

ТЕМА: Свойства на бетона

1. Приготвяне и отлежаване на пробните тела (БДС EN 12390-2)

1.1. Изисквания към пробните тела

За да се получат възможно най-точни резултати от изпитванията на бетона е необходимо пробните тела да бъдат изготвени с точни размери, страните да бъдат равни и гладки и ръбовете и ъглите да са прави.

Пробните тела могат да бъдат с различна форма и размер в зависимост от типа на изпитването – цилиндрични, кубични и призматични.

Пробните тела се изготвят във форми (фиг. 1, 2 и 3) от недеформируем материал, който да им предаде желаната форма с възможно най-малко отклонения от стандартните изисквания за пробните тела. Формата може да бъде от метал или полимер най-често формите са стоманени или полиуретанови, като и двата вида си имат предимства и недостатъци. Стоманените са скъпи и трудно се почистват, но са дълготрайни докато полиуретановите са евтини имат много по-малък срок за експлоатация, но практически нямат нужда от почистване и са по-леки и удобни за използване.

1.2. Приготвяне на пробните тела

Вземането на проби е описано в БДС EN 12350-1. След разбъркване, предварително намазаните с кофражно масло форми се напълват на най-малко два пласта. Всеки пласт се уплътнява, с вибрираща маса (фиг. 4), иглен вибратор или стръскване, така, че да се осигури пълно уплътняване на бетона без прекомерно разслояване и отделяне на циментово мляко. След уплътняването излишния бетон се отстранява и повърхността се заглажда и върху нея се поставя бележка с датата на изготвянето, класа на бетона, производителя и обекта.

1.3. Отлежаване на пробните тела

Пробните тела отлежават в кофражната форма около 24ч. при температура $(20\pm 5)^{\circ}\text{C}$, като се предпазват от удар, вибрации и изсушаване. След декофрирането, отлежават във вода (фиг. 5) с температура $(20\pm 2)^{\circ}\text{C}$ или във влажна камера при температура $(20\pm 5)^{\circ}\text{C}$ и относителна влажност на въздуха $\geq 95\%$ непосредствено до началото на изпитването.

2. Определяне на якостните свойства

Определянето на якостните свойства се извършва на 28^я ден, освен ако няма друго изискване.



фигура 1



фигура 2



фигура 3



фигура 4



фигура 5

2.1. Якост на натиск

Пробни тела:

Кубчета с ръб: 70,7; 100; 150 и 200mm

Призми: 100/100/400mm

Цилиндри: 150/300mm

Минималния размер на пробното тяло се избира в зависимост от големината на едрия добавъчен материал.

Най-често използваните пробни тела са кубчета с ръб 150mm.

Апаратура

Натоварването на пробното тяло се осъществява чрез натискова преса (фиг. 6), като едната от плочите, чрез които се предава натоварването е захваната посредством ябълковидна става.

Изпитване

Кубичните пробни тела се разполагат така между челюстите на пресата, че товарът да се прилага перпендикулярно на посоката на изливането при изготвяне на пробните тела. Пробното тяло се центрира и се избира постоянна скорост на натоварване от 0,2-1,0 MPa/s. Натоварването се прилага до разрушаване на пробното тяло и силата F се отчита от скалата или дисплея и се записва.

Якостта на натиск се изчислява по формулата:

$$f_{c, \text{cube}} = k \frac{F}{A}, [MPa]$$

където:

$f_{c, \text{cube}}$ - якост на натиск, MPa или N/mm²;

K - корекционен коефициент за влиянието на формата и размера на пробното тяло;

F - максимален товар при разрушаването, N;

A - площ на напречното сечение на пробното тяло, върху която действа силата, mm².

Якостта на натиск се изразява с точност 0,1 MPa (N/mm²).

За едно изпитване са необходими най-малко три пробни тела, като якостта на натиск се определя като средно аритметично от трите резултата.

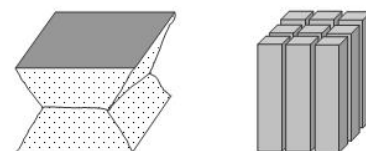
Корекционен коефициент

Формата на разрушение е подобна на две обърнати с върховете си една към друга пирамиди (фиг. 7). Този тип на разрушение е в следствие на силите на триене (фиг. 8) в зоната на контакт м/у пробното тяло и плочата, ако премахнем триенето чрез някаква смазка то пробното тяло ще се разруши под формата на успоредни блокове (фиг. 7), тялото с намаленото триене в контактната зона ще даде по-малка якост на натиск, отколкото тялото при стандартно изпитване.

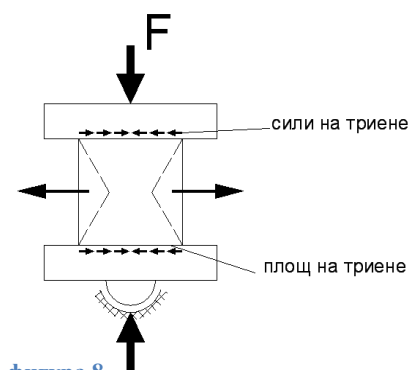
Установихме, че тази сила на триене “помага” на якостта на натиск, но ако имаме две пробни тела изготвени от един и същ бетон и отлежали при еднакви условия и изпитани на натиск то тялото с по-малък размер ще даде по-голяма якост, това се дължи на факта, че площта на триене отнесена към обема на пробното тяло е по-голяма при пробни тела с по-малки размери. Налага се при определянето на якостта на натиск да се съобразим с това увеличаване при пробни тела с по-малки размери и затова, когато определяме якостта на пробни тела с различна форма



фигура 6



фигура 7



фигура 8

прилагаме корекционен коефициент по-малък от единица показан в таблица 1.

таблица 1

Форма на пробното тяло	Размери на пробното тяло, mm	Корекционен коефициент К	Максимално зърно на добавъчния материал, mm
Кубична	70,7/70,7/70,7	0,90	8
	100/100/100	0,95	16
	150/150/150	1,00	31,5 (32)
	200/200/200	1,00	40
Призматична	100/100/400	1,25	31,5 (32)
	150/150/600	1,25	31,5 (32)
Цилиндрична (цилиндри, изрязани от конструкции и готови бетонни елементи)	100/100	1,15	16
	100/200	1,35	16
	150/150	1,10	31,5 (32)
	150/300	1,30	31,5 (32)

Забелязва се, че коефициента при призматични и цилиндрични пробни тела е по-голям от единица това е така защото при тези тела зоната, в която триещата сила оказва влияние е ограничена (фиг. 9) и централната част на призмата е натоварена изцяло на натиск. Ако изготвим две пробни тела от еднакъв бетон и отлежали при еднакви условия, но едното е куб с размер 100/100mm а другото призма с размер 100/100/400mm и ги изпитаме на натиск то пробното тяло с призматична форма ще даде по-малка якост. Поради тази причина резултатът получен при тела с призматична форма се умножава по коефициент по-голям от единица.

Класове по якост на натиск

Според якостта си на натиск, бетонът се класифицира в класове (табл. 2). За тази цел се използва характеристичната якост на натиск на 28 дни на цилиндри с диаметър 150 mm и височина 300 mm ($f_{ck,cyl}$) или характеристичната якост на натиск на 28 дни на кубчета със страна 150 mm ($f_{ck,cube}$). Под понятието „характеристична якост” се разбира стойността на якостта, под която трябва да попаднат не повече от 5% от всички възможни резултати при изпитването на бетона. Получената характеристична якост на натиск на бетона трябва да бъде еднаква или по-голяма от характеристичната якост на натиск, изисквана за зададения клас по якост на натиск, дадена в таблицата.

2.2. Якост на опън при огъване (БДС EN 12390-5)

Пробни тела:

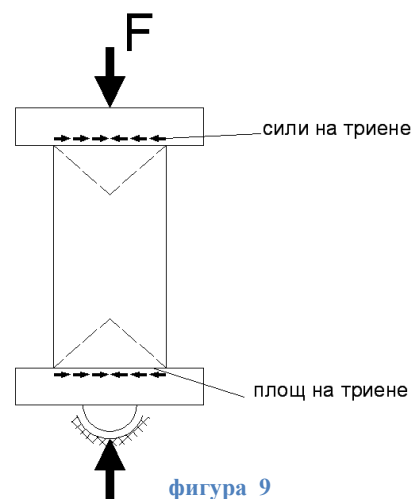
Призми: 100/100/400mm и 150/150/600mm

Апаратура

Натоварването на пробното тяло се осъществява чрез натискова преса, като в зависимост от статическата схема се поставя накрайник с една или две точки на прилагане на силата..

Изпитване

Пробното тяло се поставя върху опорите (стоманени ролки) така, че от ръба на пробното тяло до ролката да има по 50mm. Ролките, чрез които ще се предава натоварването се допират до повърхността.



фигура 9

таблица 2

Клас по якост на натиск	Минимална характеристична	
	цилиндрична якост $f_{ck,cyl}$ (N/mm ²)	кубова якост $f_{ck,cube}$ (N/mm ²)
C8/10	8	10
C12/15	12	15
C16/20	16	20
C20/25	20	25
C25/30	25	30
C30/37	30	37
C35/45	35	45
C40/50	40	50
C45/55	45	55
C50/60	50	60
C55/67	55	67
C60/75	60	75
C70/85	70	85
C80/95	80	95
C90/105	90	105
C100/115	100	115



фигура 10

Натоварването се прилага до разрушаване на пробното тяло и силата F се отчита от скалата или дисплея и се записва.

Якост на огъване, при натоварване в две точки (фиг. 11):

$$Fcf = \frac{M}{W} = \frac{F \cdot l}{b \cdot h^2}; [MPa]$$

Якост на огъване, при натоварване в една централна точка (фиг. 12):

$$Fcf = \frac{M}{W} = \frac{6 \cdot F \cdot l}{4 \cdot b \cdot h^2}; [MPa]$$

където:

f_{cf} – якост на огъване, МПа или N/mm^2 ;

F – максимален товар, N;

l – разстоянието между опорните ролки, mm;

b и h – размери на напречното сечение на пробното тяло, mm.

Якостта на огъване се определя с точност 0,1 МПа (N/mm^2).

Трябва да се има предвид, че методът при натоварване в централна точка дава по-високи стойности на якостта на огъване от натоварването в две точки с около 13%.

2.3. Якост на опън при разцепване (БДС EN 12390-6)

Пробни тела:

Кубчета с ръб 100; 150 и 200mm

Цилиндри: 150/150mm

Апаратура

Натоварването на пробното тяло се осъществява чрез натискова преса (фиг. 6).

Изпитване

Пробното тяло се поставя центрично върху плочите на пресата (фиг 13 и 14). Поставят се внимателно дървените подложки. Осигурява се горната плоча да е успоредна на долната по време на натоварването. Избира се постоянна скорост на натоварване в границите от 0,04 МПа/s до 0,06 МПа/s. Натоварването се прилага до разрушаване на пробното тяло и силата F се отчита от скалата или дисплея и се записва.

Якостта на опън при разцепване се изчислява по формула:

$$fct = \frac{2 \cdot F}{\pi \cdot L \cdot d}; [MPa] \text{ където:}$$

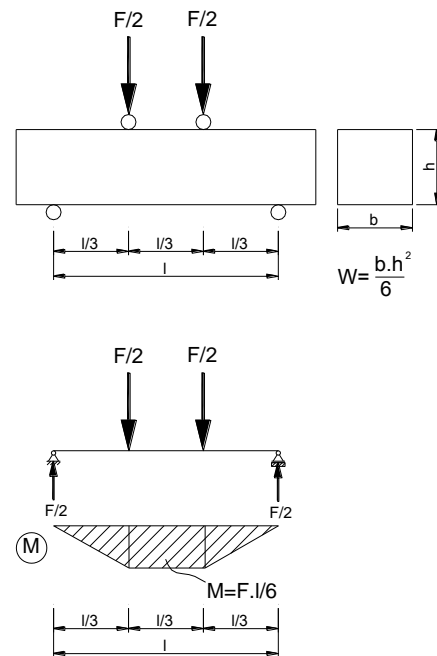
f_{ct} – якост на опън при разцепване, МПа или N/mm^2 ;

F – максималното натоварване, N;

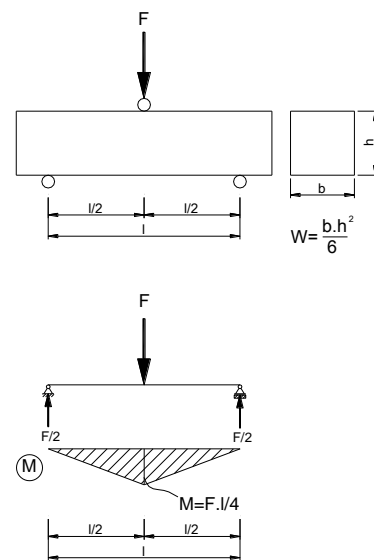
L – дължината на контактната линия на пробното тяло, mm;

d – избрания размер на напречното сечение, mm.

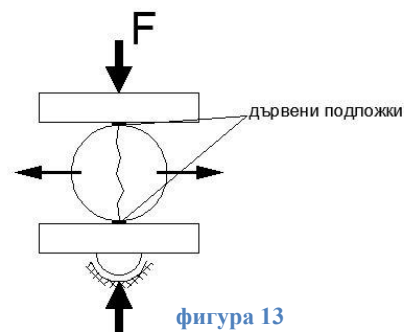
Якостта на опън при разцепване се определя с точност 0,05 МПа (N/mm^2).



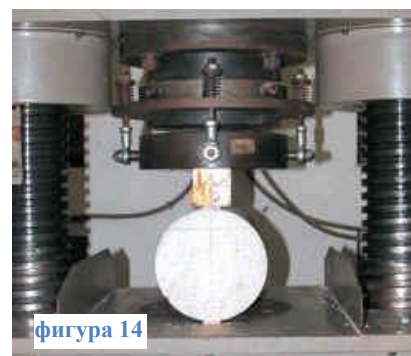
фигура 11



фигура 12



фигура 13



фигура 14

3. Плътност на втвърден бетон (БДС EN 12390-7)

Определянето на плътността на бетона се извършва по метода за определяне на обемна плътност на тела с правилна форма изучаван в първия семестър.

$$D = \frac{m}{V}; [kg/m^3] \text{ където:}$$

D – плътност на бетона, kg/m^3 ;

m – маса на пробното тяло, kg ;

V – обем на пробното тяло, m^3 .

Резултатът от определянето на плътността се дава с точност $10 kg/m^3$.

Според плътността в сухо състояние бетонът се класифицира съгласно таблица 3

4. Водонепропускливост

Пробни тела:

Шест пробни тела с цилиндрична форма с размери 150/150mm. След изваждането им от ваната след 28^а ден пробните тела се подсушават и се оставят 24 часа във въздушна среда при температура на въздуха (20 ± 5) °C и относителна влажност (65 ± 5) %. Едно денонощие преди изпитването пробните тела се поставят в метални цилиндри с вътрешен диаметър 156 mm и височина 150mm и пространството между цилиндъра и пробното тяло се запълва със силикон или разтопен парафин.

Апаратура

Машина за изпитване на водонепропускливост (фиг. 15) състояща се от шест гнезда прилагачи хидростатично налягане на степени през 0,1 Мра.

Стоманени цилиндрични пръстени с вътрешен диаметър 156mm и височина 150mm.

Изпитване

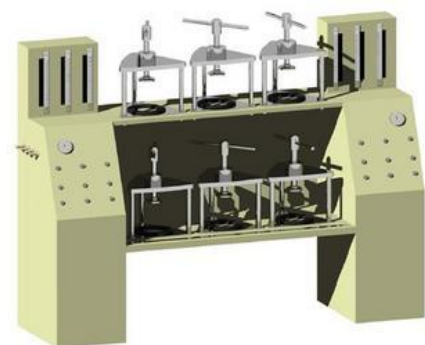
Поставените в стоманен цилиндър пробни тела се поставят и притискат върху гнездата на машината (фиг. 16) и шестте пробни тела се подлагат едновременно на налягане от 0,1 Мра и по-нататък на всеки 8 часа налягането на водата се покачва с 0,1 Мра (фиг. 17). За водонепропускливост на пробата се приема онова най-голямо налягане в МРа, при което четири от шестте пробни тела не са показали водопрпускане на срещуположната страна.

Клас по водонепропускливост

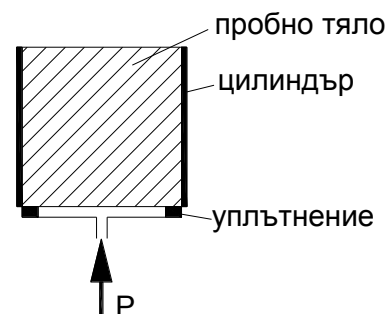
Означава с буквата “Вв” и число, което отговаря на максималното водно налягане, в МРа. Класовете по водонепропускливост са: Вв 0,2; Вв 0,4; Вв 0,6; Вв 0,8; Вв 1,0.

таблица 3

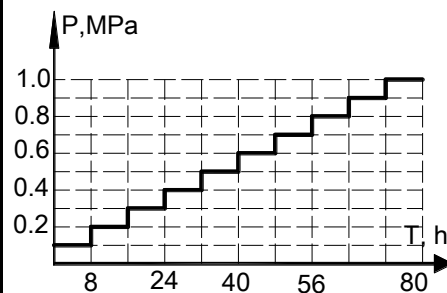
Лек бетон	800 - 2000 kg/m^3
Обикновен бетон	2000 - 2600 kg/m^3 ;
Тежък бетон	> от 2600 kg/m^3 ;



фигура 15



фигура 16



фигура 17

5. Мразоустойчивост

Пробни тела:

Петнадесет пробни тела с кубична или цилиндрична форма с размери подходящи за изпитване на натиск. Ако не са отлежавали под вода пробните тела се водонапиват за 48ч. и се измерва тяхната маса m_1 .

Апаратура

Натискова преса, хладилна камера и вана с вода.

Клас по мразоустойчивост

Означава се с „Вм” и число отговарящо на минимален брой цикли замразяване-размразяване, които трябва да издържат пробните тела без да намалят якостта си на натиск с повече от 15 % и без да е загубят от масата си повече от 5 %.

Класовете по мазаоустойчивост са: Вм 50; Вм 75; Вм 100; Вм 150 и Вм 200.

Изпитване.

Пробните тела се разделят на две групи:

-Контролни – 9бр. изпитват се на натиск на възраст R_0^K , $R_{1/2}^K$ и R_1^K , като се построява графика (фиг. 18).

Докато контролните пробни тела отлежават под вода тези, които се замразяват при минус 15°C практически не увеличават своята якост. Бетонът подложен на замразяване е на по-малка възраст от този отлежавал под вода. Затова загубата на якост на замразяваните проби се сравнява с якостта на бетона на еквивалентна възраст T_e .

Еквивалентната възраст (T_e) в денонощия се определя по формулата:

$$T_e = T - \frac{n \cdot t}{24}, \text{ където:}$$

T - време в денонощия до момента на изпитване на натиск на замразяваните пробни тела (включва времето и на отлежаването на пробните тела преди изпитването на замразяване и времето на изпитване на замразяване);

N - брой на циклите на последователните замразявания и размразявания;

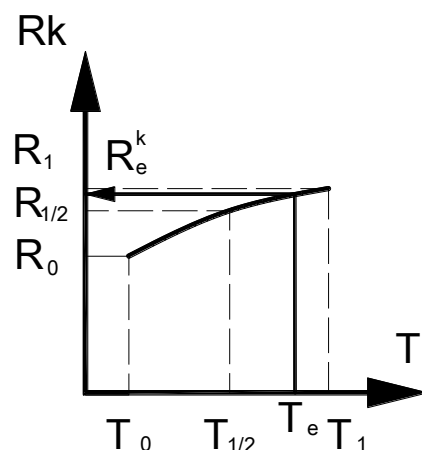
t - продължителност в часове на престояване на пробните тела при температура -15 °С в хладилната камера за един цикъл.

-За замразяване – 6бр. Подлагат се на цикли замръзване размръзване, като един цикъл включва: Замразяване в хладилна камера за четири часа при температура минус 15 °С след, което пробните тела се размразяват, като се потапят за четири часа във вода с температура (20 ± 3) °С.

На всеки десет цикъла се прави оглед на пробните тела и се измерва тяхната маса.

На 50, 100 или 150^{тия} цикъл се определя якостта на натиск на три от пробните тела а останалите три се изпитват в края на определения брой цикли.

Пример: Имаме 15 кубчета с клас по мразоустойчивост Вм100, три от контролните пробни тела изпитваме на натиск в началото, три на 50^{тия} цикъл и три на 100^{тия}, останалите шест пробни тела



фигура 18

подлагаме на цикли замръзване размръзване и три от тях изпитваме на 50^{тия} цикъл и три на 100^{тия}.

Загуба на маса, изчислява се по формулата:

$$\Delta M = \frac{m_1 - m_2}{m_1} \times 100, \quad \text{където:}$$

m_1 - маса във водонапито състояние на пробното тяло преди замразяване;

m_2 - маса във водонапито състояние на пробното тяло след изпитването на замразяване.

Загубата на маса се взема като средноаритметично на резултатите от изпитването на трите пробни тела.

Намаляване на якостта на натиск

Сравнява се якостта на замразяваното пробно тяло R_{3M} с якостта на еквивалентна възраст R_E^K , втвърдявал под вода.

$$\Delta R = \frac{R_E^K - R_{3M}}{R_E^K} \cdot 100, \%$$