

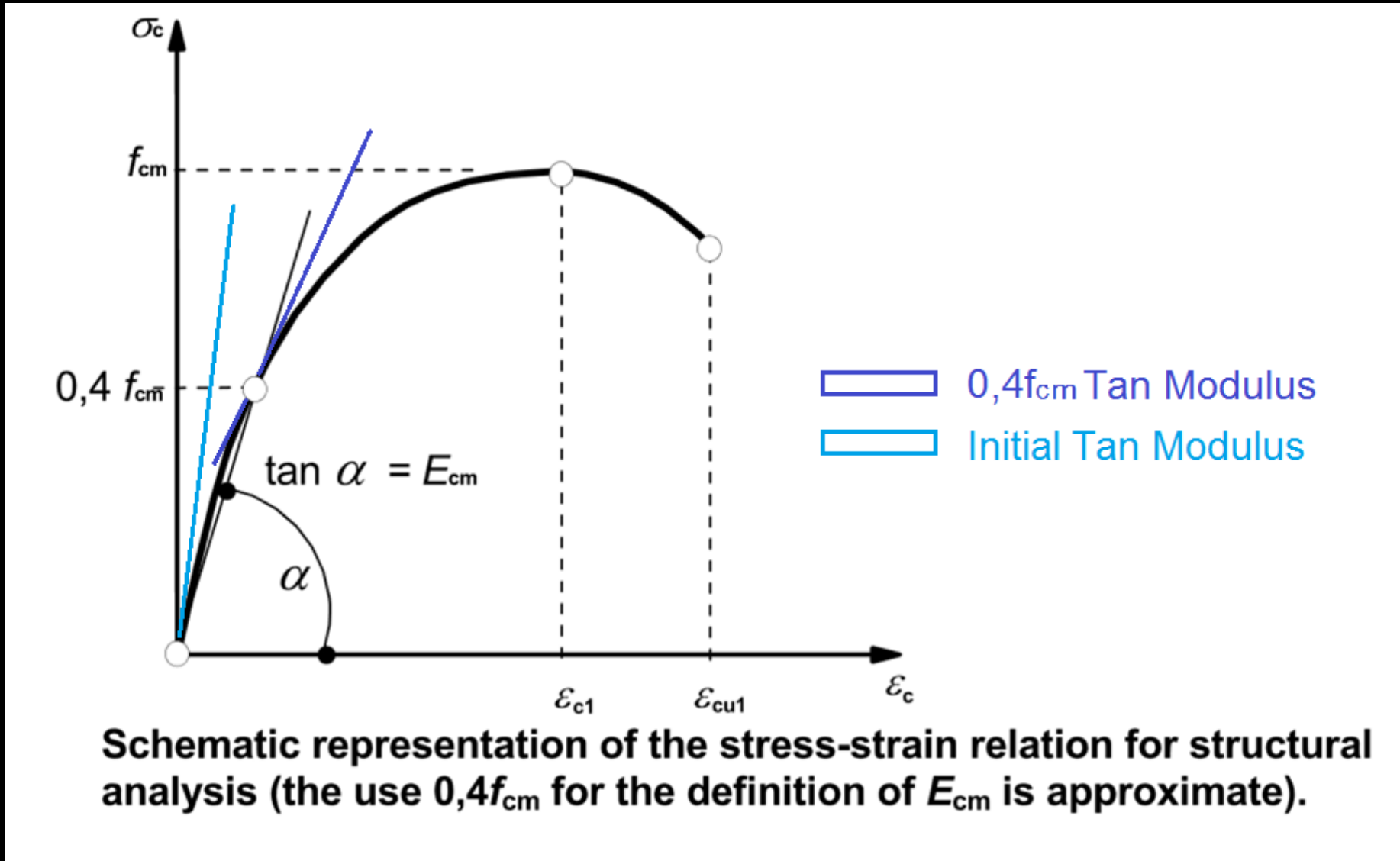
# Badanie modułu sprężystości betonu jako komplementarne uzupełnienie badań na ściskanie

KDiM PL, SLK

II Lubelska Konferencja Techniki Drogowej

Lublin, 28-29 listopad 2018

# EN 1992-1-1:2004 (E)



**Badanie wytrzymałości na ściskanie betonu : EN 12390-3**

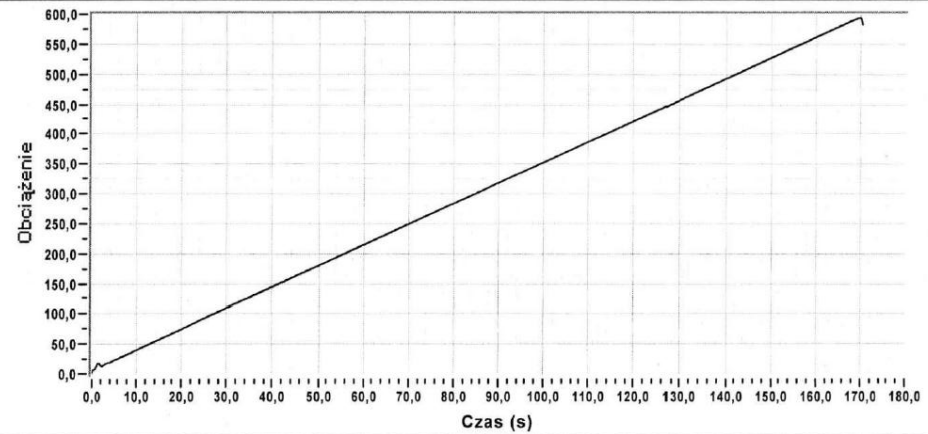
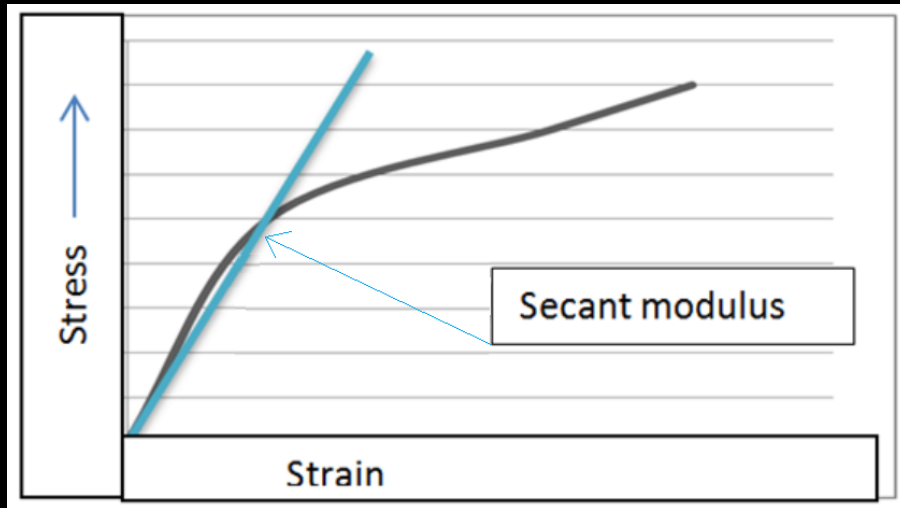
Numer certyfikatu : ... Data certyfikatu : 2014-05-07  
 Urządzenie badawcze : ADVANTEST9  
 Klient : GDDKiA O/Lublin  
 Kontakt :  
 Rodzaj próbki : walec Zawartość cementu :  
 Rodzaj cementu : portl Data przygotowania : YYYY-MM-DD  
 Dane próbki:  
 Recepta : Czas próbki :  
 Miejsce pobrania próbki : most Annopol Data próbki : YYYY-MM-DD  
 Przygotowanie próbki :  
 Nazwa próbki : walec 3

**Wynik badania**

Wymiary d(mm) 94,0 h(mm) 99,5 Masa (Kg) : 1,813  
 Waga (Kg/m<sup>3</sup>) : 2625,6 Przyrost obciążenia MPa/s : 0,500  
 Powierzchnia (mm<sup>2</sup>) : 6939,8 Wiek : Data badania : 2014-05-07  
 Obciążenie niszczące (kN) : 593,6 Napężenie (MPa) : 85,54  
 Zniszczona próbka : Satisfakcjonujący



Notatki :



Operator  
 mgr Kazimierz Słowik

Determining the Young's modulus of concrete by measuring the eigenfrequencies of concrete and reinforced concrete beams



Michał Musiał\*, Jacek Grosel

Wrocław University of Technology, Faculty of Civil Engineering, Wybrzeże Wyspiańskiego 27, 50-370 Wrocław, Poland

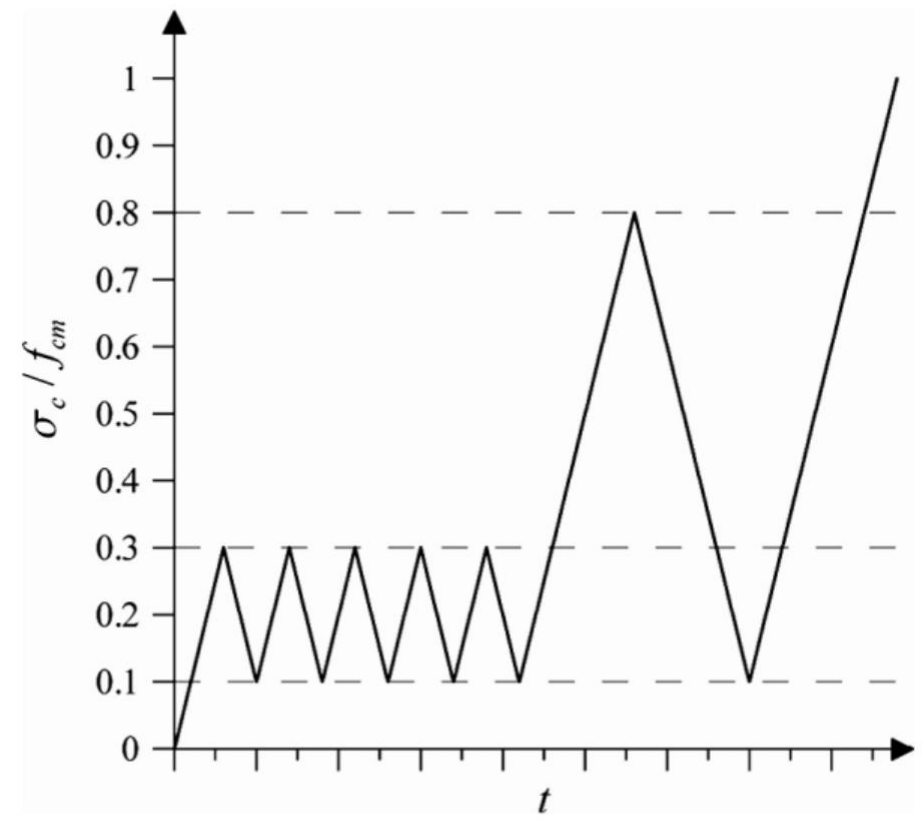


Fig. 3. Loading plan for testing Young's modulus of concrete.

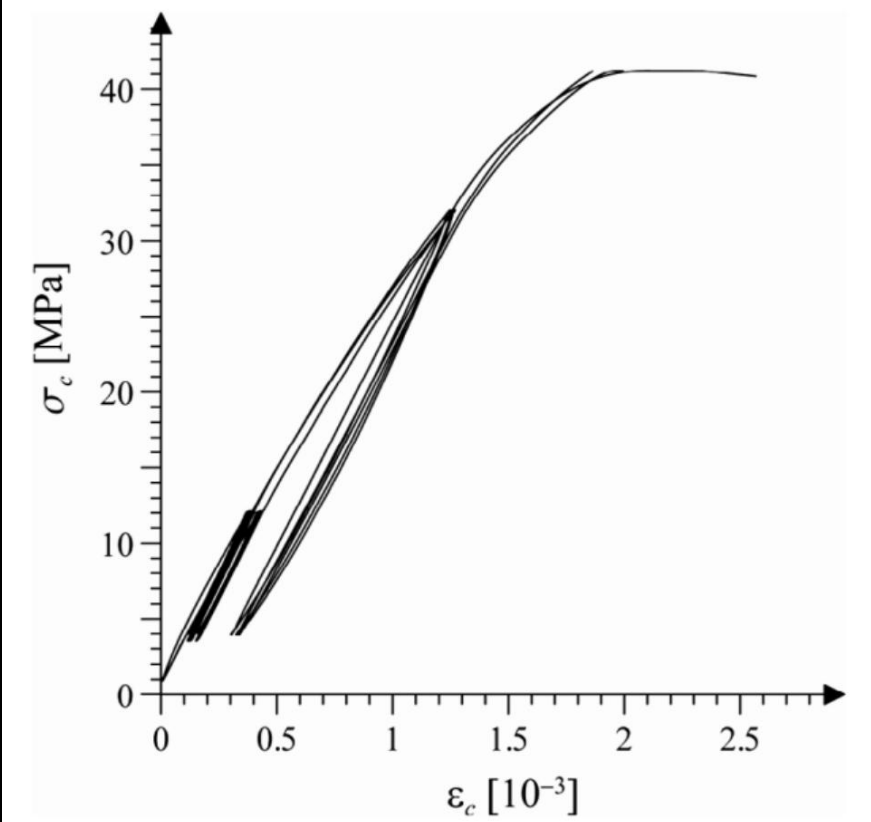


Fig. 5. Sample stress-strain curves.

# Norma:

# PN-EN 12390-13

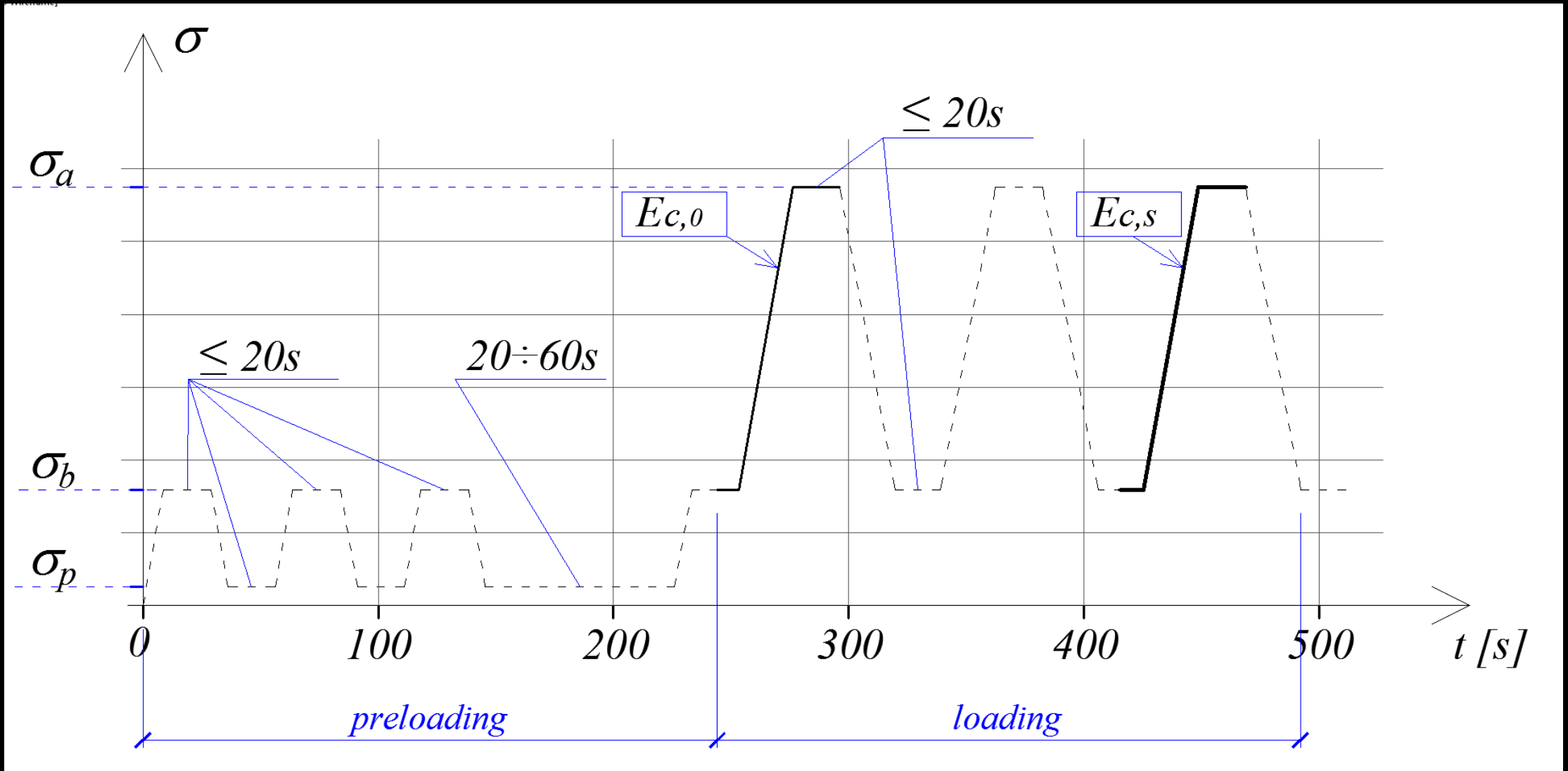
## **Badania betonu**

### **Część 13: Wyznaczanie siecznego modułu sprężystości przy ściskaniu**

Norma Europejska EN 12390-13:2013 *Testing hardened concrete - Part 13: Determination of secant modulus of elasticity in compression* ma status Polskiej Normy

- **EN 12390-1:2009.** Testing hardened concrete – Part 1: Shape, dimensions and other requirements of specimens and moulds
- **EN 12390-2:2009.** Testing hardened concrete – Part 2: Making and curing specimens for strength tests
- **EN 12390-3:2009.** Testing hardened concrete – Part 3: Compressive strength of test specimens
- **EN 12390-4:2010.** Testing hardened concrete – Part 4: Compressive strength – Specification for testing machines

# Test cycle



# Stress limits

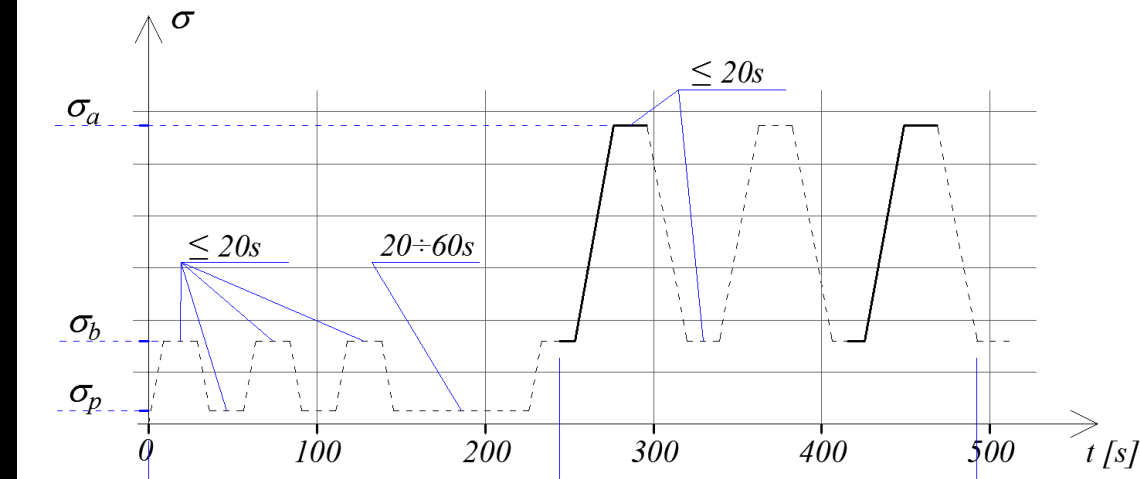
load rate  $0,6(\pm 0,2)$  MPa/s

$f_c$  – compressive strength of concrete determined by testing

$\sigma_p$  – preload stress  $0,5 \text{ MPa} \leq \sigma_p \leq \sigma_b$

$\sigma_b$  – lower stress  $0,10 f_c \leq \sigma_b \leq 0,15 f_c \quad (f_c / 9)$

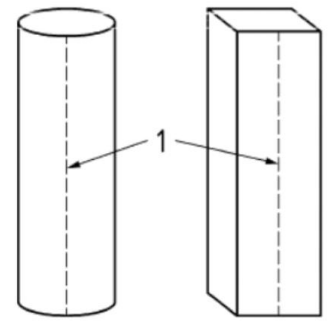
$\sigma_a$  – upper stress  $f_c / 3$





# Test specimens

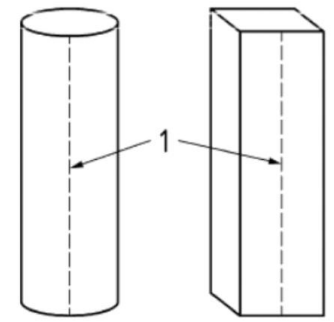
- Cylinder or prism
- The base of strain **measuring instrument** shall be between  $\frac{2}{3} d$  and  $\frac{1}{2}$  of  $L$  and not less than  $3D_{max}$
- $d$  – diameter or section width of specimen
- $L$  – specimen height
- $D_{max}$  – coarsest fraction of aggregates



Key  
1 measuring line

Figure 1 — Measuring line on cylinder and prismatic specimens

# Test specimens



Key  
1 measuring line

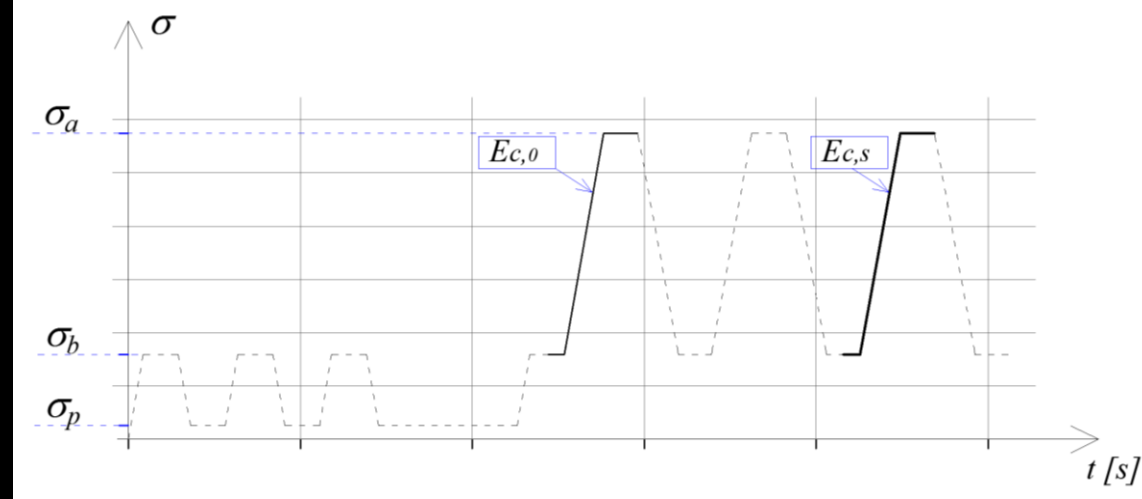
Figure 1 — Measuring line on cylinder and prismatic specimens

- If  $3,5 \leq L / d \leq 4$  than the base can be increased to  $2/3 L$
- Recommended test specimen – cylinder  $d=15 \times h=30$  cm
- Specimen can be moulded one or drilled core
- **At least :**  $d \geq D_{max}$  and  $2 \leq L / d \leq 4$

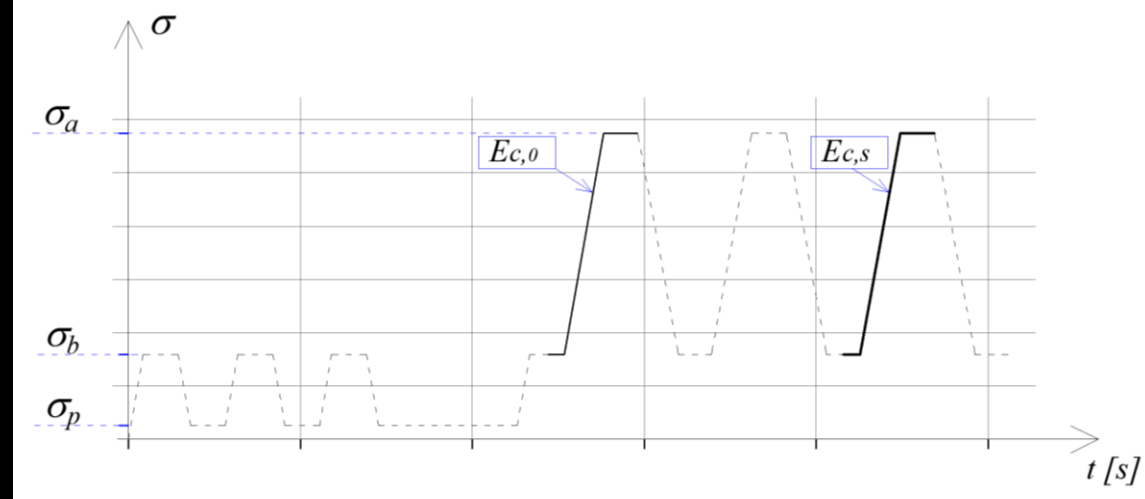
## Method A :

$E_{c,0}$  – initial secant modulus

$E_{c,s}$  – stabilized sec. modulus



- **fc** shall be determined (EN 12390-3) on companion specimens, preferably having the same shapes as the specimen
- The preloading cycles checks **wiring stability** and **specimen positioning**
- Repeat cycles and record  $\epsilon_b$  values which should be not differ from the average by more 20%

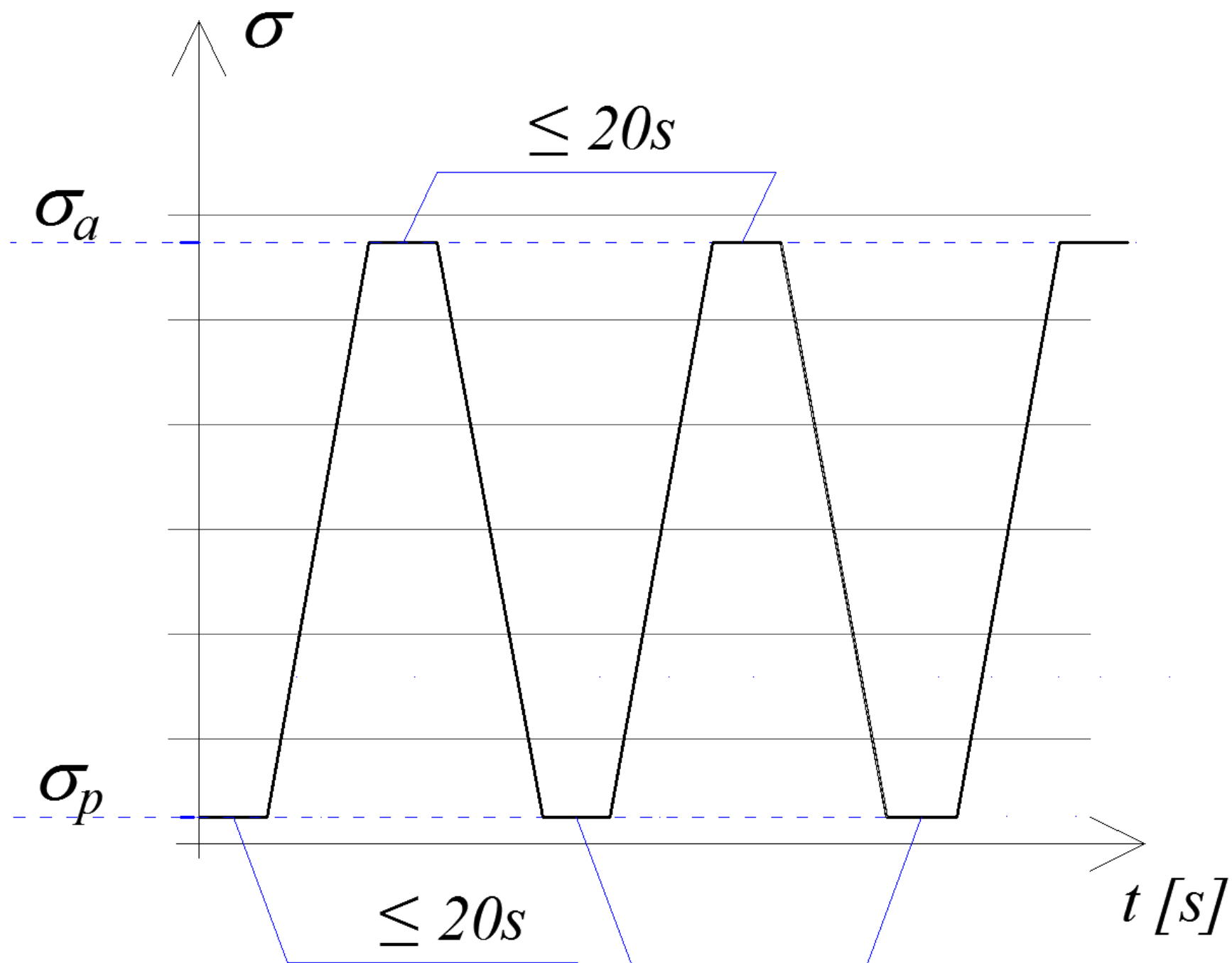


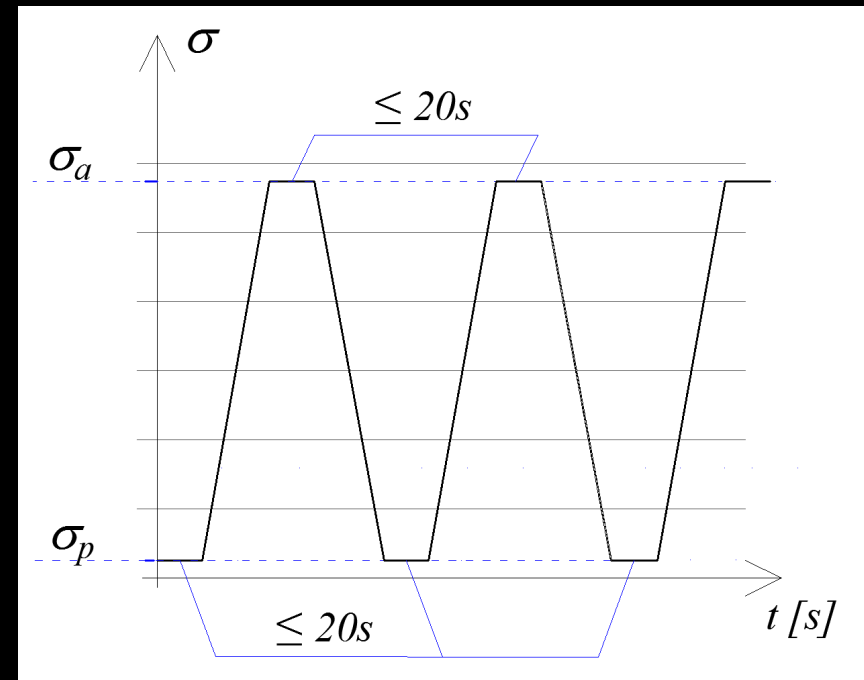
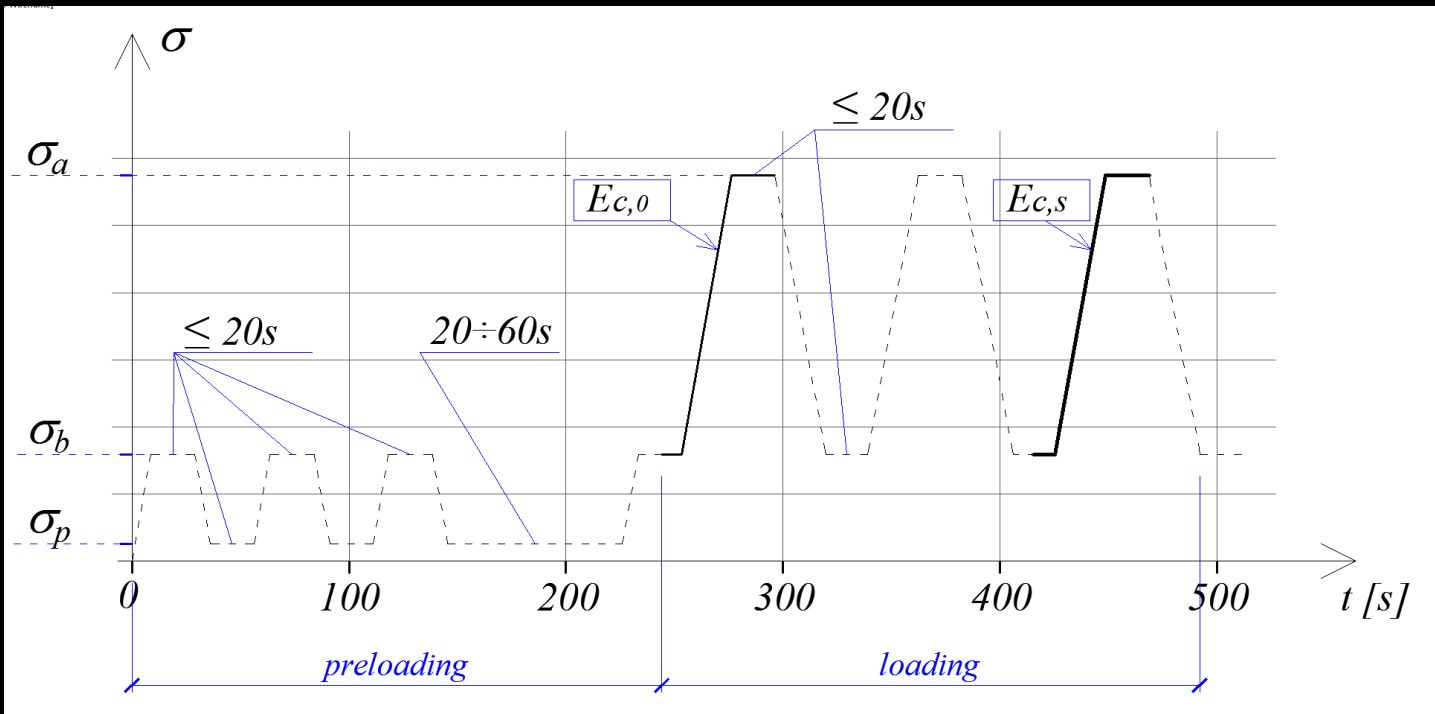
- Record the strains value  $\epsilon_b$  and calculate the average
- At the end of upper stress of the 1th and 3rd cycles record the corresponding strains  $\epsilon_{a,1}$  ,  $\epsilon_{a,3}$

## Method B :

$E_{c,s}$  –

stabilized sec.  
modulus





# Calculation of Secant Modulus

Initial secant modulus

– Method A

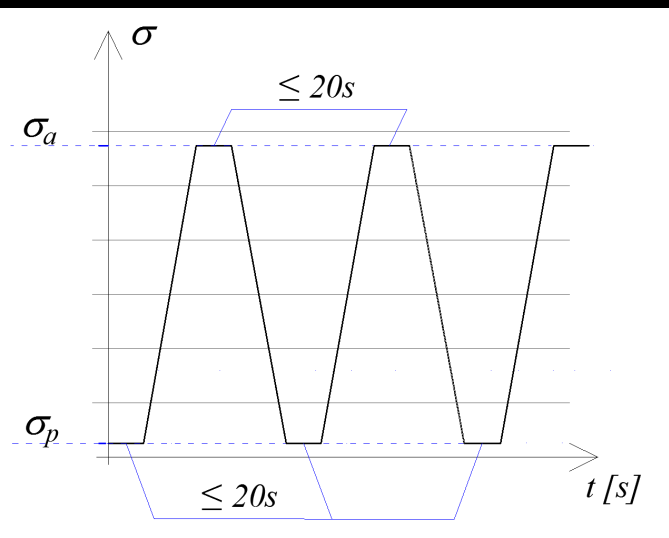
$$E_{C,0} = \frac{\Delta\sigma}{\Delta\varepsilon_0} = \frac{\sigma_a^m - \sigma_b^m}{\varepsilon_{a,1} - \varepsilon_{b,0}}$$

# Stabilized secant modulus – Method A

$$E_{C,S}^{(A)} = \frac{\Delta\sigma}{\Delta\varepsilon_s} = \frac{\sigma_a^m - \sigma_b^m}{\varepsilon_{a,3} - \varepsilon_{b,2}}$$

# Stabilized secant modulus – Method B

$$E_{C,S}^{(B)} = \frac{\Delta\sigma}{\Delta\varepsilon_s} = \frac{\sigma_a^m - \sigma_p^m}{\varepsilon_{a,3} - \varepsilon_{p,2}}$$

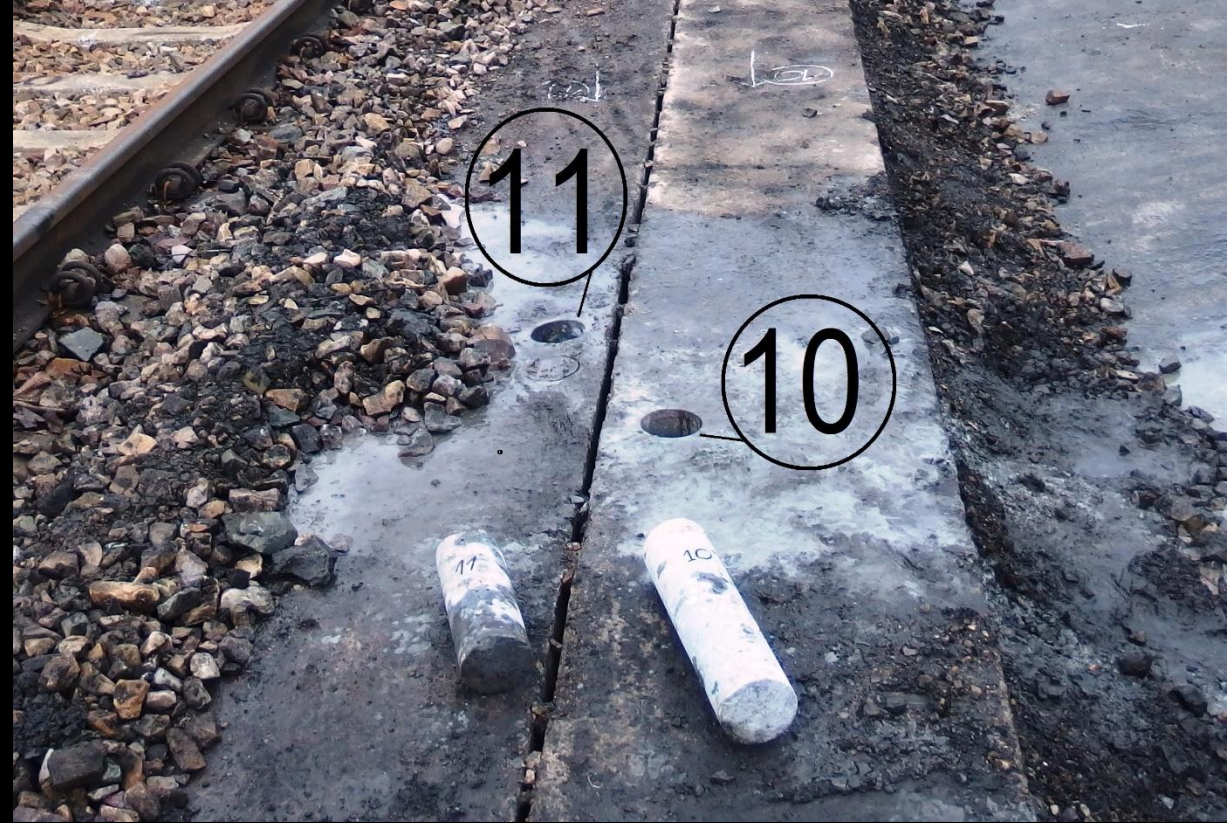






# Wiadukt kolejowy

- Wiadukt budowano w latach 1964-65.
- Był zaprojektowany na obciążenie wg NC D64 z 1954 r.
- Schemat statyczny – belka ciągła, ukos prawy  $\pi/4$
- Ustrój nośny - koryto balastowe żelbetowe sprężone



Nr rdzenia	Nr próbki	Wymiary próbki		Pole [mm <sup>2</sup> ]	Objętość [mm <sup>3</sup> ]	Masa [kg]	Gęst.obj. [kg/m <sup>3</sup> ]	Siła [kN]	f <sub>is</sub> [MPa]
		d [mm]	h [mm]						
1	1.a	99.5	100.7	7775.64	783006.76	1.780	2273.29	307.6	39.56
	1.b	99.5	100.8	7775.64	783784.33	1.748	2230.21	281.2	36.16
	1.c	99.5	101.8	7775.64	791559.97	1.784	2253.78	304.0	39.10
2	2.a	99.5	101.1	7775.64	786117.02	1.863	2369.88	437.3	56.24
	2.a	99.5	99.8	7775.64	776008.69	1.826	2353.07	502.2	64.59
	2.c	99.4	101.2	7760.02	785313.68	1.840	2343.01	546.6	70.44
10	10.a	99.5	101.6	7775.64	790004.84	1.934	2448.09	573.0	73.69
	10.b	99.5	101.1	7775.64	786117.02	1.830	2327.90	759.9	97.73
	10.c	99.5	101.4	7775.64	788449.71	1.816	2303.25	709.3	91.22
11	11.a	99.5	100.8	7775.64	783784.33	2.015	2570.86	806.4	103.71
	11.b	99.5	101.6	7775.64	790004.84	1.941	2456.95	866.3	111.41
12	12.a	99.5	101.2	7775.64	786894.58	2.039	2591.20	709.1	91.20
	12.b	99.6	98.5	7791.28	767440.63	1.883	2453.61	659.9	84.70
	12.c	99.6	103.5	7791.28	806397.01	2.032	2519.85	606.6	77.86

**Tablica 4.3.1. Ustrój nośny**

Nr rdzenia	Nr próbki	Wymiary próbki		Pole [mm <sup>2</sup> ]	Objętość [mm <sup>3</sup> ]	Masa [kg]	Gęst.obj. [kg/m <sup>3</sup> ]	Siła [kN]	f <sub>is</sub> [MPa]
		d [mm]	h [mm]						
10	10.a	99.5	101.6	7775.64	790004.84	1.934	2448.09	573.0	73.69
	10.b	99.5	101.1	7775.64	786117.02	1.830	2327.90	759.9	97.73
	10.c	99.5	101.4	7775.64	788449.71	1.816	2303.25	709.3	91.22
11	11.a	99.5	100.8	7775.64	783784.33	2.015	2570.86	806.4	103.71
	11.b	99.5	101.6	7775.64	790004.84	1.941	2456.95	866.3	111.41
12	12.a	99.5	101.2	7775.64	786894.58	2.039	2591.20	709.1	91.20
	12.b	99.6	98.5	7791.28	767440.63	1.883	2453.61	659.9	84.70
	12.c	99.6	103.5	7791.28	806397.01	2.032	2519.85	606.6	77.86

Metoda B

$$k(n=8) = 6$$

$$f_{ck, is} = f_{m(n), is} - k$$

$$f_{ck, is} = f_{is, lowest} + 4$$

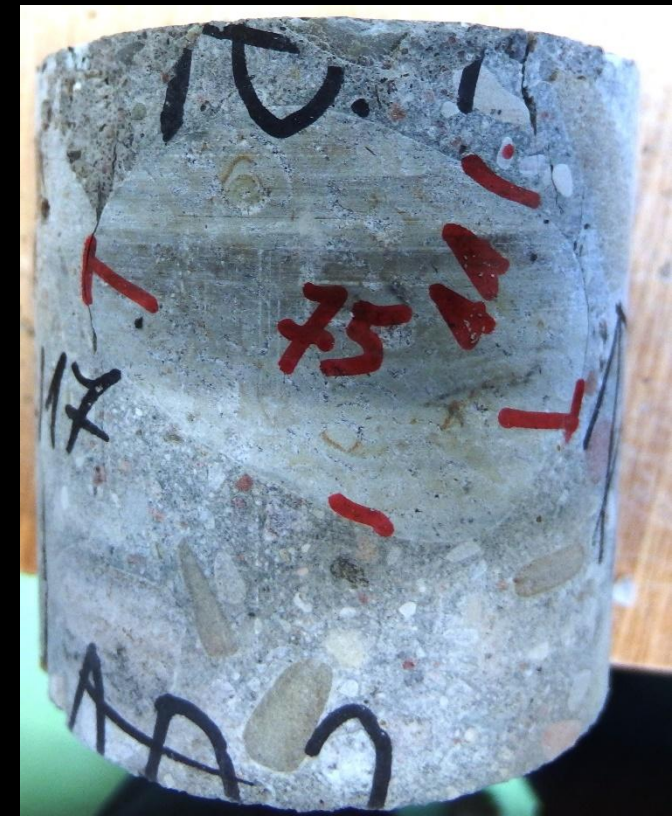
OdchStand =	12.73
Średnia = f <sub>m(n)</sub> =	91.44
ni =	0.14
f <sub>is, lowest</sub> =	73.69
f <sub>m(n), is</sub> - k =	85.44
f <sub>is, lowest</sub> + 4 =	77.69
<b>f<sub>ck, is</sub> =</b>	<b>77.69</b>

Na podstawie tablicy 1. z normy *PN-EN 13791* znajdujemy odpowiednik oznaczenia analogicznego do klasy wg *PN-EN 206-1* w chwili badania równą **C80/95**.

Dokonując sprowadzenia wartości średniej do 28 dni po wykonaniu betonu znajdujemy

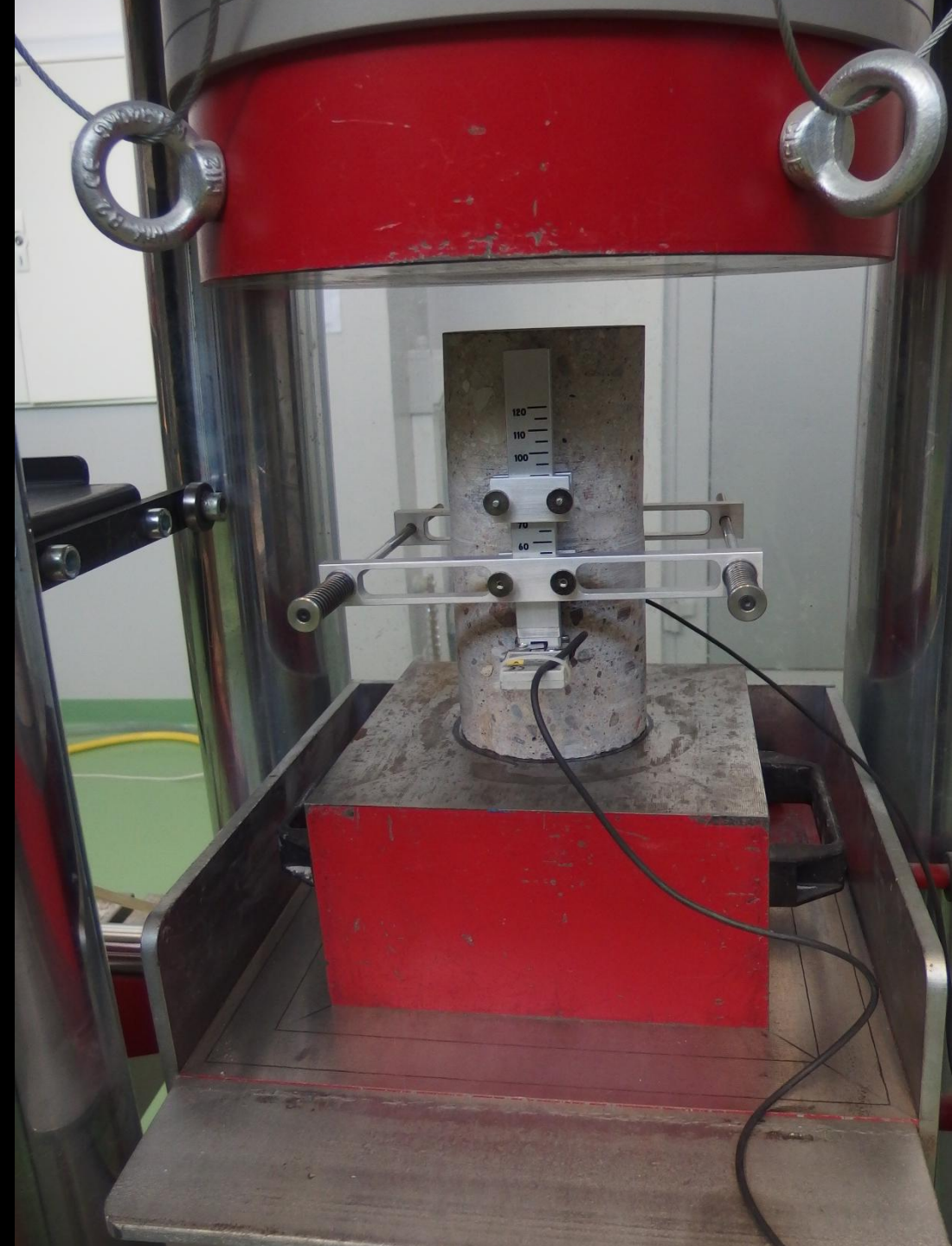
$$f_{cm} = 91.44 / 1,272 = 71,89 \text{ MPa}$$

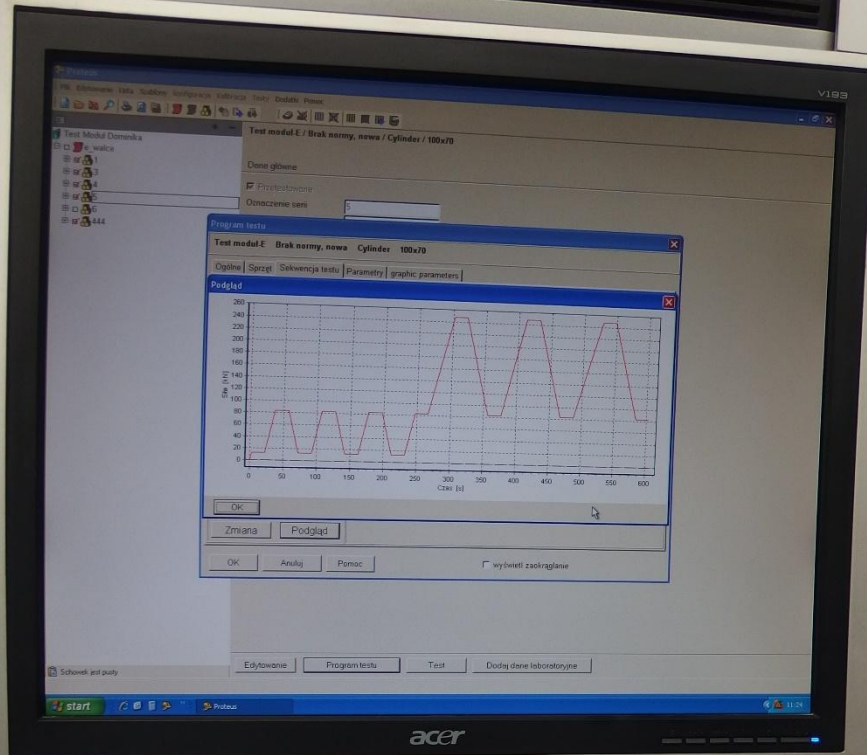
a stąd na podstawie tablicy 3.1 znajdujemy klasę betonu (po 28 dniach) **C60/65**.



Programowanie cykli obciążenie - odciążenie

	Rygiel Rdzeń 3	Ł.Podłoż Rdzeń 8	Ustrój Rdzeń 12
	[kN]		
$\sigma_b - F_b$	58	54	83
$\sigma_a - F_a$	174	163	248





Dane główne

Przetestowane

Oznaczenie serii

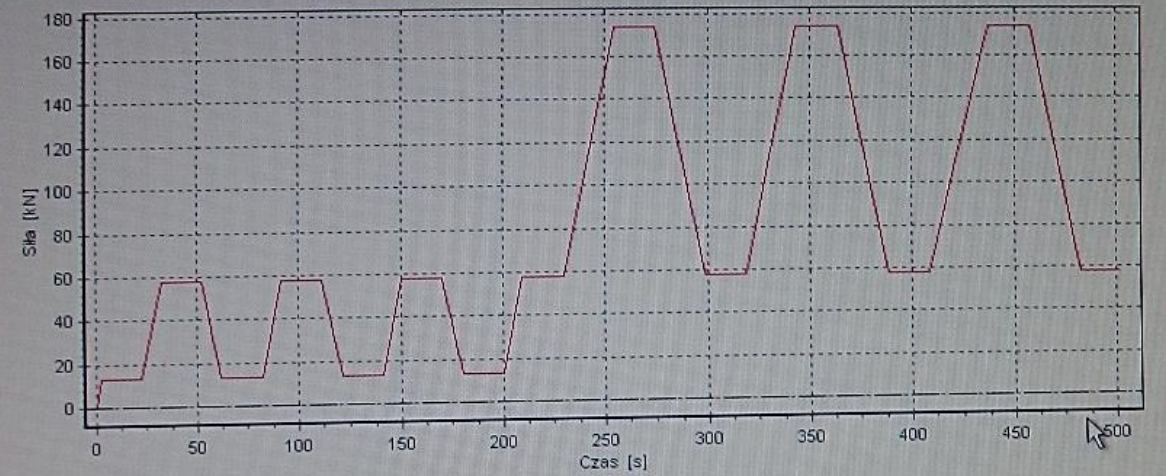
5

Program testu

Test modul-E Brak normy, nowa Cylinder 100x70

Ogólne Sprzęt Sekwencja testu Parametry graphic parameters

Podgląd



OK

Zmiana

Podgląd

OK

Anuluj

Pomoc

wyświetl zaokrąglenie

Edytowanie

Program testu

Test

Dodaj dane laboratoryjne

Proteus

w+b U1003

DigiCon 2000

U1003

nr ewid. T-6617805

Data wyrobienia: 2015 04 08

Data ważności: 2028 04 08

3000 kN M3  
+ 0.00 kN  
0.000 kN/s  
- 0.0004 mm

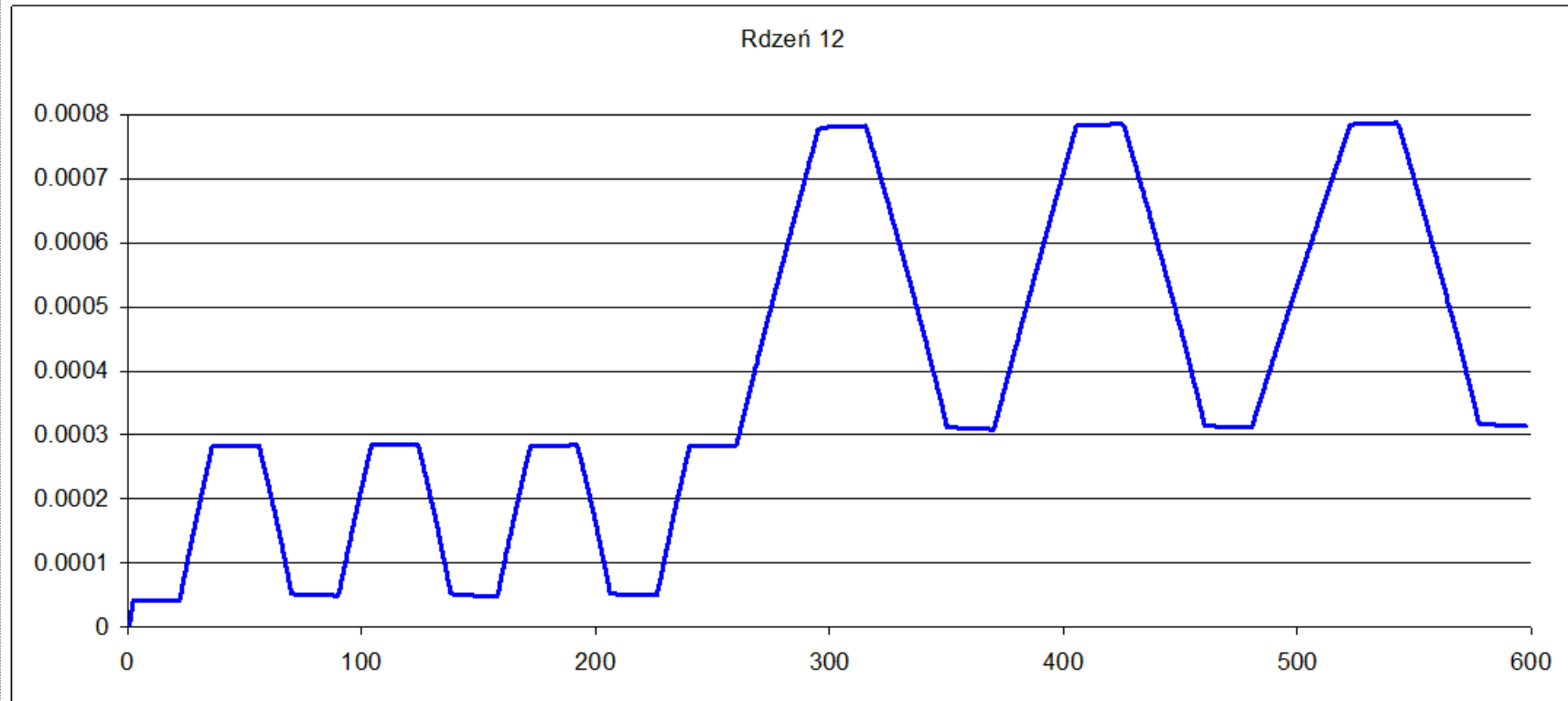
FO 7 8 9  
DI  
SET 5 6  
DE 1 2 EX 3  
FNC MA 0 ESC DILL

PEAK RES ZERO CALC DATA STOP START

ZER A A-B A-B 2 A A-B 2  
ZER B A-B A-B 2 A A-B 2  
ZER 1 ZER 2 ZER 1 ZER 2 ZER 1 ZER 2  
Z1 G1 Z1 G1 Z1 G1 Z1 G1 Z1 G1  
Z2 G2 Z2 G2 Z2 G2 Z2 G2 Z2 G2



**Tablica 2.10.** Wyznaczanie  $E_{cm}$ . Ustrój nośny - Rdzeń 12



F [N]	S[MPa]	del(śr)	Eps(śr)	$E_{cm}$ [GPa]
91335	11.746	0.0217	0.00031	37.89
248095	31.907	0.0543	0.00078	41.10
	20.160		0.00047	
$E_{c0} =$	<b>43.23</b>	[GPa]		

83025	10.678	0.0218	0.00031	34.29
247355	31.812	0.0548	0.00078	40.65
	21.134		0.00047	
$E_{cs} =$	<b>44.85</b>	[GPa]		

## Wnioski:

Wyniki obejmują po dwie wartości:  $E_{c0}$  - moduł początkowy oraz  $E_{cs}=E_{cm}$  - moduł ustabilizowany, który jest wielkością poszukiwaną.

W tabelicy poniżej zestawiono pomierzone wartości, przy czym odniesiono je do wartości średniej z próbek rdzeniowych odpowiednio do badanych rdzeni.

**Tablica 2.11.** Wyznaczanie  $E_{cm}$ . Zestawieniowe wyniki z testów na  $E_{cm}$  przy ściskaniu

Nr rdzenia	Nazwa elementu	$E_{c0}$ [GPa]	$E_{cs}=E_{cm}$ [GPa]	Wyniki sciskania			$f_{cm}$ [MPa]	$f_{cm}(E_{cm})$ - Odpow.normowy [MPa]
				[MPa]				
3	Rygiel	29.85	31.87	61.47	47.93	63.50	57.6	38, C30/37
8	Ława podł.	25.88	29.04	43.46	47.24		45.4	28, C16/20
12	Ustrój	43.23	44.85	91.20	84.70	77.86	84.6	98, C90/105

Interpretacja wyników zamieszczonych w Tablicy 3.6. jest bardziej złożona niż w przypadku wyników badań na ściskanie in-situ.

W tabelicy zamieszczono uzyskane wartości  $E_{cm}$ , oraz wyniki ściskania próbek in-situ z badanych na  $E_{cm}$  rdzeni 3, 8, 12. Tzn. po teście na  $E_{cm}$ , próbki docięto do nominalnych wymiarów  $d=10/h=10$  cm i poddano ściskaniu. Na tej podstawie wyznaczono wartość  $f_{cm}$  charakteryzującą badany materiał. Ostatnia kolumna jest odczytem  $f_{cm}(E_{cm})$  z Tablicy 1.3, w funkcji podanych tam wartości dla wyznaczonej w teście  $E_{cm}$ . W rezultacie otrzymano możliwość bezpośredniego porównania  $E_{cm}$  z  $f_{cm}$  oraz pośrednio sprawdzenie normowej relacji  $f_{cm}(E_{cm})$ .

Jedynie w przypadku wyznaczania  $E_{cm(12)}$  na próbce 12 mamy pełną zbieżność między  $E_{cm(12)} = 44.85$  GPa a wysokimi wartościami w Tablicy 2.1.

- Ende gut, alles gut