wpływ osłabienia betonu jest zauważalny do głębokości 4 – 5 cm od powierzchni wierzchniej. W połowie grubośći płyty średnia wytrzymałość wynosi ok. 25 MPa (o ok. 2 MPa mniej niż w płycie tarasu). Osłabienie betonu od dołu o grubośći 2 cm należy wiązać z tym, że płyta opiera się na pustakach Porotherm, które odciągnęły pewną ilość wody. Z badania odwiertu (rysunek 5) wynikają następujące spostrzeżenia: do głębokości ok. 3 cm widoczne jest obniżenie wytrzymałości do 24 MPa (1 cm poniżej górnej powierzchni), a ok. 27 MPa wynosi w połowie grubośći płyty. Duży skok na wykresie, w odległości 3 cm od dołu odwiertu, jest prawdopodobnie związany z zarysowaniem odwiertu, które mogło powstać podczas odłamywania go od monolitu.

### Wnioski

Intensywny opad deszczu podczas betonowania stropów spowodował niezbyt wielkie osłabienie betonu w strefie wierzchniej (o 3 – 4 MPa). Wyjątek stanowi strefa skrajna płyty, gdzie po powierzchni spływało największej wody. Tam obniżenie wytrzymałości na ściskanie sięgnęło 12 MPa. Metoda niszcząca nie wykazała obniżenia wytrzymałości betonu poddanego działaniu opadów deszczu.

Zastosowanie do badania kompozytów cementowych metody ultradźwiękowej pozwala na dużo dokładniejsze zbadanie tego tworzywa w porównaniu z metodą niszcząca.

Fotografie – Autor

### Literatura

[1] B. Stawiski: Problem jednorodności betonów i zapraw na grubośći monolitycznej poziomej warstwy. Prace Naukowe Instytutu Budownictwa Politechniki Wrocławskiej. Konferencje Nr 69, 1997.  
 [2] K. Schabowicz, B. Stawiski: Detection of defects in industrial floor by nondestructive techniques. Technology for sustainable development in building industry. TECHSTA 2002. 3rd International conference.  
 [3] K. Schabowicz, B. Stawiski, A. Klimek: Beton- und Stahlbetonbau. 2006 Jg 101 H.  
 [4] L. Runkiewicz: Badania konstrukcji żelbetonowych. Biuro Gama, Warszawa 2008.  
 [5] B. Stawiski: Ultradźwiękowe badania betonów i zapraw głowicami punktowymi. Oficyna Wydawnicza Politechniki Wrocławskiej.

Przyjęto do druku: 08.04.2015 r.