

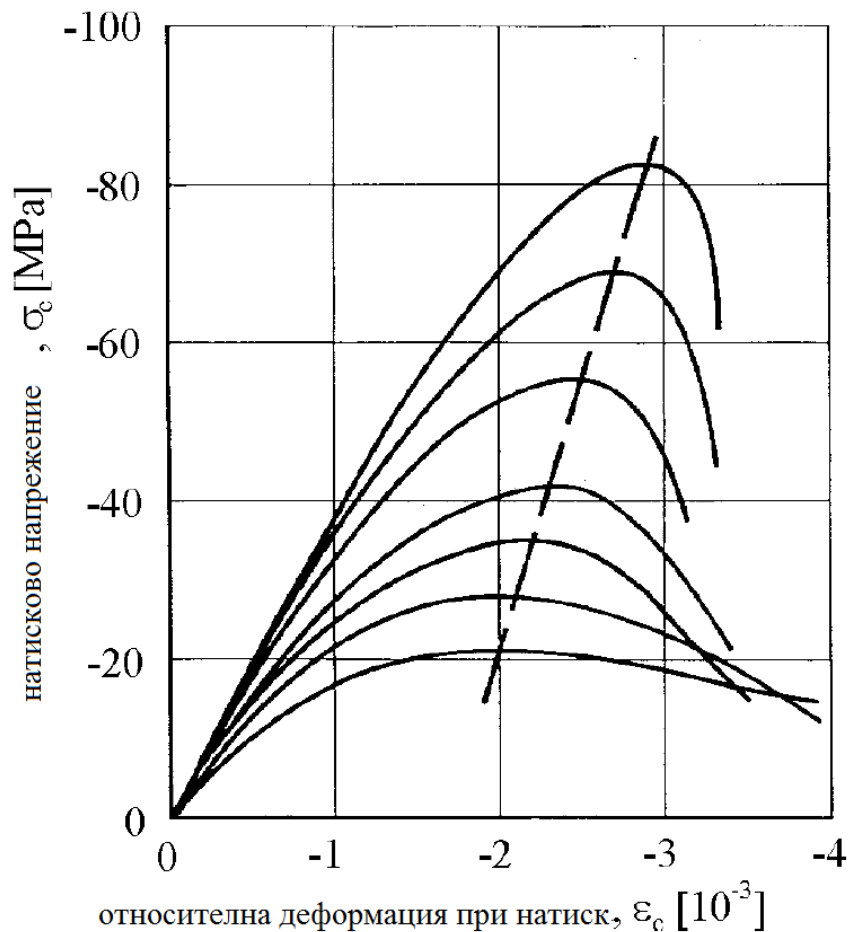


Тема № 17

# Модул на еластичност на бетона при натиск. БДС EN 12390-13

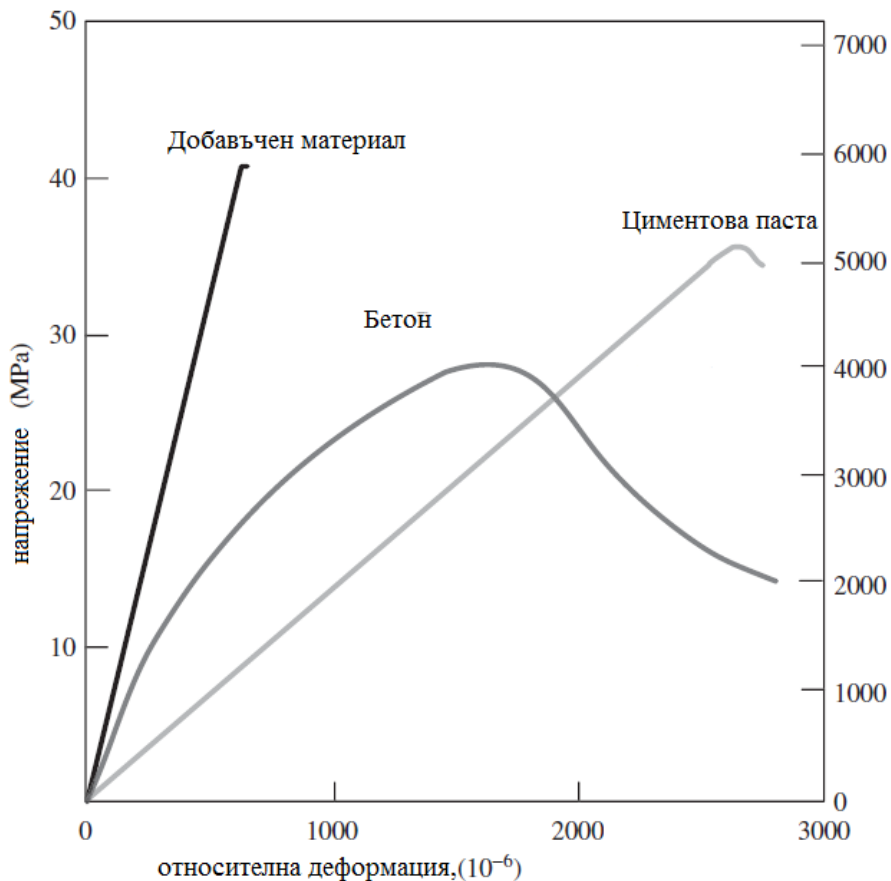
доц. д-р инж. И. Ростовски

Упражнения по „Строителни материали“  
Тема №17 Модул на еластичност на бетона при натиск – БДС EN 12390-13



**Работна диаграма на  
бетона при натиск,  
при бетони от  
различни класове, при  
постоянна скорост на  
нарастване на  
деформацията**

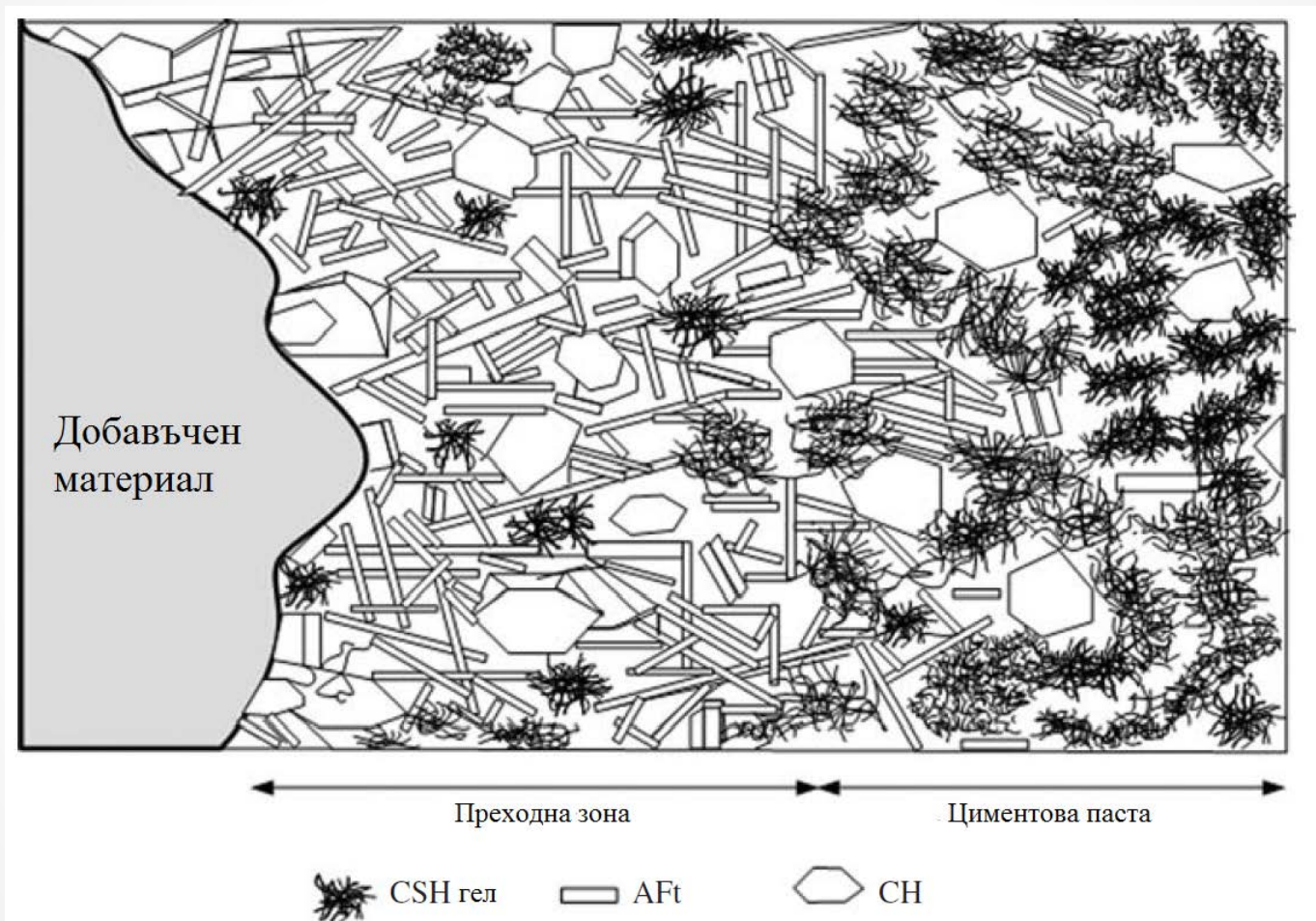
Упражнения по „Строителни материали“  
Тема №17 Модул на еластичност на бетона при натиск – БДС EN 12390-13

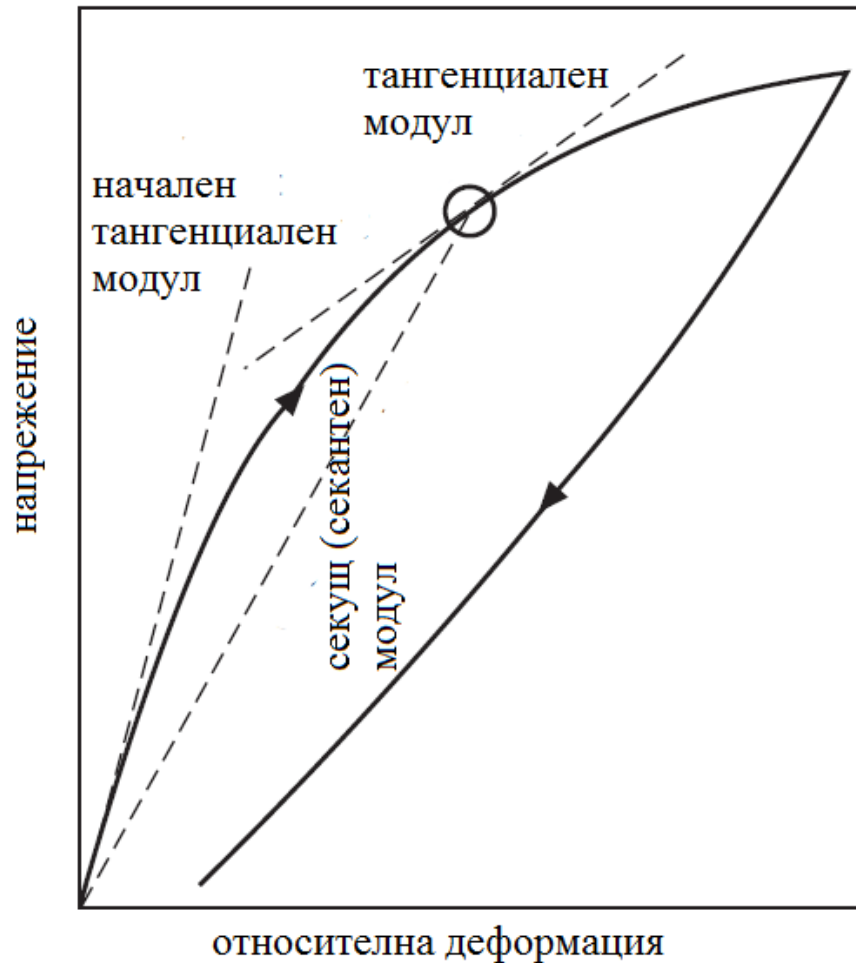


## Работни диаграма на бетон и компонентите му:

- Добавъчни материали;
- Циментова паста.

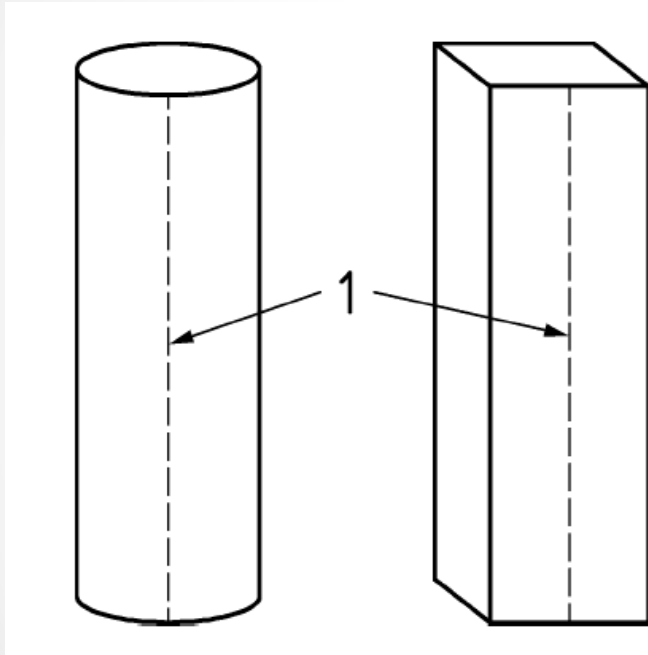
Упражнения по „Строителни материали“  
Тема №17 Модул на еластичност на бетона при натиск – БДС EN 12390-13





**Модули на  
надлъжните  
деформации при  
бетона**

## Експериментално определяне на модула на еластичност при бетона



Пробни тела с линии на измерване (1)

БДС EN 12390-13 специфицира метод за определяне на секантен (секущ, хордов) модул на еластичност на бетона.

Методът за изпитване позволява да се определят два секантни модула – начален модул  $E_{c,o}$  – измерен при първоначално натоварване и стабилизирани модул  $E_{c,s}$ , измерен след три цикъла на натоварване и разтоварване.

Описани са два метода на изпитване:

- **Метод „А“** – за определяне на начални и стабилизиращия модул на еластичност;
- **Метод „В“** – за определяне на стабилизиращия модул на еластичност.

Използваните пробни тела са цилиндри или призми, с отношение на височината към диаметъра на основата респ. дължината на основния ръб между 2 и 4, т.е.:

$$2 \leq L/d \leq 4$$

Дължината на измерване на деформациите (база) трябва да бъде в диапазона от  $2/3$  от диаметъра на пробното тяло (или дължината на основния ръб) и  $1/2$  от височината му, но не по малко от  $3D_{\max}$ .

При проби, за които  $L/d = 3.5 \div 4$ , дължината на измерване може да бъде увеличена до  $2/3$  от височината на тялото.

Уредите за измерване на деформациите се разполагат симетрично, спрямо основите на пробните тела.

Упражнения по „Строителни материали“  
Тема №17 Модул на еластичност на бетона при натиск – БДС EN 12390-13





Преди началото на изпитването се определя якостта на натиск на бетона  $f_c$ , съгласно БДС EN 12390-3, като се използват пробни тела със същите форма и размери. Ако подобни пробни тела не са на разположение, може да се използват и различни, като това се отчете при изчисляване на резултатите. При липса на пробни тела, якостта на бетона може да бъде определена и по безразрушителен метод.

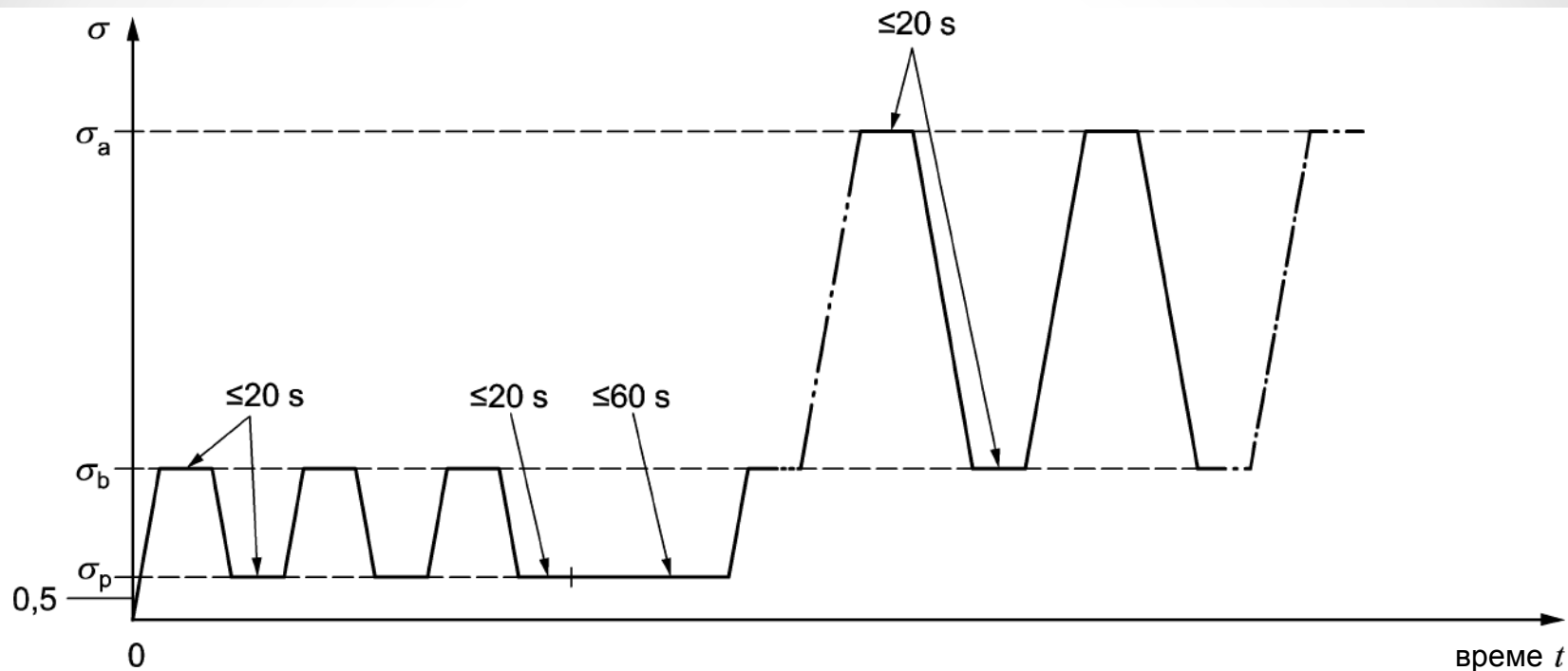
### Метод „А“

Извършват се три предварителни цикъла на натоварване и разтоварване с цел да се провери стабилността на измервателното оборудване (първа проверка) и позиционирането на пробното тяло (втора проверка).

Пробното тяло, заедно с приборите за измерване на деформациите се поставя централно, по оста на натоварване на машината за изпитване.

За първия предварителен цикъл на натоварване и разтоварване, върху пробното тяло се прилага натоварване със скорост  $(0,6 \pm 0,2)$  MPa/s до достигане до ниското ниво на напрежението  $\sigma_b$ .

Упражнения по „Строителни материали“  
 Тема №17 Модул на еластичност на бетона при натиск – БДС EN 12390-13



- Цикъл на натоварване
- · — · Цикъл на натоварване за определяне на началния секантен модул на еластичност – Метод „А“
- · — — Цикъл на натоварване за определяне на стабилизирания секантен модул на еластичност – Метод „А“
- $\sigma$  Приложено напрежение в  $N/mm^2$  (Мра)
- $\sigma_a$  Горно ниво на напрежението  $f_c/3$
- $\sigma_b$  Долно ниво на напрежението  $0.1f_c \leq \sigma_b \leq 0.15f_c$
- $\sigma_p$  Предварително базово напрежение –  $0,5 N/mm^2$  (Мра)  $\leq \sigma_p \leq \sigma_b$

Упражнения по „Строителни материали“  
Тема №17 Модул на еластичност на бетона при натиск – БДС EN 12390-13

Ниското ниво на напрежението се поддържа постоянно, с отклонение  $\pm 5\%$  от номиналната стойност за период не повече от 20 s. Ниското ниво на напрежението  $\sigma_b^m$  се записва. Натоварването се намалява със скорост  $(0,6 \pm 0,2)$  MPa/s до достигане на предварителното (базово) напрежение  $\sigma_p$ . Предварителното напрежение се поддържа за период не повече от 20 s. В края на този период се нулират отчетите на измервателните инструменти. Циклите на натоварване и разтоварване се изпълняват още два пъти т.е. цикъл две и цикъл три. В края на всеки период на натоварване се записват деформациите  $\epsilon_b$  по всяка линия на измерване. След три цикъла, базовото напрежение, с отклонение  $\pm 5\%$  от номиналната му стойност, се поддържа в продължение на 60 s и се извършват следните проверки.

### ***Първа проверка***

По всяка линия на измерване, вариацията на  $\epsilon_b$  от втория до третия цикъл не трябва да надхвърля 10%. Ако разликата е над 10% инструментите се позиционират отново и процедурата се повтаря. Ако не може да бъде установена позицията на измервателните инструменти, при която се получава разлика по-ниска от 10%, изпитването се прекратява.

### ***Втора проверка***

Деформациите  $\epsilon_b$  при третия цикъл на натоварване по всички линии на измерване трябва да се различават от средната им стойност се не повече от 20%. Ако тази граница не е достигната, пробата се позиционира отново и процедурата се повтаря. Ако не е възможно разликата да се сведе до 20%, изпитването се прекратява и пробното тяло се отхвърля. Напреженията нарастват със скорост  $(0,6 \pm 0,2)$  MPa/s от базовото напрежение до ниското ниво на напреженията. Ниското ниво на напреженията се поддържа постоянно, с отклонение до  $\pm 5 \%$  от номиналната стойност, за период не надхвърлящ 20 s.

В края на този период се записва отчета на приборите по всяка линия на измерване и се изчислява средната  $\epsilon_{b,0}$  деформация за това ниво на напреженията.

Провеждат се три цикъла на натоварване и разтоварване.

За всеки цикъл, приложеното напрежение върху пробното тяло се увеличава със скорост  $(0,6 \pm 0,2)$  MPa/s, до достигане на горното ниво на напрежението  $\sigma_a$ . Горното ниво на напрежението се задържа постоянно, с отклонение  $\pm 5$  % от номиналната стойност, за период от не повече от 20 s.

За цикли едно и две, напрежението се намалява със скорост  $(0,6 \pm 0,2)$  MPa/s до достигане на долното ниво на напрежението. Долното ниво на напрежението се задържа постоянно, с отклонение  $\pm 5$  % от номиналната стойност, за период от не повече от 20 s.

В края на фазата с високо ниво на напрежението в първия и третия цикъл, когато товарът е стабилен се записват съответните деформации по всяка линия на измерване и се изчислява средната деформация  $\epsilon_{a,1}$  и  $\epsilon_{a,3}$ , за това ниво на напрежението.

В края на фазата с ниско напрежение на втория цикъл, когато товарът е стабилен се записват деформациите по всяка линия на измерване и се изчислява средната стойност на деформацията за това ниво на напрежението  $\epsilon_{b,2}$ .

Измерената стойност на *долното ниво на напрежението*  $\sigma_b$  се записва.

Измерената стойност на *горното ниво на напрежението*  $\sigma_a$  се записва.

След приключване на всички измервания, при горното ниво на напреженията на третия цикъл натоварване-разтоварване, се определя якостта на натиск на пробното тяло съгласно БДС EN 12390-3.

Получената якост на натиск се записва с точност 0,1 МПа.

За да се предотврати повреда на измервателните прибори, същите може да се отстранят внимателно от пробното тяло.

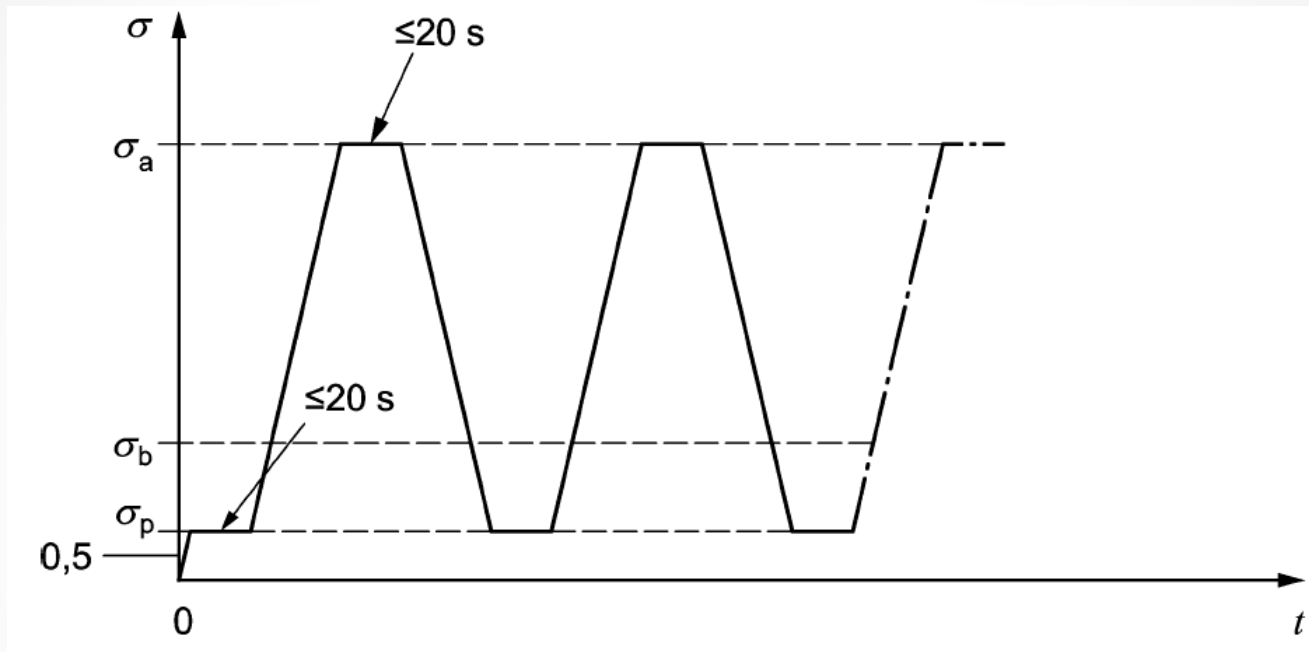
Ако получената якост на натиск се отличава с повече от 20% от предварително определената якост на бетона  $f_c$ , то това се записва в Протокола от изпитване.

### Метод „В“

Провеждат се три цикъла на натоварване и разтоварване. Проверява се позиционирането на пробното тяло (*първа проверка*) и стабилността на измервателните прибори (*втора проверка*), в края на втория и третия цикъл. Пробното тяло, заедно със закрепените за него измервателни прибори с разполага централно върху машината за натоварване.

Прилага се предварително напрежение  $\sigma_p$ . Предварителното напрежение се задържа за период от не повече от 20s. В края на този период се нулират показанията на измервателните прибори.

Упражнения по „Строителни материали“  
 Тема №17 Модул на еластичност на бетона при натиск – БДС EN 12390-13



- Цикъл на натоварване
- - - Цикъл на натоварване за определяне на стабилизирания секантен модул на еластичност
- $\sigma$  Приложено напрежение в  $N/mm^2$  (Мра)
- $\sigma_a$  Горно ниво на напрежението  $f_c/3$
- $\sigma_b$  Долно ниво на напрежението  $0.1f_c \leq \sigma_b \leq 0.15 f_c$
- $\sigma_p$  Предварително базово напрежение –  $0,5 N/mm^2$  (Мра)  $\leq \sigma_p \leq \sigma_b$

### *Първи цикъл*

Приложеният върху пробното тяло това се увеличава със скорост  $(0,6 \pm 0,2)$  MPa/s, от базовата стойност до високото ниво на напрежението  $\sigma_a$ . Високото ниво на напрежението се поддържа, с отклонение  $\pm 5 \%$  от номиналната стойност, за период не повече от 20 s. В края на този период се записва деформацията по всяка линия на измерване и се изчислява средната стойност,  $\epsilon_{a,1}$ .

Напрежението се намалява със скорост  $(0,6 \pm 0,2)$  MPa/s до нивото на базовата стойност, която се задържа за период от не повече от 20 s. В края на този период се записват деформациите по всяка линия на измерване и се определя средната им стойност,  $\epsilon_{p,1}$ .

### *Втори цикъл*

Напрежението нараства със скорост  $(0,6 \pm 0,2)$  MPa/s от базовата стойност до достигане на високото ниво. Високото ниво на напрежението се поддържа, с отклонение  $\pm 5 \%$  от номиналната стойност, за период не повече от 20 s. В края на периода се записват деформациите по всяка линия на измерване и се изчислява средната им стойност,  $\epsilon_{a,2}$ .



Напрежението се намалява със скорост  $(0,6 \pm 0,2)$  MPa/s до нивото на базовата стойност, която се задържа за период от не повече от 20 s. В края на този период се записват деформациите по всяка линия на измерване и се определя средната им стойност,  $\epsilon_{p,2}$ .

### *Първа проверка*

При първия цикъл на натоварване, деформацията  $\epsilon_a$  по всяка линия на натоварване, не трябва да се различава от средната стойност  $\epsilon_{a,1}$  с повече от 20%. Ако тази граница не е постигната, пробното тяло се центрира отново и изпитването се рестартира. Ако не е възможно да се редуцира разликата под 20%, изпитването се прекратява и пробното тяло се отхвърля.

### *Трети цикъл*

Напрежението нараства със скорост  $(0,6 \pm 0,2)$  MPa/s от базовата стойност до достигане на високото ниво. Високото ниво на напрежението се поддържа, с отклонение  $\pm 5 \%$  от номиналната стойност, за период не повече от 20 s. В края на периода се записват деформациите по всяка линия на измерване и се изчислява средната им стойност,  $\epsilon_{a,3}$ .

### *Втора проверка*

По всяка линия на измерване, вариацията на  $\epsilon$  от втория до третия цикъл на измерване не трябва да бъде повече от 10 %.

Ако разликата се деформациите е повече от 10%, изпитването се спира, измервателните прибори се позиционират отново и работата се подновява. Ако не е възможно да се намали разликата под 10% се подновяването на изпитването, разликата трябва да бъде включена в резултата от изпитването.

Измерената стойност на *долното ниво на напрежението*  $\sigma_b$  се записва.

Измерената стойност на *горното ниво на напрежението*  $\sigma_a$  се записва.

След приключване на всички измервания, при горното ниво на напреженията на третия цикъл натоварване-разтоварване, се определя якостта на натиск на пробното тяло съгласно БДС EN 12390-3.

Получената якост на натиск се записва с точност 0,1 МПа.

За да се предотврати повреда на измервателните прибори, същите може да се отстранят внимателно от пробното тяло.

Ако получената якост на натиск се отличава с повече от 20% от предварително определената якост на бетона  $f_c$ , то това се записва в Протокола от изпитване.

Изчисляване на резултатите:

**Начален секантен модул на еластичност – Метод „А“**

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

**Стабилизиран секантен модул на еластичност – Метод „А“ или Метод „В“**  
Метод „А“

$$E_{c,s} = \frac{\Delta\sigma}{\Delta\varepsilon_s} = \frac{\sigma_a^m - \sigma_b^m}{\varepsilon_{a,3} - \varepsilon_{b,2}}$$

Метод „В“

$$E_{c,s} = \frac{\Delta\sigma}{\Delta\varepsilon_s} = \frac{\sigma_a^m - \sigma_p^m}{\varepsilon_{a,3} - \varepsilon_{p,2}}$$

**Упражнения по „Строителни материали“**  
**Тема №17 Модул на еластичност на бетона при натиск – БДС EN 12390-13**

Числен пример – метод „В“:

Пробно тяло – **100/100/400mm**

Дължина на измерване на деформациите – **b = 100mm**

Призмена якост на бетона – **30 N/mm<sup>2</sup>**

Прибори за измерване на деформациите – деформометри часовников тип с увеличение **n = 1000 пъти**

Предварително (базово ниво на напрежението) –  **$\sigma_p = 1 \text{ N/mm}^2$**

Ниско ниво на напрежението –  **$\sigma_b = 3 \text{ N/mm}^2$**

Високо ниво на напрежението -  **$\sigma_a = 10 \text{ N/mm}^2$**

	Напрежение N/mm <sup>2</sup>	$\Delta\sigma =$ $\sigma_a - \sigma_p$ N/mm <sup>2</sup>	Отчети			$\Delta И$	$\Delta b = \Delta И/n$	$\Delta\varepsilon_s = \varepsilon_{a,3} - \varepsilon_{p,2}$ $= \Delta b/b$	$E_{c,s} = \frac{\Delta\sigma}{\Delta\varepsilon_s}, \text{ N/mm}^2$
			И1	И2	И = 0,5*(И1+И2)				
<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	<b>9</b>	<b>10</b>
$\sigma_p$	<b>1</b>	<b>9</b>							
$\sigma_a$	<b>10</b>								

## Въпроси ???



**Благодаря  
за  
вниманието!**