



Тема № 16

# Проектиране на състава на бетона Числен пример.

доц. д-р инж. И. Ростовски

**Задание: Да се определи състава на бетон, предназначен за изпълнение на стоманобетонна настилка. Класът на конструкцията, съгласно БДС EN 1992-1-1 е S4. Класът на бетона по въздействие на околната среда, съгласно БДС EN 206 е XC4 и XF4. Дебелината на настилка е  $t = 20$  cm.**

## I. Предварителен етап

### I.1. Избор на проектен клас на бетона.

От Приложение F на БДС EN 206 са отчетени следните препоръчителни характеристики за бетона, в зависимост от класа по въздействие на околната среда:

#### A) за клас XC 4:

- Максимално водоциментно отношение  $w_{\max} = 0.50$ ;
- Минимален клас на бетона по якост на натиск – C 30/37;
- Минимално количество на цимента –  $C_{\min} = 300$  kg.

Упражнения по „Строителни материали“  
Тема №16 Проектиране на състава на бетона – числен пример

**Б)** за клас XF 4:

- Максимално водоциментно отношение  $w_{\max} = 0.45$ ;
- Минимален клас на бетона по якост на натиск – С 30/37;
- Минимално количество на цимента –  $C_{\min} = 340 \text{ kg}$ ;
- Минимално съдържание на въздух – 4%;
- Използване на добавъчни материали, устойчиви на замразяване.

Очевидно, изискванията по отношение на състава на бетона са по-строги за клас XF 4.

Вземайки предвид, препоръките на БДС EN 206, Приложение F, проектантът по част „Конструкции“ е избрал проектен клас на бетона С 35/45. Целевата средна кубова якост на бетона е:

$$f_{cm} \approx 1.3 * 45 = 58.5 \text{ N/mm}^2$$

## I.2. Избор на тип и клас на цимента.

Основният фактор при избор на типа цимент е класът по условия на работа на конструкцията, а класът на цимента се избира в зависимост от проектната якост на бетона.

В конкретния случай е избран цимент тип СЕМ I, клас 52,5.

След лабораторни изпитвания са установени следните числени стойности на свойствата на цимента:

- Якост на натиск на цимента –  $R_{\text{ц}} = 58,3 \text{ N/mm}^2$ ;
- Обемна плътност в свободно насипано състояние –  $\rho_{\text{o,ц}} = 1050 \text{ kg/m}^3$ ;
- Специфична плътност –  $\rho_{\text{с,ц}} = 3140 \text{ kg/m}^3$ .

### I.3. Свойства на пясъка.

- А) Модул на едрина –  $M_e = 3,4$  (едър);
- Б) Объемна плътност в свободно насипано състояние -  $\rho_{o,\pi} = 1610 \text{ kg/m}^3$  ;
- В) Объемна плътност във влажно състояние, на мястото на производство –  $\rho_{o,\pi}^w = 1380 \text{ kg/m}^3$  ;
- Г) Влажност по маса, на мястото на производство -  $w_\pi = 6 \%$ ;
- Д) Специфична плътност (плътност на зърната) -  $\rho_{c,\pi} = 2630 \text{ kg/m}^3$  ;

### I.4. Свойства на едрия добавъчен материал.

- А) Вид – трошен камък;
- Б) Объемна плътност в свободно насипано състояние -  $\rho_{o,e} = 1495 \text{ kg/m}^3$  ;
- В) Влажност по маса, на мястото на производство -  $w_\pi = 0,3 \%$ ;
- Г) Специфична плътност -  $\rho_{c,\pi} = 2740 \text{ kg/m}^3$  ;

### Избор на максимален размер на зърното $d_{max}$ , mm:

$d_{max} \leq \frac{1}{3} D$ : Бетонната смес ще се полага с бетон-помпа, с диаметър на тръбите на бетонопровода  $D = 110$  mm;

$$d_{max} \leq \frac{1}{3} D = 110/3 = 36.7 \text{ mm}$$

$d_{max} \leq \frac{1}{2} t$  Дебелината на настилка  $t$  е 200mm, следователно:

$$d_{max} \leq \frac{1}{2} t = 200/2 = 100 \text{ mm}$$

$d_{max} \leq \frac{2}{3} a_{cl}$  От армировъчния план на настилка е отчетено, че светлото разстояние между армировъчните пръти е 100 mm;

$$d_{max} \leq \frac{2}{3} a_{cl} = 2/3 * 100 = 66.7 \text{ mm}$$

$d_{max} \leq 1.2 c$  За клас на конструкцията S4 и клас по въздействие на околната среда XC4 е отчетено  $c = 30$  mm

$$d_{max} \leq 1.2 c = 1.2 * 30 = 36 \text{ mm}$$

Упражнения по „Строителни материали“  
Тема №16 Проектиране на състава на бетона – числен пример

Избраният максимален размер на зърното на ЕДМ е **31,5 mm**, който удовлетворява едновременно всички неравенства.

При производството на бетонната смес ще се използват три фракции ЕДМ, както следва **4/8mm**, **8/16mm** и **16/31.5mm**.

## II. Предварителен етап

### II.1. Определяне на водоциментното отношение.

От формулата на Отто-Граф:

$$f_{cm} = \frac{R_u}{m \cdot w^2} \quad \longrightarrow \quad w = \sqrt{\frac{R_u}{m \cdot f_{cm}}} = \sqrt{\frac{58.3}{6.2 * 58.5}} = 0.40$$

От модифицираната формула на Боломей:

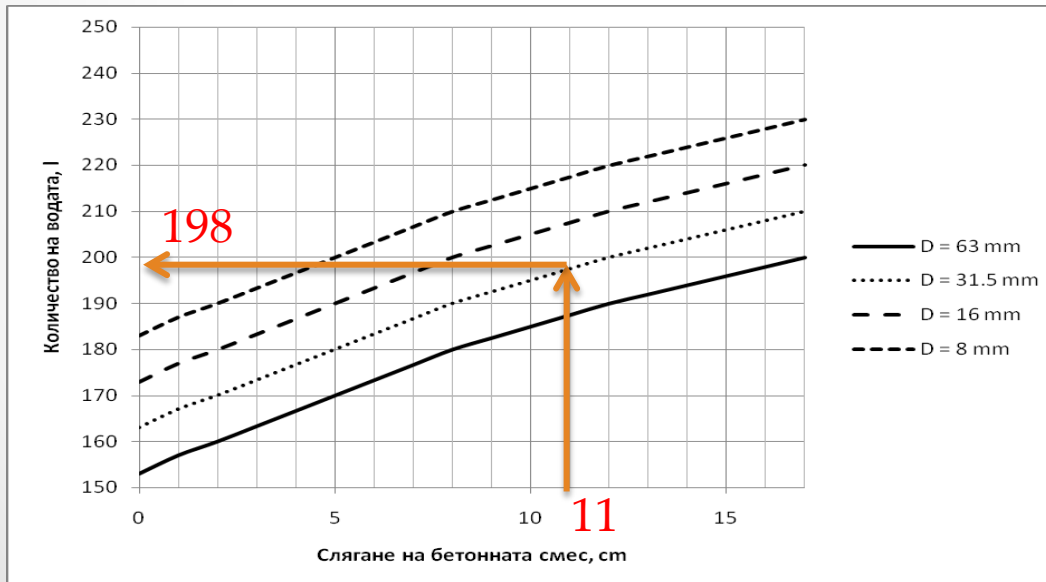
$$f_{cm} = a_1 R_u \left( \frac{1}{w} + 0,5 \right) \quad \longrightarrow \quad w = \frac{a_1 R_u}{f_{cm} - 0.5 a_1 R_u} = \frac{0.32 * 58.3}{58.5 - 0.5 * 0.32 * 58.3} = 0.38$$

Упражнения по „Строителни материали“  
Тема №16 Проектиране на състава на бетона – числен пример

Прието е водоциментно отношение  $w = 0.5 \cdot (0.40 + 0.38) = 0.39 < w_{\max} = 0.45$

II.2. Определяне на количеството на водата.

При изпълнение на стоманобетонни настилки се използват бетонни смеси със слягане не повече от 10 – 12 cm, от друга страна полагането с помпа изисква клас по слягане S3 или S4. Прието е проектно слягане на бетонната смес  $S = 11$  cm.



Отчетено количество  
на водата:

$$V_{\text{отч}} = 198 \text{ l}$$



Упражнения по „Строителни материали“  
Тема №16 Проектиране на състава на бетона – числен пример

$$V = V_{\text{отч}} + \Delta V_{\text{п}} + \Delta V_{\text{тр.к.}} + \Delta V_{\text{ппц}} + \Delta V_{\text{ц}>400}$$

$$V_{\text{отч}} = 198 \text{ l}$$

$\Delta V_{\text{п}} = -10 \text{ l}$  – корекция на водата за едър пясък;

$\Delta V_{\text{тр.к.}} = +10 \text{ l}$  – корекция на водата за употреба на трошен камък;

$\Delta V_{\text{ппц.}} = 0$  – корекция на водата за употреба на пуцоланов цимент;

$\Delta V_{\text{ц}>400.} = 0$  – корекция на водата за количество на цимента над 400 kg – по 10 l вода на всеки 100 kg цимент.

$$V = 198 \text{ l}$$

Упражнения по „Строителни материали“  
Тема №16 Проектиране на състава на бетона – числен пример

За намаляване на количеството на водата и понижаване на водоциментното отношение се предвижда употребата на силноводонамаляваща химична добавка на основа сулфонирана нафталин-формалдехидна смола, в количество 1,2 % от масата на цимента, с което се постига редукция на вода с 15%.

Окончателно за количеството на направната вода се получава:

$$B = 198 - 0,15 \cdot 198 = 168,3$$

II.3. Определяне на количеството на цимента.

$$C = \frac{B}{w} = \frac{168}{0,39} = 430.7 \approx 431 \text{ kg} > C_{\min} = 340 \text{ kg}$$

#### II.4. Определяне на количеството на добавъчните материали.

*Използва се уравнението на плътните обеми и предпоставката, че количеството на пясъка в свободно насипано състояние запълва с излишък празнините между зърната на едрия добавъчен материал.*

$$1000 = \frac{Ц}{\rho_{с,ц}} + \frac{В}{\rho_{с,в}} + \frac{П}{\rho_{с,п}} + \frac{E_{DM}}{\rho_{с,е}} + A$$

$$\frac{П}{\rho_{о,п}} = \alpha \cdot \frac{E_M}{\rho_{о,е}} \left( 1 - \frac{\rho_{о,е}}{\rho_{с,е}} \right)$$

За едър пясък –  $\alpha = 1,3$

Съдържание на въздух  $A = 40 \text{ l}$  (4% по обем).

\*За получаване на съдържание на въздух в бетонната смес от 4 обемни процента се предвижда употреба на въздуховъвличаща добавка, в количество 0.2% от масата на цимента

Упражнения по „Строителни материали“  
Тема №16 Проектиране на състава на бетона – числен пример

$$1000 = \frac{431}{3,14} + 168 + \frac{\Pi}{2,63} + \frac{E_{DM}}{2,74} + 40$$

$$\frac{\Pi}{1,61} = 1,3 \cdot \frac{E_M}{1,49} \left( 1 - \frac{1,49}{2,74} \right)$$

$$E_M = 1076,3 \approx 1075 \text{ kg}$$

$$\Pi = 688,8 \approx 690 \text{ kg}$$

**!!! Проверка:**

$$\frac{431}{3,14} + 168 + \frac{690}{2,63} + \frac{1075}{2,74} + 40 = 999,94 \approx 1000 \text{ dm}^3$$

### III. Лабораторен етап

Изготвя се пробен замес с обем  $10 \text{ dm}^3$  и се определя консистенцията на бетонната смес. Количеството на отделните материали за лабораторната проба се изчислява по формулите:

$$C_{PR} = \frac{C}{1000} V_{PR} = \frac{431}{1000} \cdot 10 = 4310 \text{ g}$$

$$B_{PR} = \frac{B}{1000} V_{PR} = \frac{168}{1000} \cdot 10 = 1680 \text{ ml}$$

$$P_{PR} = \frac{P}{1000} V_{PR} = \frac{690}{1000} \cdot 10 = 6900 \text{ g}$$

$$E_{PR} = \frac{E_{DM}}{1000} V_{PR} = \frac{1075}{1000} \cdot 10 = 10750 \text{ g}$$

## Въпроси ???



**Благодаря  
за  
вниманието!**