

# Możliwość zastosowania badań przesiewowych do oceny betonu w konstrukcjach realizowanych

## Streszczenie

Artykuł przedstawia wyniki badań relacji liczba odbicia / wytrzymałość betonu na ściskanie (ogółem przeanalizowano 441 par wyników). Potwierdzają one możliwość zastosowania zaproponowanej w załączniku B do normy PN-EN 13791 (informacyjnym) przykładowej ogólnej zależności między liczbą odbicia a klasą wytrzymałości na ściskanie, która to z kolei mogłaby być zastosowana w ocenie betonu wykorzystującej badanie przesiewowe opisane w rozdz. 9.4 normy. Wprowadzenie jej jako zasady do przepisów krajowych może wpłynąć na znaczne obniżenie kosztów koniecznych badań betonu w sytuacji wątpliwości co do jego jakości, a przy tym znacząco je przyspieszyć.

## Słowa kluczowe:

beton, ocena betonu, badanie pośrednie, badanie przesiewowe, zależność ogólna liczba odbicia / wytrzymałość

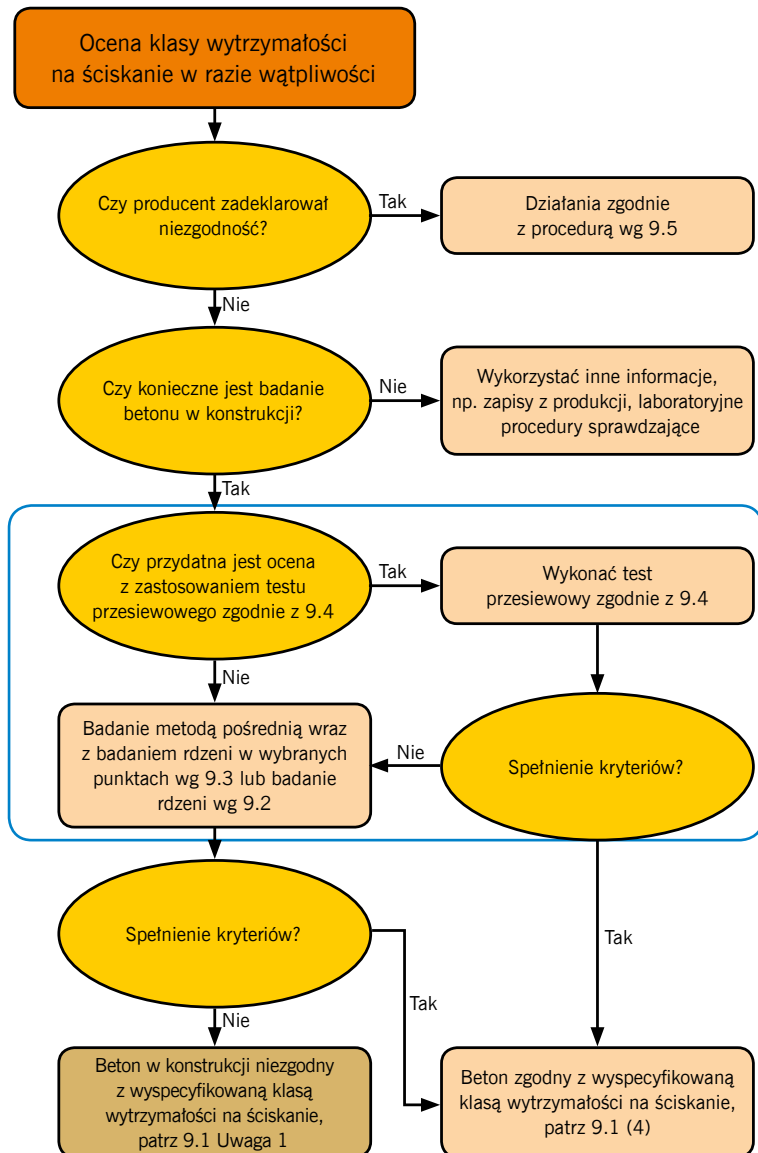
## Abstract

The article presents the results of research on the rebound number / concrete compressive strength relation (441 pairs of results were analysed in total). They confirm the possibility of applying the exemplary general relationship between the rebound number and the strength class of compression proposed in Annex B to PN-EN 13791 (informative), which could be used in the assessment of concrete using the screening test described in Chapter 9.4 standards. Introducing it as a principle into national regulations may significantly reduce costs of necessary concrete tests, while doubts as to its quality appeared, and at the same time significantly reduce time of tests.

## Keywords:

concrete, concrete assessment, indirect test, screening test, generic relationship rebound number / strength

Rys. 1. Schemat blokowy do oceny klasy wytrzymałości na ściskanie betonu wbudowanego w przypadku wątpliwości [1,3] – zaznaczony obszar dotyczy możliwości wykorzystania badań przesiewowych (Uwaga: przywołano numerację rozdziałów i punktów z normy [1])



Bardzo ważnym narzędziem w ocenie betonu w konstrukcji jest zaktualizowana niedawno norma PN-EN 13791:2019-12 [1] pozwalająca na dość precyzyjną ocenę jakości betonu w zakresie najważniejszego parametru, czyli wytrzymałości na ściskanie. Rozróżnia ona przy tym dwa odrębne sposoby postępowania.

Pierwszy wynika z potrzeby oceny istniejącej konstrukcji, a jego celem jest oszacowanie charakterystycznej wytrzymałości betonu na ściskanie w konstrukcji  $f_{ck, is}$  w odniesieniu do miejsca pomiarowego, lub w konkretnym punkcie pomiarowym  $f_{ck, is, est}$  [2]. Uzyskane w efekcie badań i analiz wartości wytrzymałości są w konsekwencji wykorzystywane do przeliczeń konstrukcji w zakresie stanów granicznych nośności bądź użyteczności.

Drugi sposób postępowania dotyczy sytuacji, gdy konieczne staje się dokonanie oceny betonu w „świeżo” wznoszonej konstrukcji, w przypadku wątpliwości wynikających z uzyskanych wcześniej przez producenta negatywnych wyników oceny zgodności lub prowadzonej po stronie odbiorczej oceny identyczności, ewentualnie zastrzeżeń związanych z wykonawstwem i pielęgnacją dojrzewającego betonu [3]. Dokonuje się wtedy oceny klasy wytrzymałości betonu na ściskanie w sensie jej zgodności z zamówieniem, a nie szacowania konkretnych wartości wytrzymałości, które miałyby być użyte w analizach obliczeniowych konstrukcji. Sugerowany sposób postępowania przedstawia na rys. 1 zaczerpnięty z normy schemat blokowy.

Ze schematu wyraźnie widać, że po wyczerpaniu wszystkich możliwości analizy i rozwiązania problemu na podstawie wcześniej wytworzonej dokumentacji produkcyjno-wykonawczej bądź przeprowadzonych badań na próbkach z okresu produkcji i dostawy w końcu konieczne staje się badanie betonu w konstrukcji. Wtedy jako pierwszy krok postępowania zaproponowano rozważenie przydatności oceny z zastosowaniem testu przesiewowego, zgodnie z rozdz. 9.4 normy. Dlaczego testu przesiewowego? – bo zdefiniowany jest jako wykorzystujący wyłącznie metody pośrednie badania betonu (sklerometryczną lub ultradźwiękową), a więc praktycznie metody niszczące. Ponadto jest to rozwiązanie najtańsze.

Regulacje normy dopuszczają możliwość oszacowania, czy uzyskano deklarowaną klasę wytrzymałości na ściskanie czy nie, wyłącznie na podstawie badania przesiewowego, ale uwarunkowane to jest wykorzystaniem procedur podanych w przepisach obowiązujących w miejscu zastosowania – w tym wypadku w Polsce. Chodzi tutaj o sposób ustalenia ogólnej lub szczególnej zależności między wytrzymałością betonu i liczbą odbicia ( $R$  lub  $Q$ ) lub prędkością fali ultradźwiękowej ( $V$ ) w jakimś dokumencie rangi prawnej – np. w instrukcji opracowanej i zalecanej przez któryś z instytutów branżowych. Możliwym sposobem jest też wprowadzenie do stosowania ustalonej zależności ogólnej poprzez przepisy krajowe – np. w postaci krajowego uzupełnienia do normy zasadniczej, w tym wypadku PN-EN 13791 [1] – czyli tak jak np. przyjęli to u siebie Niemcy w swoim załączniku krajowym do normy.

Póki co, nie dysponujemy w Polsce takimi dokumentami lub regulacjami, a przedstawiony w załączniku B normy „przykład ogólnej zależności między liczbą odbicia a klasą wytrzymałości na ściskanie” ma charakter jedynie informacyjny. Nie można go zatem stosować jako potwierdzonego narzędzia w rozstrzygnięciach badań przesiewowych. Warto jednak zapoznać się z zasadą jego użycia, choćby po to, by zrozumienie prostoty metody wpłynęło na rychłą jej walidację i wprowadzenie do przepisów krajowych.

Przedstawiony w normie EN 13791:2019, w załączniku informacyjnym B, przykład ogólnej zależności zaczerpnięto z niemieckiego załącznika do poprzedniej wersji przedmiotowej normy z 2006 roku. Główne założenia do tej procedury to:

- ocena na podstawie co najmniej 9 punktów pomiarowych w obrębie miejsca pomiarowego
- beton jest betonem zwykłym
- do pomiaru stosowany jest sklerometr typu N
- głębokość karbonatyzacji nie przekracza 5 mm (co w przypadku oceny betonu niedawno wbudowanego zawsze jest spełnione).

Uzyskane z pomiarów wyniki badania dla danego miejsca pomiarowego (czyli ocenianej partii wbudowanego betonu), zestawia się z dwoma kryteriami przedstawionymi w tabl. 1 (tablica B.1 z załącznika B). Są nimi:

- mediana liczb odbicia w miejscu pomiarowym
- najniższa liczba odbicia z wszystkich punktów pomiarowych w obrębie miejsca pomiarowego.

Spełnienie obu kryteriów dla ocenianego betonu wskazuje, że jest on zgodny z deklarowaną klasą wytrzymałości na ściskanie. Norma ustala przy

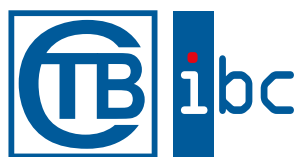
Tablica 1. Liczba odbicia wyznaczona na podstawie odległości odbicia (typ R) i powiązane klasy wytrzymałości betonu zwykłego na ściskanie [1] (Uwaga: norma zawiera drugą tablicę z zestawieniem liczby odbicia wyznaczanej na podstawie energii lub różnicy prędkości [typ Q])

Najniższa liczba odbicia z wszystkich punktów pomiarowych w obrębie miejsca pomiarowego	Mediana liczb odbicia w miejscu pomiarowym	Klasa wytrzymałości na ściskanie wg EN 206 <sup>a)</sup> [4]
≥ 26	≥ 30	C8/10
≥ 30	≥ 33	C12/15
≥ 32	≥ 35	C16/20
≥ 35	≥ 38	C20/25
≥ 37	≥ 40	C25/30
≥ 40	≥ 43	C30/37
≥ 44	≥ 47	C35/45
≥ 46	≥ 49	C40/50
≥ 48	≥ 51	C45/55
≥ 50	≥ 53	C50/60
≥ 53	≥ 57	C55/67
≥ 57	≥ 60	C60/75
≥ 62	≥ 65	C70/85
≥ 66	≥ 69	C80/95

<sup>a)</sup> przy poziomie ufności dla 10 percentyla

tym, że niespełnienie kryteriów nie jest dowodem na to, że beton nie spełnia wymagań deklarowanej klasy wytrzymałości na ściskanie. Oznacza to konieczność dalszego dowodzenia poprzez badania wyłączenie rdzeni lub kombinacji badań pośrednich z badaniami rdzeni.

Przedstawione w tabl. 1 kryteria oceny klasy wytrzymałości na ściskanie, a stanowiące podsumowanie niemieckich doświadczeń stosowania badań sklerometrycznych, zestawiono z dość bogatą bazą wyników badań zawartych w pracy [5]. Celem tego porównania jest uzyskanie odpowiedzi w zakresie



**CENTRUM TECHNOLOGICZNE  
BUDOWNICTWA  
INSTYTUT BADAŃ I CERTYFIKACJI  
Sp. z o.o.**



AB 535



AC 205

## LABORATORIUM BUDOWLANE

- ▶ laboratorium akredytowane AB 535
- ▶ laboratorium notyfikowane NB 2039
- ▶ wieloletnie doświadczenie
- ▶ ekspertyzy, opinie budowlane
- ▶ ocena betonu w konstrukcji
- ▶ ponad 200 badań w ofercie, w tym ponad 80 metod akredytowanych

## JEDNOSTKA CERTYFIKUJĄCA WYROBY

- ▶ akredytowana i notyfikowana jednostka certyfikująca wyroby AC 205, NB 2039
- ▶ certyfikacja zakładowej kontroli produkcji wyrobów budowlanych
- ▶ szkolenia otwarte

- ▶ Centrum Technologiczne Budownictwa Instytut Badań i Certyfikacji Sp. z o.o.  
ul. Przemysłowa 23, 35-105 Rzeszów  
tel. +48 17 864 04 50, e-mail: [ctb@ctb-ibc.pl](mailto:ctb@ctb-ibc.pl)  
[www.ctb-ibc.pl](http://www.ctb-ibc.pl)



Tablica 2. Zestawienie wyników badań sklerometrycznych młotkiem Schmidta typu R (opracowano na podstawie [5])

Klasa wytrzymałości na ściskanie	Liczba wyników	Średnia liczba odbicia	Minimalna liczba odbicia	Maksymalna liczba odbicia
C8/10	6	25	25	26
C12/15	3	29	29	30
C16/20	6	30	24	33
C20/25	30	32	29	35
C25/30	81	34	28	39
C30/37	105	35	29	39
C35/45	70	37	34	44
C40/50	76	38	36	43
C45/55	42	40	36	45
C50/60	13	43	35	49
C55/67	1	34	34	34
C60/75	7	49	48	50
C70/85	1	48	48	48

#### Literatura

1. PN-EN 13791:2019-12 Ocena wytrzymałości betonu na ściskanie w konstrukcjach i prefabrykowanych wyrobach betonowych
2. Bajorek G., Gruszczyński M., Nowe podejście do oceny wytrzymałości betonu w konstrukcji istniejącej wg PN-EN 13791:2019-12, Budownictwo, Technologie, Architektura, 2/2020, s.62-67
3. Bajorek G., Gruszczyński M., Ocena betonu wbudowanego w konstrukcję w przypadku wątpliwości co do jego jakości, Budownictwo, Technologie, Architektura, 1/2020, s.68-72
4. PN-EN 206+A2:2021-08 Beton. Wymagania, właściwości, produkcja i zgodność
5. Dronka P., Wzorcowanie metody sklerometrycznej w ocenie betonu w konstrukcji, Praca dyplomowa magisterska, Katedra Konstrukcji Budowlanych, Politechnika Rzeszowska 2018
6. PN-EN 12390-3:2019-07 Badania betonu. Część 3: Wytrzymałość na ściskanie próbek do badania
7. Fpr CEN/TR 17086:2017 Further guidance on the application of EN 13791 and background to the provisions

Rys. 2. Uzyskana w badaniach relacja: liczba odbicia / wytrzymałość betonu, odniesione do normowych kryteriów oceny.

zasadności użycia tych kryteriów również w odniesieniu do betonów wytwarzanych z wykorzystaniem krajowej bazy surowcowej oraz krajowych uwarunkowań technologicznych produkcji.

Analizie poddano wyniki badań wykonanych przy użyciu sklerometru typu R oraz odpowiadających im wytrzymałościom na ściskanie otrzymanym poprzez badanie zgodne z wymaganiami normy PN-EN 12390-3 [6]. Uzyskane dane były rejestrowane jako liczby odbicia stanowiące medianę z 9 pomiarów wykonanych na próbce 150x150x150 mm i zestawione w parze z wynikiem wytrzymałości na ściskanie tej próbki uzyskanej w maszynie wytrzymałościowej. Dla potrzeb tego doświadczenia analizie poddano 441 par wyników uzyskiwanych na próbkach betonu zwykłego o różnych klasach wytrzymałości na ściskanie i o różnych składach. Po badaniu wytrzymałości na ściskanie zgodnie z wymaganiami normy PN-EN 12390-3 [6] uszeregowano wyniki i zakwalifikowano je do poszczególnych klas wytrzymałości na ściskanie w sposób uwzględniający zarówno wymagania dla producenta w zakresie kontroli zgodności, jak i kryteria identyczności opisane w załączniku B normy PN-EN 206 [4]. Efekt tych prac został przedstawiony w tabl. 2.

Po odrzuceniu klas wytrzymałości, w odniesieniu do których zbyt mała liczba uzyskanych wyników nie pozwalała na formułowanie wiarygodnych wniosków, na rys. 2 przedstawiono graficzne podsumowanie danych. Zestawiono je w odniesieniu

do kryteriów oceny według zależności ogólnej zaproponowanej w tablicy B.1 załącznika B normy PN-EN 13791 [1], gdzie najwyższej położona linia zielona to ograniczenie dolne dla mediany liczb odbicia w miejscu pomiarowym. Z kolei niżej położona linia czerwona to ograniczenie dolne dla najniższych wartości liczby odbicia ze wszystkich punktów pomiarowych w obrębie miejsca pomiarowego.

Zważając na położenie wyznaczonych badaniami punktów poniżej tych linii [5], można stwierdzić, że nie występuje zagrożenie błędnego zaakceptowania betonu jako „lepszego” niż jest w rzeczywistości. Wskazuje to zatem na możliwość zaakceptowania, również w naszych warunkach krajowych, przedstawionej informacyjnie w załączniku B normy [1] przykładowej zależności ogólnej, którą można by wykorzystać w ocenie betonu na podstawie badań przesiewowych młotkiem Schmidta typu R. Należy w tym miejscu przypomnieć, że niespełnienie tych kryteriów nie jest dowodem, że beton nie spełnia wymagań deklarowanej klasy. Pozostają wtedy dalsze możliwości sprawdzenia go metodami bezpośrednimi lub mieszanymi. Ale gdy kryteria są spełnione – to wtedy najtańszą i najmniej ingerującą w konstrukcję metodą można zaakceptować wątpliwy beton.

W celu ostatecznej akceptacji zaproponowanej formuły w załączniku B normy [1] wskazane jest rozszerzenie wykorzystanej w analizach bazy danych [5] o relacje liczby odbicia do wytrzymałości dla betonów wyższych klas niż C 50/60.

Ponadto zapisy rozdz. 9.4 normy [1] nie ograniczają możliwości formułowania innych propozycji ogólnej lub szczególnej zależności między wytrzymałością betonu i liczbą odbicia lub prędkością fali ultradźwiękowej. Więcej na ten temat można znaleźć w dokumencie Fpr CEN/TR 17086:2017 [7], który stanowi wytyczne stosowania normy EN 13791 i wyjaśnia założenia ustalonych w niej zasad. Zawiera również praktyczne przykłady zastosowania poszczególnych metod oceny betonu w konstrukcji.

**dr inż. Grzegorz Bajorek, prof. PRz**  
**Politechnika Rzeszowska**  
**Centrum Technologiczne Budownictwa**  
**Instytut Badań i Certyfikacji**  
**inż. Maciej Barć, inż. Adrian Matuszewski**  
**mgr inż. Sabina Warchoł**  
**Centrum Technologiczne Budownictwa**  
**Instytut Badań i Certyfikacji**

