



Тема № 15

Проектиране на състава на бетона

доц. д-р инж. И. Ростовски

Дефиниция – определяне на необходимите количества на материалите за получаване на един кубичен метър бетон с дадени свойства в пластично и твърдо състояние.

Най-масово използваният метод за проектиране на състава на бетона в световната практика е:

Метод на плътните обеми

който включва следните основни етапи:

- **Етап на предварителни проучвания и избор на материали;**
- **Изчислителен етап;**
- **Лабораторен етап;**
- **Производствен етап.**

Упражнения по „Строителни материали“
Тема №15 Проектиране на състава на бетона

I. Етап на предварителни проучвания и избор на материали за направа на бетон

I. 1 Определяне на класа по въздействие на околната среда/групата на работа на бетона и проектния клас на бетона по якост на натиск

Означение на класа	Описание на околната среда	Информационни примери, където могат да се срещнат класовете по въздействие
1. Без риск от корозия или агресивно действие		
ХО	За бетон без армировка или забетонирани метални части: Всички въздействия с изключение на замразяване/размразяване, изтриваемост или химично агресивно действие За бетон с армировка или забетонирани метални части: Много суха	Бетон във вътрешността на сградите с много ниска влажност на въздуха

**Упражнения по „Строителни материали“
Тема №15 Проектиране на състава на бетона**

2.Корозия, предизвикана от карбонизация		
XC1	Суха или постоянно под вода	Бетон във вътрешността на сградите с ниска влажност на въздуха. Бетон, постоянно потопен във вода
XC2	Под вода, рядко суха	Бетонни повърхности обект на дълговременен контакт с вода В много случаи при фундаменти
XC3	Умерена влажност	Бетон във вътрешността на сгради с умерена или висока влажност на въздуха. Външен бетон, предпазен от дъжд
XC4	Циклично намокряне и изсушаване	Бетонни повърхности в контакт с вода, но не в клас по въздействие XC2
3 Корозия, предизвикана от хлориди, различни от тези в морска вода		
XD1	Умерена влажност	Бетонни повърхности, изложени на намиращи се във въздуха хлориди
XD2	Под вода, рядко суха	Плувни басейни Бетон, подложен на действието на промишлени води, съдържащи хлориди
XD3	Циклично намокряне и изсушаване	Части на мостове, изложени на въздействие на соли, съдържащи хлориди Пътни настилки Настилки за автомобилни паркинги

**Упражнения по „Строителни материали“
Тема №15 Проектиране на състава на бетона**

4 Корозия, предизвикана от хлориди от морска вода		
XS1	Въздействие на аерозоли без контакт с морска вода	Конструкции близо до или на морския бряг
XS2	Постоянно под вода	Части от морски конструкции
XS3	Зони на приливи и отливи, пликане и пръскане на морска вода	Части от морски конструкции
5 Въздействие от замразяване/размразяване с или без размразяващи вещества		
XF1	Умерено водонасищане без размразяващо вещество	Вертикални бетонни повърхности, изложени на дъжд и замразяване.
XF2	Умерено водонасищане с размразяващо вещество	Вертикални бетонни повърхности на пътни конструкции, изложени на замразяване и аерозоли с размразяващи вещества
XF3	Силно водонасищане без размразяващо вещество	Хоризонтални бетонни повърхности, изложени на дъжд и замразяване
XF4	Силно водонасищане с размразяващо вещество или морска вода	Настилки на пътища и мостове, подложени на действието на размразяващи вещества. Бетонни повърхности, подложени директно на аерозоли, съдържащи размразяващи вещества и замразяване. Зона на пликане на морска вода в морски конструкции, подложени на замразяване.

**Упражнения по „Строителни материали“
Тема №15 Проектиране на състава на бетона**

6 Химично агресивно действие		
XA1	Химично слабо агресивна околна среда	Бетон, изложен на химично въздействие от естествени почви и почвена вода съгласно таблица 2
XA2	Химично умерено агресивна околна среда	
XA3	Химично силно агресивна околна среда	

Химична характеристика	Сравнителен метод за изпитване	XA1	XA2	XA3
Почвена вода				
SO mg/l	EN 196-2	≥ 200 и ≤ 600	> 600 и $\leq 3\ 000$	$> 3\ 000$ и $\leq 6\ 000$
pH	ISO 4316	$\leq 6,5$ и $\geq 5,5$	$< 5,5$ и $\geq 4,5$	$< 4,5$ и $\geq 4,0$
Агресивен CO ₂ , mg/l	EN 13577	≥ 15 и ≤ 40	> 40 и ≤ 100	> 100 до насищане
NH mg/l	ISO 7150-1	≥ 15 и ≤ 30	> 30 и ≤ 60	> 60 и ≤ 100
Mg ²⁺ mg/l	EN ISO 7980	≥ 300 и $\leq 1\ 000$	$> 1\ 000$ и $\leq 3\ 000$	$> 3\ 000$ до насищане
Почва				
Общ SO mg/kg ^a	EN 196-2 ^b	$\geq 2\ 000$ и $\leq 3\ 000$ ^c	$> 3\ 000$ ^c и $\leq 12\ 000$	$> 12\ 000$ и $\leq 24\ 000$
Киселинност съгласно Baumann Gully ml/kg	prEN 16502	> 200	не се среща в практиката	
^a Глинести почви с водопропускливост под 10^{-5} m/s могат да бъдат причислени към по-нисък клас.				

**Упражнения по „Строителни материали“
Тема №15 Проектиране на състава на бетона**

Таблица NA.F1 на БДС EN 206/NA Гранични стойности за състав на бетона

	Класове по въздействие																		
	Без риск от корозия или агресивно въздействие	Карбонизация, предизвикваща корозия				Хлориди, предизвикващи корозия						Въздействие при замразяване/размразяване				Химически агресивна околна среда			
						Морска вода			Хлориди, различни от морска вода										
Х0 ^a	XC1	XC2	XC3	XC4	XS1	XS2	XS3	XD1	XD2 _p	XD3	XF1	XF2	XF3	XF4	XA1	XA2	XA3		
Максимално w/c ^b	-	0,65	0,60	0,55	0,50	0,50	0,45	0,45	0,55	0,55	0,45	0,55	0,55	0,50	0,45	0,55	0,50	0,45	
Минимален клас по якост	C12/15	C20/25	C25/30	C30/37	C30/37	C30/37	C35/45	C35/45	C30/37	C30/37	C35/45	C30/37	C25/30	C30/37	C30/37	C30/37	C30/37	C35/45	
Минимално съдържание на цимент ^b (kg/m ³)	-	260	280	280	300	300	320	340	300	300	320	300	300	320	340	300	320	360	
Минимално съдържание на цимент (kg/m ³) при употреба на минерални добавки тип II в бетона и цимент тип CEM I ^b	-	240	250	250	270	270	285	300	270	270	285	270	270	285	300	270	285	300	
Минимално съдържание на цимент (kg/m ³) при употреба на минерални добавки тип II в бетона и цимент тип CEM II/A ^b	-	240	255	255	275	275	290	310	275	275	290	275	275	290	310	275	290	310	
Минимално съдържание на цимент, цимент тип CEM II/B (kg/m ³) ^b	-	285	290	300	330	330	360	380	330	330	360	330	330	350	380	330	350	400	
Препоръчително съдържание на въздух (%) ^c	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5,5 % при D=8 mm; 4,5 % при D=16 mm; 4,0 % при D=31.5 mm; 3,5 % при D=63 mm						
Допълнителни изисквания към бетона	-				C _w 0,6	C _w 0,6	C _w 0,6	C _w 0,8	C _w 0,6	C _w 0,6	C _w 0,8	C _{fr} 100	C _{fr} 100	C _{fr} 150	C _{fr} 200	C _w 0,6	C _w 0,8	C _w 1,0	
Други изисквания												Добавъчни материали				Сулфатоустойчив цимент ^d			
	F ₂ MS ₂₅		F ₁ MS ₁₈		F ₁ MS ₁₈		F ₁ MS ₁₈												

^aСамо в случай че бетонът не съдържа армировка или бетонирани метални части.

^bНе се прилага за лек бетон.

^cКогато бетонът е без въздух, свойствата на бетона се определят съгласно подходящи методи за изпитване, като се сравняват с бетон с доказана мразоустойчивост за съответния клас по въздействие.

^dКогато съдържанието на SO₄²⁻ определя класове по въздействие XA2 и XA3, е важно да се използва сулфатоустойчив цимент, а при клас по въздействие XA1 - по преценка.

^eКогато се прилага понятието k-стойност, максималното водоциментно отношение w/c става: вода/(цимент+ k. минерална добавка)

Упражнения по „Строителни материали“
Тема №15 Проектиране на състава на бетона

Препоръчителна консистенция на бетонната смес в зависимост от вида на конструкцията

Клас по слягане	Слягане в mm	Предназначение на бетонната смес
S1	10 – 40	Бетонна смес за неармирани елементи или слабо армирани крупно мащабни стоманобетонни елементи, като язовирни стени, подпорни стени, фундаментни плочи, подложен бетон под фундаменти, бетонови настилки, самолетни писти и др. Бетонна смес за готови стоманобетонни изделия, изготвени чрез вибропресоване и при стендова технология
S2	50 – 90	Бетонна смес за масивни стоманобетонови елементи плочи, греди, колони, шайби и др., транспортирана с краново средство и кубел. Плочи с дебелина до 12 cm и гъсто армирани елементи с хоризонтално бетониране
S3	100 – 150	Бетонна смес за масивни стоманобетонови елементи плочи, греди, колони, шайби и др., транспортирана с бетонпомпа. Бетонна смес за готови стоманобетонни изделия, изготвени чрез касетна (вертикална) технология. Бетонна смес, която ще се полага с бетонпомпа.
S4	160 – 210	Бетонна смес за тънки стени, колони, бункери, силози и греди с дебелина до 12 cm.
S5	≥ 220	Бетонна смес с висока подвижност, предназначена за гъсто армирани, тънкостенни стоманобетонни елементи с ограничена възможност за уплътняване. Подходяща консистенция за самоуплътняващи се бетони.

Упражнения по „Строителни материали“
Тема №15 Проектиране на състава на бетона

Избор на класа на цимента по БДС EN 197-1 в зависимост от проектния клас на бетона

Клас на бетона по якост на натиск	C 8/10	C 12/15	C 16/20	C 20/25	C 25/30	C 30/37	C 35/45	C 40/50	C 45/55	C 50/60	C 55/67
Препоръчителен клас на цимента по якост на натиск	32,5	32,5 42,5	32,5 42,5	42,5 52,5	42,5 52,5	42,5 52,5	42,5 52,5	52,5	52,5	52,5	52,5

Упражнения по „Строителни материали“
Тема №15 Проектиране на състава на бетона

При проектиране на състава на бетона трябва да се познава активността на използвания цимент. Активността на цимента се получава от производителя чрез представителни данни от протоколите за провеждания производствен контрол. При липса на данни активността на цимента се приема както следва:

Клас на цимента по БДС EN 197-1	Якост на цимента, N/mm ²
32.5	35 - 37
42.5	45 - 47
52.5	55 - 57

1.3 Избор на едър добавъчен материал (ЕДМ).

Фактори, влияещи върху избора на ЕДМ:

- Якост на натиск на бетона;
- Наличие на източник на даден вид добавъчен материал в близост до мястото на производство на бетона;
- Цена на материалите.

Определяне на максималната едрина на зърното на добавъчния материал D :

$$D \leq \left(\frac{1}{4} \div \frac{1}{5} \right) b$$

b - Минимален размер на напречното сечение на бетонирания елемент или група елементи;

$$D \leq \frac{1}{3} D_{\text{б.п.}}$$

$D_{\text{б.п.}}$ - Вътрешен диаметър на тръбата на използваната за транспортиране на бетонната смес бетонпомпа;

$$D \leq \frac{1}{2} t$$

t - Дебелина на междуетажната плоча или дебелина на изпълняваната бетонова настилка;

$$D \leq \frac{2}{3} a_{cl}$$

a_{cl} - Минимално светло разстояние между армировъчните пръти;

$$D \leq 1.2 c$$

c - Бетоново покритие на носещата армировка при разположение на прътите в един ред;

Упражнения по „Строителни материали“

Тема №15 Проектиране на състава на бетона

Фракция d/D mm ^{a)}	Процент от масата на преминало количество през сито с размер на отвори, в mm													Допустими отклонения	Категория	
	1 b)	2 b)	4 b)	5,6 (6,3)	8 (10)	11,2 (12,5)	16 (20)	22,4 (25)	31,5 (40)	45	63	90	125		с)	д) G _C
2/5,6 (2/6,3)	0 до 5	0 до 20	ф)	85 до 99 b)	98 до 100 b)	100								± 17,5	G _C 85/20	G _T 17,5
2/8	0 до 5	0 до 20	ф)		85 до 99 b)	98 до 100 b)	100							± 17,5	G _C 85/20	G _T 17,5
2/11,2	0 до 5	0 до 20		25 до 70		85 до 99	98 до 100 b)	100						± 17,5	G _C 85/20	G _T 17,5
4/8		0 до 5	0 до 20		85 до 99	98 до 100 b)	100							-	G _C 85/20	-
4/11,2 (4/12,5)		0 до 5	0 до 15	25 до 70		90 до 99	98 до 100 b)	100						± 17,5	G _C 85/20	G _T 17,5
4/16 (4/20)		0 до 5	0 до 15		25 до 70		90 до 99	98 до 100 b)	100					± 17,5	G _C 90/15	G _T 17,5
4/22,4		0 до 5	0 до 15			25 до 70		90 до 99	98 до 100 b)	100				± 17,5	G _C 90/15	G _T 17,5
8/16			0 до 5		0 до 15 ^{b)}		90 до 99	98 до 100 b)	100					-	G _C 90/15	-
11,2/22,4				0 до 5 ^{b)}		0 до 15 b)		90 до 99	98 до 100 b)	100				-	G _C 90/15	-
16/31,5					0 до 5 ^{b)}		0 до 15 b)		90 до 99	98 до 100 b)	100			-	G _C 90/15	-
22,4/45						0 до 5 ^{b)}		0 до 15 ^{b)}		90 до 99	98 до 100 b)	100		-	G _C 90/15	-
31,5/63							0 до 5 ^{b)}		0 до 15 ^{b)}		90 до 99	98 до 100 b)	100	-	G _C 90/15	-

Забележки:

- а) За фракциите, записани в скоби, важат всички посочени изисквания, като в случаите, където има записани сита в скоби, изискванията се отнасят за тези сита;
- б) За бетон с прекъснат зърнометричен състав, или за други специални цели, могат да се договорят допълнителни изисквания;
- в) От типичния зърнометричен състав при сито с размер D/2;
- д) Според процента от масата на преминалото количество през ситата с размер на отворите D, в mm (минимално количество) и d' (максимално количество);
- е) Според допустимите отклонения от типичния зърнометричен състав при сито със среден размер D/2 (само за фракции 2/5,6 и 2/6,3 – при сито 4 mm);
- ф) За преминалото количество през това сито не се поставя изискване, но то задължително се определя и декларира от производителя.

Опитно се определят следните параметри на компонентите на бетона:

- Цимент – якост на натиск ($R_{\text{ц}}$), обемна плътност в свободно насипано състояние ($\rho_{\text{o,ц}}$), специфична плътност ($\rho_{\text{с,ц}}$);
- ЕДМ - обемна плътност в свободно насипано състояние ($\rho_{\text{o,е}}$), специфична плътност ($\rho_{\text{с,е}}$), влажност по маса ($w_{\text{е}}$);
- Пясък – вид (едър, среден, дребен), обемна плътност в свободно насипано състояние ($\rho_{\text{o,п}}$), специфична плътност ($\rho_{\text{с,п}}$), влажност по маса ($w_{\text{п}}$); обемна плътност на влажния пясък ($\rho_{\text{o,п}}^w$).

Упражнения по „Строителни материали“
Тема №15 Проектиране на състава на бетона

Определяне на дебелината на бетоновото покритие на армировката:

Изискване за $c_{min,dur}$ според условията на околната среда, в милиметри mm							
Клас на конструкцията	Клас/класове на бетона по въздействие на околната среда						
	X0	XC1	XC2/XC3	XC 4	XD1/XS 1	XD2/XS 2	XD3/XS 3
S1	10	10	10	15	20	25	30
S2	10	10	15	20	25	30	35
S3	10	10	20	25	30	35	40
S4	10	15	25	30	35	40	45
S5	15	20	30	35	40	45	50
S6	20	25	35	40	45	50	55

II. Изчислителен етап

II. 1 Определяне на целевата средна якост на бетона

$$f_{cm} \approx 1.3 * f_{ck,cube}$$

f_{cm} - Средна изчислителна кубова якост на натиск на бетона в N/mm^2 на 28 дневна възраст за кубични пробни тела с размер на ръба 150 mm

$f_{ck,cube}$ - Минимална характеристична якост на натиск на бетона в N/mm^2 на 28 дневна възраст за кубични пробни тела с размер на ръба 150 mm, определя се в зависимост от класа на бетона по якост на натиск

II. 2 Определяне на водоциментното отношение

Максималното водоциментовото отношение за проектирания бетон w се определя чрез емпирични формули или се отчита от графики в зависимост от якостта на бетона, якостта на цимента и вида на добавъчните материали:

Модифицирана формула на Volomey:

$$f_{cm} = aR_u \left(\frac{1}{w} - 0,5 \right) \quad - \text{ За обикновени бетони с } w \geq 0,4$$

$$f_{cm} = a_1 R_u \left(\frac{1}{w} + 0,5 \right) \quad - \text{ За високоякостни бетони с } w \leq 0,4$$

- f_{cm} - Средна изчислителна кубова якост на натиск на бетона в N/mm^2 на 28 дневна възраст за кубични пробни тела с размер на ръба 150 mm
- w - водоциментово отношение
- R_u - Активност на използвания цимент в N/mm^2
- a и a_1 - Емпирични коефициенти

Упражнения по „Строителни материали“
Тема №15 Проектиране на състава на бетона

Стойности на коефициентите a_1 и a

Вид на едрия добавъчев материал	Коефициент	Клас на цимента по якост на натиск		
		32,5	42,5	52,5
Речен чакъл	a	0,50	0,47	0,45
	a_1	0,33	0,31	0,30
Трошен камък	a	0,53	0,50	0,48
	a_1	0,35	0,33	0,32

Формула на Otto Graf:

$$f_{cm} = \frac{R_y}{m \cdot w^2}$$

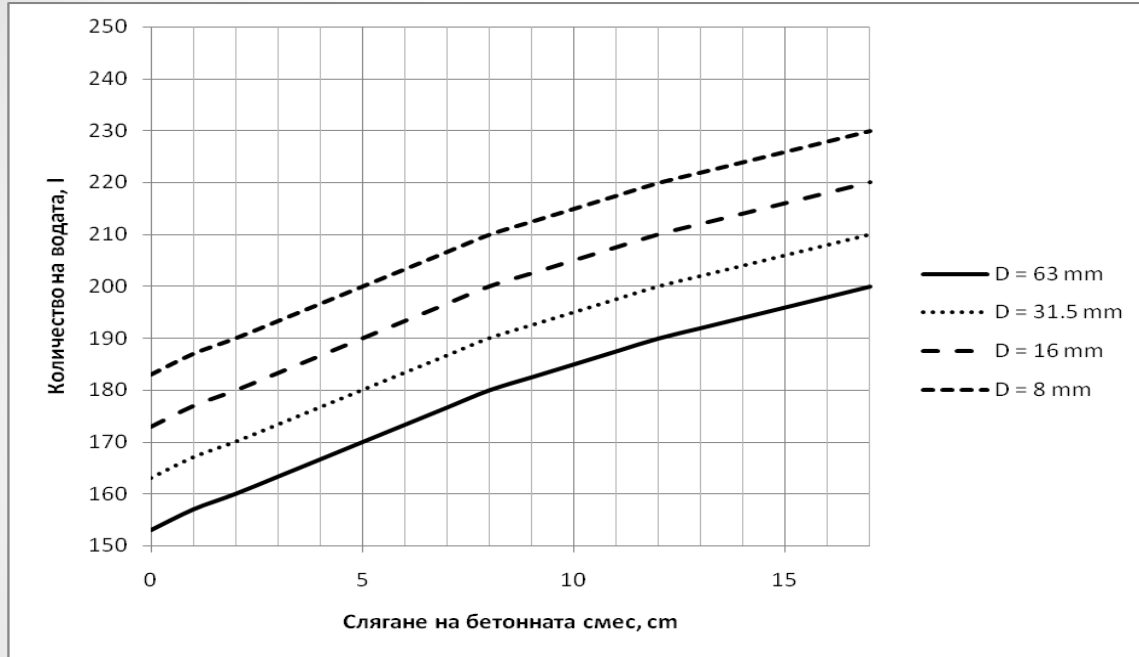
Стойности на коефициента m

Вид ЕДМ	Коефициент	Клас на цимента		
		32.5	42.5	52.5
Чакъл	m	4.80	5.46	6.37
Трошен камък		4.40	5.20	6.20

Полученото водоциментно отношение трябва да бъде по-ниско или равно на максимално допустимото, в противен случай се приема за равно на максимално допустимото!!!

Упражнения по „Строителни материали“
Тема №15 Проектиране на състава на бетона

II. 3 Определяне на количеството на водата



Намаляване на количеството на водата в %, при използване на водонамаляващи (пластифициращи) и силноводонамаляващи (суперпластифициращи) химични добавки:

- Водонамаляваща (пластифицираща) добавка – 7 %;
- Обикновена силноводонамаляваща (суперпластифицираща) добавка – 15 %;
- Висок клас силноводонамаляваща (суперпластифицираща) добавка – 25 %;

Забележки:

1. При употреба на дребнозърнест пясък отчетеното по графиката количество вода се увеличава с 5-10 литра, а при едрозърнест пясък се намалява с 5-10 литра;
2. При използване на трошен камък отчетеното количество вода се завишава с 10 литра;
3. При употреба на пуцоланов портландцимент отчетеното количество се завишава с 15-20 литра.
4. При разход на цимент над 400 kg за един кубичен метър бетон количеството на водата се увеличава с 5 литра на всеки 100 kg цимент.

II. 4 Определяне на количеството на цимента:

Количеството на цимента C за 1m^3 бетонна смес се определя по формулата:

$$C = \frac{B}{w}$$

- C - Количество на цимента в kg за 1 m^3 бетонна смес
- B - Количество на водата в литри за 1 m^3 бетонната смес
- w - Водоциментно отношение

Изчисленото количество цимент C в kg за 1m^3 бетонова смес се сравнява с минималните количества на цимента C_{\min} за отделните класове или групи по експлоатационно въздействие.

При неудовлетворяване на неравенството, количеството на цимента се приема равно на C_{\min} и се преизчислява необходимото количество на направната вода с цел запазване на изчислената стойност на водоциментното отношение.

Упражнения по „Строителни материали“
Тема №15 Проектиране на състава на бетона

II. 5 Определяне на количеството на добавъчните материали:

Разходът на добавъчни материали за 1 m³ бетонова смес се определя от условието, че за получаване на плътна бетонова смес сумата от плътните обеми трябва да бъде равна на обема на получената бетонова смес. По този начин се обезпечават, запълване на празнините между зърната на пясъка с циментова паста, а празнините между зърната на едрия добавъчен материал с плътен цименто-пясъчен разтвор. Това условие изчислително се изразява чрез уравнението на плътните обеми:

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

- Ц - Количество на цимента в kg за 1 m³ бетонна смес
- В - Количество на водата в литри за 1 m³ бетонна смес
- П - Количество на пясъка в kg за 1 m³ бетонна смес
- E_{дм} - Количество на едрия добавъчен материал в kg за 1 m³ бетонна смес
- ρ_{с,ц} - Специфична плътност на цимента в kg/dm³
- ρ_{с,в} - Специфична плътност на водата в kg/dm³, приема се 1 kg/dm³
- ρ_{с,п} - Специфична плътност на пясъка в kg/dm³
- ρ_{с,е} - Специфична плътност на едрия добавъчен материал в kg/dm³
- 1000 - Обем на бетоновата смес в dm³
- А - Обем на въздуха в бетонната смес, приема се 10-20 dm³

Упражнения по „Строителни материали“
Тема №15 Проектиране на състава на бетона

За да се определят количествата на добавъчните материали е необходимо още едно условие. За целта може да се използва една от следните две предпоставки:

- **Количеството на пясъка в свободно насипано състояние запълва с излишък празнините между зърната на едрия добавъчен материал. Това условие се изразява с уравнението:**

$$\frac{\Pi}{\rho_{o,\Pi}} = \alpha \cdot \frac{E_M}{\rho_{o,e}} \left(1 - \frac{\rho_{o,e}}{\rho_{c,e}} \right)$$

α – коефициент на запълване на празнините на пясъка.

$\alpha = 1,1$ – при използване на ситен пясък;

$\alpha = 1,2$ – при използване на среден пясък;

$\alpha = 1,3$ – при използване на едър пясък;

Упражнения по „Строителни материали“
Тема №15 Проектиране на състава на бетона

- **Водата и цимента образуват паста, която запълва с излишък празнините между зърната на пясъка, а водата, цимента и пясъка формират цименто-пясъчен разтвор, който запълва с излишък празнините между зърната на едрия добавъчен материал:**

$$E_m = \frac{1000 - A}{\left(1 - \frac{\rho_{o,e}}{\rho_{c,e}}\right) \cdot \frac{\gamma}{\rho_{o,e}} + \frac{1}{\rho_{c,e}}}$$

$\gamma = 0,82 + 0,0024 \cdot V_t$ – геометричен параметър на структурата на бетона

$V_t = \frac{Ц}{\rho_{c,u}} + B$ – обем на циментовата паста.

$$П = \left(1000 - A - \frac{Ц}{\rho_{c,u}} - \frac{E_{дм}}{\rho_{c,едм}} - B\right) \cdot \rho_{c,n}$$

III. Лабораторен (експериментален) етап

След изчисляването на началния състав на бетона по маса за 1 m³ бетонова смес се приготвя пробен замес с обем 10 – 20 dm³ и се определя консистенцията на бетонната смес. Количеството на отделните материали за лабораторната проба се изчислява по формулите:

$$C_{PR} = \frac{C}{1000} V_{PR} \qquad P_{PR} = \frac{P}{1000} V_{PR}$$
$$B_{PR} = \frac{B}{1000} V_{PR} \qquad E_{PR} = \frac{E_{DM}}{1000} V_{PR}$$

- V_{PR} - Обем на лабораторната проба в dm³
- C_{PR} - Количество на цимента за лабораторната проба в kg
- B_{PR} - Количество на водата за лабораторната проба в kg
- P_{PR} - Количество на пясъка за лабораторната проба в kg
- E_{PR} - Количество на едрия добавъчен материал за лабораторната проба в kg

Упражнения по „Строителни материали“
Тема №15 Проектиране на състава на бетона

С получените количества се приготвя лабораторния замес и в съответствие с изискванията на БДС EN 12350 – 2, 3, 4 или 5 се определя консистенцията на бетоновата смес. В зависимост от получения опитен резултат могат да съществуват три възможни варианта:

Първи вариант. Измерената при лабораторния замес консистенция на бетоновата смес е равна или не се различава съществено (до 10%) от предвидената по проект. При този вариант корекции не се правят и за по нататъшните дейности се приема получения основен състав на бетона.

Втори вариант. Измерената при лабораторния замес консистенция на бетоновата смес е по-ниска от предвидената по проект, а бетонната смес е по-трудно обработваема. При този вариант еднократно или последователно многократно към бетоновата смес на пробата се добавят вода и цимент до изравняване на получената консистенция на пробата с изискуемата по проект. Съотношението между добавените количества вода (ΔB) и цимент (ΔC) се отнасят помежду си както водоциментовото отношение.

Трети вариант. Измерената при лабораторния замес консистенция на бетоновата смес е по-висока от предвидената по проект, а бетонната смес е силно подвижна и евентуално склонна към разслояване. При този вариант еднократно или последователно многократно към бетоновата смес на пробата се добавят пясък и едър добавъчен материал до изравняване на получената консистенция на пробата с изискуемата по проект. Съотношението между добавените количества пясък (ΔP) и едър добавъчен материала (ΔE_{DM}) е равно на съотношението между двата материала от основния състав.

Упражнения по „Строителни материали“
Тема №15 Проектиране на състава на бетона

Консистенцията на бетоновата смес се определя не по-късно от 15min след добавяне на водата. Така чрез последователни приближения се достига до проектната консистенция на бетоновата смес. Фактическият обем на коригираната проба се определя по формулата:

$$V_{PR}'' = V_{PR} + \frac{\Delta Ц}{\rho_{Ц}} + \frac{\Delta В}{\rho_{В}} + \frac{\Delta П}{\rho_{П}} + \frac{\Delta E_M}{\rho_E}$$

- V_{PR}'' - Фактически обем на коригираната проба в dm^3 ;
- $\Delta Ц$ - Добавено към пробата количество на цимента в kg ;
- $\Delta В$ - Добавено към пробата количество на водата в литри;
- $\Delta П$ - Добавено към пробата количество на пясъка в kg ;
- ΔE_M - Добавено към пробата количество на едрия добавъчен материал в kg ;
- $\rho_{ц}$ - Специфична плътност на цимента в kg/dm^3 ;
- $\rho_{в}$ - Специфична плътност на водата в kg/dm^3 , приема се $1 kg/dm^3$;
- $\rho_{п}$ - Специфична плътност на пясъка в kg/dm^3 ;
- ρ_e - Специфична плътност на едрия добавъчен материал в kg/dm^3 ;

Упражнения по „Строителни материали“
Тема №15 Проектиране на състава на бетона

Коригираните количества на основните материали за състав бетонова смес с обем 1 m³ гарантиращ консистенция равна на предвидената по проект се изчисляват по формулите:

$$Ц^I = \frac{Ц_{PR} + \Delta Ц}{V_{PR}''} 1000$$

$$П^I = \frac{П_{PR} + \Delta П}{V_{PR}''} 1000$$

$$В^I = \frac{В_{PR} + \Delta В}{V_{PR}''} 1000$$

$$E_M^I = \frac{E_{PR} + \Delta E_M}{V_{PR}''} 1000$$

- Ц^I - Количество на цимента за 1 m³ бетонна смес в kg, гарантиращо проектната консистенция
- П^I - Количество на пясъка за 1 m³ бетонна смес в kg, гарантиращо проектната консистенция
- В^I - Количество на водата за 1 m³ бетонна смес в литри, гарантиращо проектната консистенция
- E_{DM}^I - Количество на ЕДМ за 1 m³ бетонна смес в kg, гарантиращо проектната консистенция

IV. Работен (производствен) етап

Производственият състав на бетона се изчислява с цел отчитане на реалната влажност на добавъчните материали. Същите обикновено се съхраняват на открито и влажността им варира в резултат на промените в атмосферните условия.

Количеството на влажния пясък и влажния едър добавъчен материал, което гарантира изчисления състав на бетона се определя по формулите:

$$P_w = P^H \left(1 + \frac{W_P}{100}\right) \quad E_{Mw} = E_M^H \left(1 + \frac{W_E}{100}\right)$$

- P_w - Количество на влажен пясък за 1 m³ бетонна смес в kg, ;
- E_w - Количество на влажния едър добавъчен материал за 1 m³ бетонна смес в kg,;
- W_P - Влажност на пясъка по маса в %;
- W_E - Влажност на ЕДМ по маса в %;

Упражнения по „Строителни материали“
Тема №15 Проектиране на състава на бетона

Количеството на водата, което се внася в състава на бетона чрез влажните добавъчни материали се определя по формулите:

$$B_{\Pi} = \Pi_w - \Pi^{\text{II}}$$

$$B_E = E_{Mw} - E_M^{\text{II}}$$

Внасянето на допълнително количество вода изисква коригиране на изчисленото количество по формулата:

$$B^{\text{III}} = B^{\text{II}} - (B_{\Pi} + B_E)$$

Рецептурен състав на бетона

Рецептурният състав се определя в зависимост от вида и обема на бетоносмесителя на бетоновия център. За целта предварително се изчислява добивният коефициент D_K . Физическият смисъл на добивния коефициент е отношението между обема на получената бетонова смес и изходния сумарен насипен обем на компонентите на бетона. Добивният коефициент се определя въз основа на формулата:

$$D_K = \frac{V_B}{V_{\text{Ц}} + V_{\text{П}} + V_E} = \frac{1000}{\frac{C_{pr}}{\rho_{O,\text{Ц}}} + \frac{P_{pr}^W}{\rho_{O,\text{П}}} + \frac{E_{pr}}{\rho_{O,E}}}$$

- V_B - Обем на готовата бетонова смес в dm^3 ;
- $V_{\text{Ц}}$ - Общ обем на цимента в насипно състояние в dm^3
- $V_{\text{П}}$ - Общ обем на пясъка в насипно състояние в dm^3
- V_E - Общ обем на едрия добавъчен материал в насипно състояние в dm^3
- C_{pr} - Меродавно количество след производствения етап (в случая Ц^{II})
- P_{pr} - Меродавно количество след производствения етап (в случая П_w)
- E_{pr} - Меродавно количество след производствения етап (в случая E_w)
- $\rho_{O,\text{Ц}}$ - Обемна плътност на цимента в kg/dm^3 ;
- $\rho_{O,\text{П}}$ - Обемна плътност на влажния пясък в kg/dm^3 ;
- $\rho_{O,E}$ - Обемна плътност на влажния едър добавъчен материал в kg/dm^3 ;

Упражнения по „Строителни материали“
Тема №15 Проектиране на състава на бетона

Добивният коефициент варира в границите от 0.55 до 0.75. Обемът на бетоновата смес, която ще се получи от едно забъркване се определя по формулата:

$$V_{BET} = D_K V_K$$

V_{BET} - Обем на бетоновата смес, която ще се получи от едно забъркване в смесителната установка в dm^3 ;

V_K - Обем на коша на бетонобъркачката в dm^3

Рецептурният състав за бетоносмесител с обем на коша V_K се определя въз основа на формулите:

$$C_{BET} = \frac{C^II}{1000} V_{BET} \quad B_{BET} = \frac{B^III}{1000} V_{BET} \quad П_{BET} = \frac{П_W}{1000} V_{BET} \quad E_{BET} = \frac{E_W}{1000} V_{BET}$$

- C_{BET} - Количество на цимента в kg за едно забъркване в бетонобъркачката с обем на коша V_{BET} ;
- B_{BET} - Количество на водата в литри за едно забъркване в бетонобъркачката с обем на коша V_{BET} ;
- $П_{BET}$ - Количество на пясъка в kg за едно забъркване в бетонобъркачката с обем на коша V_{BET} ;
- E_{BET} - Количество на ЕДМ в kg за едно забъркване в бетонобъркачката с обем на коша V_{BET} ;

Въпроси ???



**Благодаря
за
вниманието!**