

**WYNIKI BADAŃ SKLEROMETRYCZNYCH
WYKONANYCH W CELU OSZACOWANIA
WYTRZYMAŁOŚCI BETONU ELEMENTÓW
KONSTRUKCYJNYCH MOSTU**

Autor opracowania:
dr inż. Justyna Sobczak-Piąstka

Bydgoszcz, 6 października 2025 roku

SPIS TREŚCI

	str.
1. Wiadomości ogólne dotyczące metody	3
2. Wskaźniki charakteryzujące jakość betonu w badanych konstrukcjach	3
3. Metodyka badań	4

1. Wiadomości ogólne dotyczące metody

Badania sklerometryczne wytrzymałości betonu przeprowadzono przy użyciu młotka Schmidta typu N. Sklerometr ten należy do grupy przyrządów określających twardość, a pośrednio wytrzymałość betonu na podstawie pomiaru wielkości odskoku od badanej powierzchni masy uderzającej ze stałą siłą.

W zastosowanej metodzie sklerometrycznej wykorzystuje się zależności między powierzchnią wytrzymałością, a sprężystymi cechami betonu stwardniałego. W trakcie badań rejestruje się tzw. liczbę odbicia L, tj. wyskalowaną odległość na jaką odbije się od sprężystej powierzchni ciężarek (młotek), uderzający w element zawsze z tą samą energią.

Metoda sklerometryczna pozwala na przeprowadzenie analizy statystycznej wyników badań i określenie wskaźników charakteryzujących jakość betonu w badanej konstrukcji.

Podstawę merytoryczną prowadzenia badań sklerometrycznych stanowią:

- norma: PN-EN 206+A2:2021-08 Beton -- Wymagania, właściwości użytkowe, produkcja i zgodność wraz z PN-B-06265:2022-08 Beton – Wymagania, właściwości użytkowe, produkcja i zgodność,
- norma: PN-74/B-066262, Nieniszczące badania konstrukcji z betonu. Metoda sklerometryczna, Badania wytrzymałości na ściskanie za pomocą młotka Schmidta typu N,
- norma: PN-EN 12504-2:2021 Badania betonu w konstrukcjach. Część II: Badania nieniszczące. Oznaczenie liczby odbicia,
- instrukcja nr 210 Instytutu Techniki Budowlanej stosowania młotka Schmidta do nieniszczącej kontroli jakości betonu w konstrukcji, 1972.

2. Wskaźniki charakteryzujące jakość betonu w badanych konstrukcjach

Przy kontroli jakości betonu w konstrukcjach można posługiwać się następującymi wskaźnikami charakteryzującymi jego jakość:

- a) średni odczyt liczby odbicia dla „i” miejsca pomiarowego, mając „n” danych odczytów L_i dla danego obszaru

$$L_i = \frac{1}{n_i} \sum_{j=1}^{n_i} L_{ij} ,$$

- b) średnia wartość liczby odbicia dla „n” miejsc pomiarowych

$$\bar{L} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n L_i ,$$

c) odchylenie standardowe liczb odbicia

$$s_L = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (L_i - \bar{L})^2} ,$$

d) współczynnik zmienności liczb odbicia

$$v_L = \frac{S_L}{\bar{L}} \cdot 100 ,$$

e) średnia wytrzymałość betonu na ściskanie

$$f_{cm} = \bar{L} \left[0,0356 \bar{L} (v_L^2 + 1) - 0,795 + \frac{6,4}{\bar{L}} \right] , [\text{MPa}] ,$$

f) odchylenie standardowe wytrzymałości betonu na ściskanie

$$s_f = \bar{L} v_L \sqrt{0,00254 \bar{L}^2 (v_L^2 + 2) - 0,1134 \bar{L} + 0,633} , [\text{MPa}] ,$$

g) wytrzymałość minimalna betonu na ściskanie

$$f_{ck} = \bar{R} - 1,64 S_R , [\text{MPa}] ,$$

h) współczynnik jednorodności betonu

$$K_f = \frac{f_{ck}}{f_{cm}} ,$$

i) współczynnik zmienności wytrzymałości betonu na ściskanie

$$v_f = \frac{S_R}{\bar{R}} \cdot 100 \quad \text{lub} \quad v_f = \frac{1-K_R}{1,64} \cdot 100 .$$

3. Metodyka badań

Biorąc pod uwagę, potwierdzony praktyką, uniwersalny charakter krzywej regresji opracowanej przez ITB oraz warunki przygotowania, zagęszczania i dojrzewania betonu przyjęto, że zależności korelacyjne podane w instrukcji nr 210 są wystarczająco miarodajne dla oceny jakości tworzywa w badanych elementach mostu.

Badania sklerometryczne betonu przeprowadzono podczas oględzin mostu w dniu 06.10.2025 roku. Badania wykonano w wyznaczonych miejscach elementów konstrukcji mostu.

Badania wykonano na następujących elementach betonowych:

- Przyczółek,
- Żelbetowy dźwigar prefabrykowany,
- Płyta pomosty (badanie z dołu),

- d. Płyta pomostu (badanie z boku),
- e. Opaska betonowa.

Klasę betonu określono wykorzystując dane zawarte w normie PN-EN 206+A2:2021-08 Beton - Wymagania, właściwości użytkowe, produkcja i zgodność wraz z PN-B-06265:2022-08 Beton – Wymagania, właściwości użytkowe, produkcja i zgodność, gdzie najniższa klasa betonu jaką podaje ta norma jest C8/10.

Wyniki badań podano w dziennikach pomiarów 1-5. Na podstawie tych wyników oszacowano następujące klasy wytrzymałości betonu elementów konstrukcyjnych przedmiotowego mostu:

- przyczółki – C12/15;
- podłużnice żelbetowe, prefabrykowane – C 50/60;
- płyty pomostu – C40/50;
- opaska betonowa – C16/20.

DZIENNIK POMIARÓW nr 1													
sklerometrem Schmidta													

DZIENNIK POMIARÓW nr 2
sklerometrem Schmidta

Data badania : 06.10.2025 r.
Sklerometr typu "N"

Obiekt: Most żelbetowy na kanale Kurzyny w ciągu drogi leśnej Grzmięca - Partęczyny
Element: Żelbetowy dźwigar prefabrykowany

Pkt.	Kąt $\alpha [^\circ]$	Odczyt L_{ij}									L_i	L_i dla $\alpha=0$	$L_i - \bar{L}$	$(L_i - \bar{L})^2$
		1	2	3	4	5	6	7	8	9				
1	0	52	49	54	50	51	52	50	49	53	51,11	51,11	-0,12	0,014
2	0	49	54	50	51	52	49	54	50	51	51,11	51,11	-0,12	0,014
3	0	54	50	51	52	50	54	50	51	52	51,56	51,56	0,33	0,109
4	0	50	51	52	49	54	49	54	50	51	51,11	51,11	-0,12	0,014
5	0	54	50	51	52	50	52	50	51	52	51,33	51,33	0,10	0,010
6	0	50	51	52	49	54	50	51	52	50	51,00	51,00	-0,23	0,053
7	0	51	52	50	54	50	51	52	49	54	51,44	51,44	0,21	0,044
8	0	52	49	54	49	54	50	51	52	49	51,11	51,11	-0,12	0,014
9	0	50	51	52	50	54	50	50	51	52	51,11	51,11	-0,12	0,014
10	0	51	52	49	54	49	54	51	52	49	51,22	51,22	-0,01	0,000
11	0	50	54	52	50	49	50	52	50	54	51,22	51,22	-0,01	0,000
12	0	51	52	49	54	50	51	53	54	49	51,44	51,44	0,21	0,044
Suma												614,76	0,00	0,33

Współczynniki krzywej regresji:

$a = 0,0356$

$b = -0,795$

$c = 6,4$

Wiek betonu:

>1000 dni

Średnia wytrzymałość na ściskanie:

$f_{cm} = 59,11$ MPa

Współczynnik zmienności liczby odbicia:

$\bar{L} = 51,23$

Odchylenie standardowe wytrzymałości betonu:

$s_f = 0,497$ MPa

Odchylenie standardowe liczb odbicia:

$s_L = 0,173$

Wytrzymałość minimalna:

$f_{ck} = 58,29$ MPa

Wsp. zmienności liczb odbicia:

$v_L = 0,34\%$

Współczynnik jednorodności:

$K_f = 0,986$

Współczynnik zmienności wytrzymałości betonu:

$v_f = 0,84\%$

Wsp. Poprawkowe = 1,0

Wartości po uwzględnieniu
wsp. poprawkowych

$f_{cm} = 59,11$ MPa

$f_{ck} = 58,29$ MPa

Przyjęto klasę

C 50/60

wg PN-EN 206+A2:2021-08

DZIENNIK POMIARÓW nr 3													
sklerometrem Schmidta													

DZIENNIK POMIARÓW nr 4
sklerometrem Schmidta

Data badania : 06.10.2025

Sklerometr typu "N"

Obiekt: Most żelbetowy na kanale Kurzyny w ciągu drogi leśnej Grzmięca - Partęczyny

Element: Płyta pomostu (badanie z boku)

Pkt.	Kąt $\alpha [^\circ]$	Odczyt L_{ij}									L_i	L_i dla $\alpha=0$	$L_i - \bar{L}$	$(L_i - \bar{L})^2$
		1	2	3	4	5	6	7	8	9				
1	0	48	49	52	40	50	41	51	42	47	46,67	46,67	-0,58	0,336
2	0	49	52	40	50	41	51	52	42	53	47,78	47,78	0,53	0,281
3	0	50	46	43	50	47	52	49	48	44	47,67	47,67	0,42	0,176
4	0	52	40	50	41	51	52	45	50	41	46,89	46,89	-0,36	0,130
5	0	40	50	41	51	52	46	43	50	47	46,67	46,67	-0,58	0,336
6	0	43	50	47	52	49	40	50	41	51	47,00	47,00	-0,25	0,063
7	0	52	40	50	41	51	46	43	50	47	46,67	46,67	-0,58	0,336
8	0	40	50	43	51	52	44	50	41	51	46,89	46,89	-0,36	0,130
9	0	43	50	47	52	49	50	41	51	52	48,33	48,33	1,08	1,166
10	0	50	41	51	52	40	50	47	52	49	48,00	48,00	0,75	0,563
11	0	41	51	52	46	43	40	50	44	51	46,44	46,44	-0,81	0,656
12	0	47	52	49	40	50	50	41	51	52	48,00	48,00	0,75	0,563
Suma												567,01	0,01	4,736

Współczynniki krzywej regresji:

$a = 0,0356$

$b = -0,795$

$c = 6,4$

Wiek betonu:

>1000 dni

Średnia wytrzymałość na ściskanie:

$f_{cm} = 48,33$ MPa

Współczynnik zmienności liczb odbicia:

$\bar{L} = 47,25$

Odchylenie standardowe wytrzymałości betonu:

$s_f = 1,688$ MPa

Odchylenie standardowe liczb odbicia:

$s_L = 0,656$

Wytrzymałość minimalna:

$f_{ck} = 45,56$ MPa

Wsp. zmienności liczb odbicia:

$v_L = 1,39\%$

Współczynnik jednorodności:

$K_f = 0,943$

Współczynnik zmienności wytrzymałości betonu:

$v_f = 3,49\%$

Wsp. Poprawkowe = 1,0

Wartości po uwzględnieniu

$f_{cm} = 48,33$ MPa

wsp. poprawkowych

$f_{ck} = 45,56$ MPa

Przyjęto klasę

C 40/50

wg PN-EN 206+A2:2021-08

DZIENNIK POMIARÓW nr 5

sklerometrem Schmidta

Data badania : 06.10.2025

Sklerometr typu "N"

Obiekt: Most żelbetowy na kanale Kurzyny w ciągu drogi leśnej Grzmięca - Partęczyny

Element: Opaska betonowa

Pkt.	Kąt $\alpha [^\circ]$	Odczyt L_{ij}									L_i	L_i dla $\alpha=0$	$L_i - \bar{L}$	$(L_i - \bar{L})^2$
		1	2	3	4	5	6	7	8	9				
1	180	28	35	30	34	32	29	31	33	33	31,67	34,77	-0,13	0,017
2	180	33	31	29	31	34	33	31	32	30	31,56	34,66	-0,24	0,058
3	180	32	29	31	33	33	35	30	34	32	32,11	35,21	0,31	0,096
4	180	34	33	31	29	30	31	33	30	34	31,67	34,77	-0,13	0,017
5	180	35	30	34	32	29	29	31	33	33	31,78	34,88	-0,02	0,000
6	180	31	29	30	34	33	33	32	32	30	31,56	34,66	-0,24	0,058
7	180	29	31	33	33	35	30	33	29	35	32,00	35,10	0,20	0,040
8	180	33	29	30	34	33	31	33	32	30	31,67	34,77	-0,13	0,017
9	180	29	31	33	33	35	30	30	34	33	32,00	35,10	0,20	0,040
10	180	33	31	29	30	31	33	30	34	33	31,56	34,66	-0,24	0,058
11	180	30	34	32	29	33	30	31	33	32	31,56	34,66	-0,24	0,058
12	180	34	33	30	34	33	31	30	34	33	32,44	35,54	0,64	0,410
Suma												418,78	-0,02	0,869

Współczynniki krzywej regresji:

$a = 0,0356$

$b = -0,795$

$c = 6,4$

Wiek betonu:

>1000 dni

Średnia wytrzymałość na ściskanie:

$f_{cm} = 22,02$ MPa

Współczynnik zmienności liczby odbicia:

$\bar{L} = 34,90$

Odchylenie standardowe wytrzymałości betonu:

$s_f = 0,478$ MPa

Odchylenie standardowe liczb odbicia:

$s_L = 0,281$

Wytrzymałość minimalna:

$f_{ck} = 21,24$ MPa

Wsp. zmienności liczb odbicia:

$v_L = 0,81\%$

Współczynnik jednorodności:

$K_f = 0,965$

Współczynnik zmienności wytrzymałości betonu:

$v_f = 2,17\%$

Wsp. Poprawkowe = 1,0

Wartości po uwzględnieniu
wsp. poprawkowych

$f_{cm} = 22,02$ MPa

$f_{ck} = 21,24$ MPa

Przyjęto klasę

C 16/20

wg PN-EN 206+A2:2021-08