

INSTRUKCJA DO CWICZENIA NR 4

A. Badanie wytrzymałości elementu betonowego metodą sklerometryczną

Przyrządy pomiarowe

1. Młotek uderowy

Do badań betonu użyty zostanie oryginalny Sklerometr SCHMIDTA typu N produkcji szwajcarskiej firmy PROCEQ, posiadający międzynarodowy certyfikat jakości ISO 9001 posiadający energię uderzenia 0,225 kGm.

Jest to sprężynowy bijak stalowy, który po zwolnieniu sprężyny uderza w stalowy, ruchomy trzpień przyłożony do powierzchni betonu. Odległość odbicia stalowego bijaka od stalowego trzpienia jest mierzona za pomocą liniowej skali przymocowanej do obudowy urządzenia.

Młotek jest przeznaczony do badania betonu zwykłego w przedziale wytrzymałości od 5MPa do 60MPa

Miarą wielkości sprężystego odskoku odczytywaną na skali sklerometru jest wartość liczby odbicia oznaczona jako „L”. Skala na urządzeniu posiada zakres $10 \div 100$. Liczba odbicia „L” jest bezwymiarowa. Wytrzymałość betonu na ściskanie jest aproksymowana wielomianem 2° w postaci $f_c = a \cdot L^2 + b \cdot L + c$, w którym wartości współczynników określone są z badań skalujących.

2. Kamień ścierny

Kamień karburowany o średnio uziarnionej strukturze lub inny podobny materiał.

Miejsce pomiarowe

Elementy betonowe, przeznaczone do badania, powinny mieć grubość co najmniej 100 mm i być integralną częścią konstrukcji. Mniejsze próbki mogą być badane pod warunkiem, że będą sztywno zamocowane. Zaleca się pomijanie obszarów wykazujących niewłaściwe zagęszczenie struktury betonu, łuszczenie, chropowatość lub wysoką porowatość. Miejsce pomiarowe powinno mieć wymiary około 300 mm x 300 mm.

Powierzchnie bardzo chropowate lub miękkie oraz powierzchnie z ubytkami zaprawy szlifować kamieniem ściernym, aż staną się gładkie. Powierzchnie gładko-formowane lub zagładzone mogą być badane bez szlifowania. Przy badaniach połowych należy usunąć wodę występującą na powierzchni betonu.

Uwaga: W przypadku badania próbki sześcienniej w laboratorium za miejsce pomiarowe przyjąć bok sześcianu.

Procedura badania

Trzymać silnie młotek w prostopadłej pozycji trzpienia w stosunku do badanej powierzchni. Stopniowo zwiększać nacisk na trzpień, aż do momentu uderzenia młotka. Po uderzeniu zanotować liczbę odbicia.

W celu uzyskania wiarygodnego oszacowania liczby odbicia w danym miejscu pomiarowym, wykonać minimum dziewięć odczytów. Dla każdej grupy odczytów zanotować położenie

oraz ustawienie młotka. Zwrócić uwagę, aby sąsiednie punkty nie były oddalone od siebie o mniej niż 25 mm oraz aby żaden z nich nie znajdował się w odległości mniejszej niż 25 mm od krawędzi.

UWAGA: wskazane jest naniesienie regularnej siatki o rozstawie linii od 25 mm do 50 mm i wykorzystanie punktów przecięcia się linii jako punktów pomiarowych.

Kontrolować każdy odcisk powstały na powierzchni w wyniku pomiaru i jeśli uderzenie skruszyło lub uszkodziło warstwę przypowierzchniową, wynik pominąć.

Wyniki badania

Za wynik należy uznać wartość średnią ze wszystkich odczytów, przyjmując zgodnie z instrukcją producenta (jeśli zachodzi taka potrzeba) poprawkę uwzględniającą wpływ ustawienia młotka (tabela 1) i wyrazić tak uściślony wynik w postaci jednej liczby.

Jeśli więcej niż 20% spośród wszystkich odczytów różni się od wartości średniej o więcej niż 6 jednostek, cały zestaw odczytów należy odrzucić.

Wyniki pomiaru umieścić w sprawozdaniu a obliczenia wykonać zgodnie z zawartymi tam wytycznymi.

Tabela 1. Poprawka uwzględniająca wpływ ustawienia młotka

Liczba Odbicia	Poprawki odczytu ΔL , przy pozycji młotka nachylonej do poziomu pod kątem α			
	uderzenie w górę		uderzenie w dół	
	+ 90°	+ 45°	- 45°	- 90°
20	- 5,4	- 3,5	+ 2,5	+ 3,4
30	- 4,7	- 3,1	+ 2,3	+ 3,1
40	- 3,9	- 2,6	+ 2,0	+ 2,7
50	- 3,1	- 2,1	+ 1,6	+ 2,2
60	- 2,3	- 1,6	+ 1,3	+ 1,7

Tabela 2. Ocena jednorodności betonu na podstawie współczynnika jednorodności betonu i współczynnika zmienności wytrzymałości betonu dla pomiaru sklerometrycznego

Współczynnik jednorodności K_R	Współczynnik zmienności wytrzymałości v_R [%]	Jednorodność betonu (stopnie oceny)
powyżej 0,84	poniżej 10	Bardzo dobra
0,75 ÷ 0,84	10 ÷ 15	Dobra
0,67 ÷ 0,74	16 ÷ 20	Mierna
poniżej 0,67	powyżej 20	Zła

Współczynniki skalowania dla pomiaru sklerometrycznego

wg ITB ($\phi 16 \times 16$)

a = 0,3634 [kG/cm²]

b = -8,107 [kG/cm²]

c = 65,255 [kG/cm²]

wg badań lab. Dr inż. J. Witosiński ($\square 15 \times 15 \times 15$)

a = 0,041 [MPa]

b = - 0,91 [MPa]

c = 7,3 [MPa]

B. Badanie wytrzymałości elementu betonowego metodą ultradźwiękową

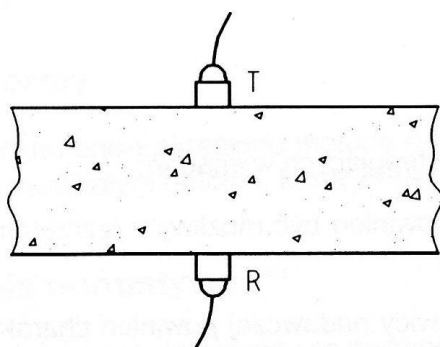
Przyrządy pomiarowe

Do badań betonu użyty zostanie betonoskop Materiale Tester type 543 firmy UNIPAN. Przyrząd składa się z elektrycznego generatora impulsów, pary głowic, wzmacniacza oraz elektronicznego miernika czasu, jaki upływa pomiędzy chwilą zarejestrowania czoła fali, generowanej przez głowicę nadawczą, a chwilą gdy czoło fali jest rejestrowane po dojściu do głowicy odbiorczej.

Miejsce pomiarowe i procedura badania

W przypadku badania próbki sześcienniej w laboratorium, próbkę podzielić na dwa poziomy: poziom I (górny) i poziom II (dolny). Na każdym poziomie dokonać 6 pomiarów.

W celu wykonania pomiaru bezpośredniego głowice pomiarowe należy umieścić naprzeciw siebie (patrz rysunek 1)



Objaśnienia:

R – głowica odbiorcza

T – głowica nadawcza

Rysunek 1. Lokalizacja głowic pomiarowych

Wyniki badania

W przypadku pomiaru bezpośredniego przy użyciu urządzenia elektronicznego, czas przejścia fali uzyskujemy bezpośrednio na wyświetlaczu.

Wyniki pomiaru umieścić w sprawozdaniu a obliczenia wykonać zgodnie z zawartymi tam wytycznymi.

Tabela 3. Ocena jednorodności betonu na podstawie współczynnika zmienności wytrzymałości betonu dla pomiaru ultradźwiękowego.

współczynnik zmienności wytrzymałości v_R [%]		Jednorodność betonu (stopnie oceny)
≤ 25 MPa	≥ 30 MPa	
< 10	< 7	Bardzo dobra
10 ÷ 13	7 ÷ 10	Dobra
14 ÷ 16	11 ÷ 13	Średnia
17 ÷ 20	14 ÷ 15	Dostateczna
> 20	> 15	Niedostateczna

Współczynniki skalowania dla pomiaru ultradźwiękowego

W celu wyznaczenia parametrów wytrzymałości średniej przyjęto związek w postaci:

$f_c = k_1(aC_1^2 + bC_1 + c)$, w którym uwzględniając rozrzuty parametrów prędkości dla poszczególnych poziomów pomiarowych na próbce obliczamy kolejne wartości.

gdzie:

- k_1 -współczynnik poprawkowy z badań próbek tj., $k_1 = 0,8-1,4$;
- a, b, c - współczynniki równania ze skalowania

po skalowaniu dla $k_1 = 1,0$

$$-a = 2,38 \text{ (wg ITB)}$$

$$-b = -7,06 \text{ (wg ITB)}$$

$$-c = 4,2 \text{ (wg ITB)}$$

ĆWICZENIE nr 4

Badanie wytrzymałości elementu betonowego metodami nieniszczącymi :

A – Metodą sklerometryczną

B – Metodą ultradźwiękową

Grupa - zespół	Data
Skład zespołu	
1.	
2.	
3.	
4.	

Badany element (opis):

Rodzaj materiału:

Numer ewidencyjny (inne oznaczenie próbki):

Opis próbki: a) kształt:

b) wymiary: - wysokość: $h =$ cm

- dł. boku podstawy (średnica): $b (\emptyset) =$ cm

- dł. drugiego boku podstawy: $a =$ cm

c) smukłość próbki: $h/b =$

Sposób wykonania (pobrania) próbki:.....

.....

.....

A. Badanie parametrów wytrzymałościowych metodą sklerometryczną (młotkiem Schmidta)

POMIARY:

Pomiarów należy dokonywać zgodnie z instrukcją zamieszczoną na miejscu badawczym. Wyniki przedstawić w tabeli 1.

Tabela 1.

m-ce pom.	Wartości liczba odbicia „L”									L_i	położ. młotka	korekta	L_{kor}
	$L1$	$L2$	$L3$	$L4$	$L5$	$L6$	$L7$	$L8$	$L9$				
												$L_{\dot{s}r} =$	

OBLICZENIA:

1. Średnia wartość liczby odbicia " $L_{\dot{s}r}$ "

$$L_{\dot{s}r} = \dots\dots\dots$$

2. Odchylenie standardowe liczby odbicia " S_L "

$$S_L = \dots\dots\dots$$

3. Współczynnik zmienności liczby odbicia " ν_L "

$$\nu_L = S_L / L_{\dot{s}r} \dots\dots\dots \times 100 = \dots\dots\dots \%$$

4. Wytrzymałość średnia z uwzględnieniem rozproszenia liczby odbicia:

$$f_{cm} = L_{\dot{s}r} * \left[a * L_{\dot{s}r} * (\nu_L^2 + 1) + b + c / L_{\dot{s}r} \right]$$

gdzie: a = ; b = ; c = [MPa]

$$f_{cm} = \dots\dots\dots \text{MPa}$$

5. Odchylenie standardowe wytrzymałości:

$$S_R^2 = (v_L * L_{sr})^2 * [2 * a^2 * L_{sr}^2 * (v_L^2 + 2) + 4 * a * b * L_{sr} + b^2]$$

$$S_R = \dots\dots\dots \text{MPa}$$

6. Wytrzymałość minimalna f_{min}

$$f_{min} = f_{cm} - t_\alpha S_R$$

gdzie: $t_\alpha = 1,64$ dla $P=95\%$

$$f_{min} = \dots\dots\dots \text{MPa}$$

7. Współczynnik zmienności wytrzymałości:

$$v_R = S_R / f_{cm} = \dots\dots\dots \times 100 = \dots\dots\dots \%$$

8. wytrzymałość charakterystyczna:

$$f_{ck} = 0,8 f_{min}$$

$$f_{ck} = \dots\dots\dots \text{MPa}$$

9. wytrzymałość obliczeniowa: " f^*_{cd} "

$$f^*_{cd} = f_{ck} / \gamma_c$$

$$f^*_{cd} = \dots\dots\dots \text{MPa}$$

Klasa betonu wg PN-EN-206-1:2003

Jednorodność betonu

B. Badanie parametrów wytrzymałościowych betonu metodą ultradźwiękową

POMIARY:

Pomiarów należy dokonywać zgodnie z instrukcją zamieszczoną na miejscu badawczym. Wyniki przedstawić w tabeli 2.

Tabela 2.

Poziom	nr pktu pomiar	Pomiar			Wartości średnie dla pomiarów		
		Droga L [mm]	Czas t [10^{-6} s]	Prędkość C_i [10^3 m/s]	Prędkość średnia $C_{\acute{s}r}$ [10^3 m/s]	Odchyl. stand. S_c [10^3 m/s]	Wsp. zm. prędkości v [%]
Poz. I	1						
	2						
	3						
	4						
	5						
	6						
Poz. II	1						
	2						
	3						
	4						
	5						
	6						

OBLICZENIA:

1. Średnia prędkość

$$C_{\acute{s}r} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n c_i$$

Poz. I: $C_{\acute{s}r}$ =..... km/s

Poz. II: $C_{\acute{s}r}$ =.....km/s

Cała próbka : $C_{\acute{s}r}$ =.....km/s

2. Odchylenie standardowe prędkości

$$S_{ci}^2 = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (c_{\acute{s}r} - c_i)^2$$

Poz. I - S_c =..... km/s

Poz. II - S_c =.....km/s

Cała próbka : S_c =.....km/s

3. Współczynnik zmienności prędkości

$$v_c = \frac{S_{ci}}{C_{sr}} = \dots\dots\dots \times 100 = \dots\dots\dots \%$$

Przyjęto związek w postaci: - $f_c = k_1(aC_i^2 + bC_i + c)$, w którym uwzględniając rozrzuty parametrów prędkości dla poszczególnych poziomów pomiarowych na próbce obliczamy kolejne wartości wpisując je do tabeli 2 tj.:

4. Wytrzymałość średnia:

$$\bar{f}_c = f_{cm} = C_{sr} \left[aC_{sr} \left(\frac{v_c^2}{c} + 1 \right) + b + \frac{c}{C_{sr}} \right] k_1 \quad \text{MPa}$$

5. Odchylenie standardowe wytrzymałości:

$$S_R = C_{sr} v_c \sqrt{2a^2 C_{sr}^2 \left(\frac{v_c^2}{c} + 2 \right) + 4ab C_{sr} + b^2} \quad \text{MPa}$$

gdzie:

- k_1 -współczynnik poprawkowy z badań próbek tj., $k_1=0,8-1,4$;

$k_1 = \dots\dots\dots$

-a, b, c-współczynniki równania ze skalowania

a = $\dots\dots\dots$

b = $\dots\dots\dots$

c = $\dots\dots\dots$

6. Wytrzymałość minimalna:

$$f_{min} = f_{cm} - t_\alpha S_R \quad \text{gdzie: } t_\alpha = 1,64 \text{ dla } P=95\%$$

Obliczamy:

Poz. I: $f_{cm} = \dots\dots\dots$ MPa ; $S_R = \dots\dots\dots$ MPa ; $f_{min} = \dots\dots\dots$ MPa

Poz. II: $f_{cm} = \dots\dots\dots$ MPa ; $S_R = \dots\dots\dots$ MPa ; $f_{min} = \dots\dots\dots$ MPa

Poz. I+II: $f_{cm} = \dots\dots\dots$ MPa ; $S_R = \dots\dots\dots$ MPa ; $f_{min} = \dots\dots\dots$ MPa

7. Współczynnik zmienności wytrzymałości:

$$v_{Rc} = \frac{S_R}{f_{cm}} \cdot 100\%$$

8. Wytrzymałość charakterystyczna betonu próbki: f_{ck}

$$f_{ck} = 0,8 f_{min}$$

$$f_{ck} = \dots\dots\dots \text{MPa}$$

9. Wytrzymałość obliczeniowa betonu próbki: f_{cd}^*

$$f_{cd}^* = f_{ck} / \gamma_c$$

$$f_{cd}^* = \dots\dots\dots \text{MPa}$$

Tabela 3. Syntetyczne wyniki badań betonu metodą ultradźwiękową.

Poziom pomiar.	Wartość dla poziomów pomiarów w próbce						Wartość dla całej próbki							
	Prędkość		Wytrzymałość				Prędkość		Wytrzymałość					
	Wart.śr. C_{sr} 10^3 m/s	Wsp. zm. prędkości v_c %	Wart. śred. f_{cm} MPa	Wart. min. f_{min} MPa	Anizotropowość betonu		Wart. śred. C_{sr} 10^3 m/s	Wsp. zmien. pręđ. v_c	Wart. śred. f_{cm} MPa	Wart. min. f_{min} MPa	Wart. min. f_{ck} MPa	klasa betonu	Wsp. zmienność v_R	Jednorodność betonu
Wart.śr. f_{cmI}/f_{cmII}					Wart.min. f_{minI}/f_{minII}									
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Poz. I														
Poz. II														

Przy dwóch parametrach określających tj. C_1 i L , za wartość minimalną przyjmuje się dolną wartość wspólnej części przedziałów wartości f_c określonych dla poszczególnych parametrów.

$$f_{max} = f_{cm} + t_{\alpha} \cdot S_R$$

$$f_{min} = f_{cm} - t_{\alpha} \cdot S_R$$

gdzie:

f_{cm} - średnia wartość wytrzymałości betonu na ściskanie

t_{α} - parametr z rozkładu ($t_{\alpha} = 1,64$)

S_R - odchylenie standardowe wytrzymałości

- dla metody sklerometrycznej: $f_{min} = \dots \dots \dots$ MPa; $f_{max} = \dots \dots \dots$ MPa

- dla metody ultradźwiękowej: $f_{min} = \dots \dots \dots$ MPa; $f_{max} = \dots \dots \dots$ MPa

- wartość wspólnego przedziału: $f_{min} = \dots \dots \dots$ MPa; $f_{max} = \dots \dots \dots$ MPa

Dolna wartość wspólnego przedziału: $f_{min} = \dots \dots \dots$ MPa

- wytrzymałość charakterystyczna f_{ck} :

$$f_{ck} = 0,8 f_{min}$$

$$f_{ck} = \dots \dots \dots$$
 MPa

- wytrzymałość obliczeniowa f_{cd}^* :

$$f_{cd}^* = f_{ck} / \gamma_c$$

gdzie :

γ_c – częściowy współczynnik bezpieczeństwa (w konstrukcjach betonowych w trwałych i przejściowych sytuacjach obliczeniowych należy przyjmować $\gamma_c = 1,8$)

$$f_{cd}^* = \dots \dots \dots$$
 MPa

Wnioski i uwagi

.....

.....

.....

.....

.....

.....