

Въведение в стоманобетона. Класове бетон и армировка

Учебна литература:

Л. Оксанович, П. Благоева и М. Николаева - "Стоманобетон" - учебник за професионалните гимназии по строителство, архитектура и геодезия - издателство "Техника" 2007г.

Стоманобетонът заема челно място сред материалите за направа на строителни конструкции. Това се дължи главно на обстоятелството, че той позволява с помощта на сравнително достъпни средства да се изграждат най-разнообразни конструкции, които отговарят на високите съвременни изисквания за сигурност, функционалност и икономичност. Стоманобетонът е изкуствен материал, в който сполучливо се съчетават положителните свойства на двата изходни материала - **бетона** и **стоманата**.

Понастоящем стоманобетонните конструкции заемат най-голям дял от общия обем строителство у нас и в повечето държави. Това се дължи на значителните им *предимства*, а именно:

- *Икономичност* - относително евтини са благодарение на минималния разход на стомана за армировка и сравнително ниските цени на стомана за армировка и сравнително ниските цени на бетона. Освен това практически не са необходими експлоатационни разходи за поддържане на конструкцията.
- *Дълготрайност* - имат практически неограничен живот, резултат от нарастващата с течение на времето якост на бетона и естествена защита на армировката от корозия.
- *Огнеустойчивост* - по-чувствителната към високи температури стомана е защитена от бетонното покритие.
- *Възможност за богато формообразуване* - технологията на изпълнение позволява да бъдат постигнати различни конструктивни и архитектурни форми.
- *Хигиеничност* - стоманобетонът не предлага благоприятна среда за развитие на микроорганизми.
- *Земетръсна устойчивост* - постига се благодарение на монолитността на конструкциите и пространствената им свързаност.

По-съществени *недостатъци* на стоманобетона са:

- *Голямо собствено тегло* - представлява от 30 до 90% от общото вертикално натоварване на конструкциите, поради което прилагането на стоманобетона при покриване на големи отвори е неикономично или невъзможно. Този недостатък се преодолява до известна степен чрез използването на леки бетони, предварително напъване, рационални конструктивни тънкостенни форми и др.
- *Голяма звуко- и топлопроводност* - преодолява се чрез влагане на допълнителни изолационни средства.
- *Необходимост от значителни по обем и стойност временни съоръжения - кофражи и скелета*. Този недостатък е по-слабо изразен при прилагането на ефективна кофражна техника и особено при сглобяемостроителство.

Класове на бетона

Класовете изразяват в съкратена условна форма някои необходими характеристики на бетона. Предписват се в проекта и се контролират (доказват) през време на строителството. Съгласно Нормите за проектиране у нас са приети следните основни показатели на бетона:

- *клас по якост на натиск* – предписва се задължително във всеки проект. Отбелязва се с латинска буква В. За показател се прием кубовата якост в МРа, имаща осигуреност, не по-малка от 95%, което означава, че поне 95% от стандартните кубчета трябва да се разрушат при напрежения, не по-ниски от дадения клас. Класовете на якост за обикновен бетон са: В10, В15, В20, В25, В30, В35, В40, В45, В50, В55, В60;

- **клас по якост на осов опън** – предписва се само, когато якостта на опън има първостепенно значение за сигурността на конструкцията и се поддържа контролът ѝ през време на строителството. Отбелязва се с B_t . За показател якостта на бетона на осов опън в МПа, имаща осигуреност, не по-малка от 95%. Класовете по якост на осов опън за обикновен бетон са: $B_{t0,8}$; $B_{t1,2}$; $B_{t1,6}$; $B_{t2,0}$; $B_{t2,4}$; $B_{t2,8}$; $B_{t3,2}$
- **клас по мразоустойчивост** – предписва се за конструкции, които ще бъдат подложени на периодично замръзване и размразяване. Отбелязва се с F. За показател е приет броят на циклите замразяване-размразяване, при които якостта на натиск на пробните тела не се намалява с повече от 15%. Класовете по мразоустойчивост за обикновен бетон са: F50, F75, F100, F150, F200;
- **клас по водонепропускливост** – предписва се за конструкции, подложени на хидростатично налягане. Отбелязва се с буквата W. За показател се приема най-голямото водно налягане в Pa, при което още не се наблюдава овлажняване на страната, която не е в допир с водата. Класовете за водонепропускливост са: W0,2; W0,4; W0,6; W0,8; W1,0.

Видове армировка

По-важни характеристики на стомани за армировка

Предназначение на армировката	Вид на армировката	Клас	Вид на профила	Диаметри, mm	Физическа граница на провлачане, МПа	Якост, МПа	Гранична деформация при скъсяване, %
За обикновени стоманобетонни конструкции	горещовалцувана	A-I	гладък	6—40	235	425	25
		A-II	периодичен	10—40	295	560	19
		A-III	периодичен	10—40	410	600	14
		A-IV	периодичен	12—32	590	900	6
	студенообработена	Bd-I	студеноприщипнат	6—14	няма	400	4
		B-I	студеноизтеген	3—5		460	4
		Bp-I	студеновалцуван	6—12		500	4
За предварително налягане	високоякостна (горещовалцувана с допълнителна студена обработка)	B-II	гладък	3—8	няма	1650	5
		Bp-II	периодичен	3—8		1550	5
		B-7	7-телни усукани спопчета	6—15		1700	—

В обикновените стоманобетонни конструкции най-голямо приложение намират:

- **Клас A-I** – гладка армировка с кръгло напречно сечение и диаметри от 6 до 40 мм. Типична мека стомана с ниска граница на провлачане и голяма пластичност. Диаметрите под 12 мм вкл. Се доставят навити на кангали с голяма дължина; по-големите диаметри – на пръти с дължина от 6 до 12 м. Използва се предимно за монтаж и разпределителна армировка, за стремена в греди и колони и за носеща армировка в леко натоварени елементи.
- **Клас A-III** – нисколегирана стомана. Има кръгло напречно сечение и оребвяване по ребена кост. Произвежда се с диаметър от 10 до 40 мм и се доставя на пръти с дължина до 12 м. Намира широко приложение като носеща армировка.

Фактори за съвместна работа на бетон и армировка. Сцепление между бетон и армировка

Съвместната работа на армировката с бетона се дължи на съществуващата между двата типа материала връзка - сцеплението, по допирната повърхност и на закотвянето на армировката в бетона.

Сцеплението се обуславя от три фактора:

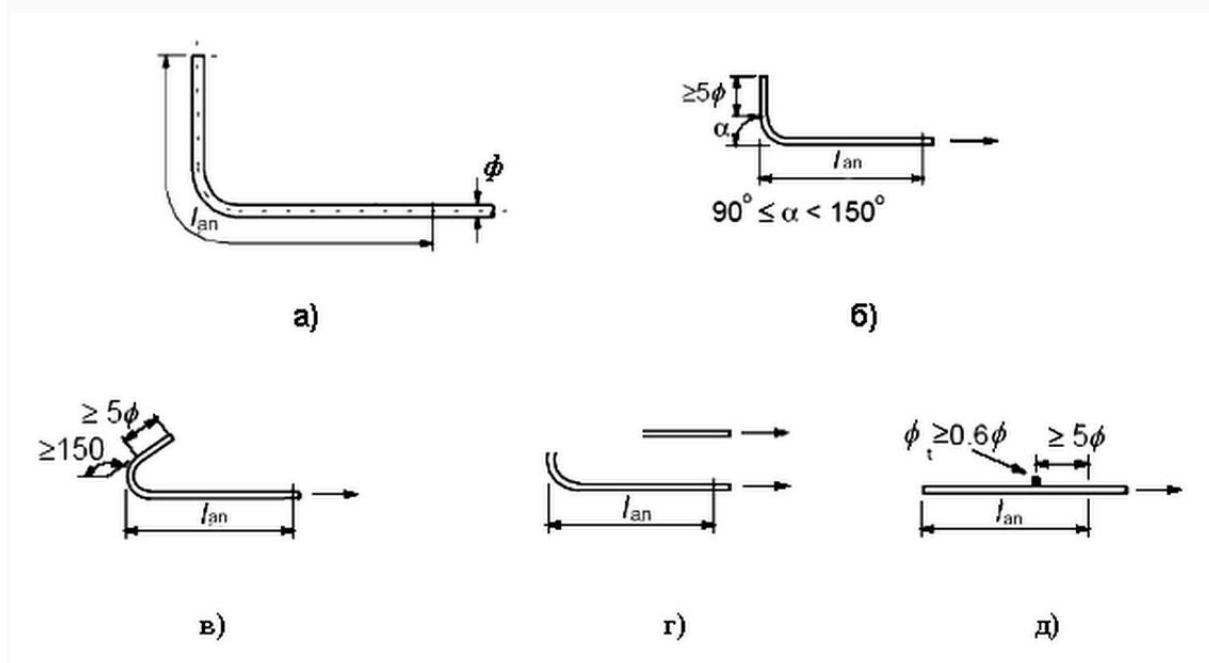
- Слипване (адхезия) на армировката с бетона. Мерадавно е при малки напрежения в армировката.

- Триене, предизвикано от стремежа на армировката да приплъзне. При съсъхването бетонът се свива, като притиска армировката и увеличава триенето. Този фактор е основен при армировката с гладка повърхност.
- Зацепване на бетона в ребрата и границите на армировката. Този фактор може да осигури около $\frac{3}{4}$ от общата сила на сцепление в по-силно напрегнатите участъци на конструкцията, където армировката работи с високи напрежения. Ето защо армировката с периодичен профил има значително по-здрава връзка с бетона в сравнение с гладката. При гладка армировка също може да се получи благоприятен зацепващ ефект, ако има грапавини по повърхността от лека ръжда.

Сцеплението на армировката с бетона нараства с повишаване на класа на бетона, с увеличаване на възрастта му и с намаляване на водо-циментното отношение. При натискова армировка сцеплението е по-голямо, защото прътите в стремежа си да се разширят притискат обкръжаващия ги бетон и увеличават силите на триене.

Закотвянето на армировката в бетона най-често се осъществява чрез сцеплението между двата материала, като се осигури достатъчна закотвяща дължина l_{an} .

Видове закотвяния на армировъчни пръти: а) общ случай (се мери по оста на пръта); б) права кука; в) коса кука; г) примка; д) прав прът със заварен към него напречен прът.



За да не бъде изтръгнат армировъчния прът от бетона, необходимо е неговата носеща способност N на опън (т.е. силата, при която ще започне провлачане на стоманата) да не е по-голяма от силата F на сцепление:

$$F \geq N \quad \text{или} \quad (\tau \pi d) l_{an} \geq R_s \frac{\pi d^2}{4}.$$

Оттук се получава необходимата закотвяща дължина.

$$l_{an} \geq \frac{R_s}{4\tau} d,$$

, където R_s е съпротивлението на армировката.

С са означени средните напрежения на сцепление. Те са равни на силата на сцепление, разпределена на площта на околната повърхност на армировката. По експериментален път е установено, че варира в широки граници: от 2,5 до 4 МПа за армировка с периодичен профил.

Ако се заместят средни стойности - $R_s = 400$ МПа и за $\tau = 4$ МПа, получава се средна стойност на закотвящата дължина.

$$l_{an} = \frac{400}{4 \cdot 4} d = 25 d.$$

Вижда се, че при равни други условия закотвящата дължина зависи правопрпорционално от диаметъра на пръта; колкото по-дебел е един прът, толкова по-голяма закотвяща дължина трябва да се осигури.

Закотвящи дължини на прътова армировка

Разположение на армировката в бетона и усилие в нея	Клас на армировката	Стойности на $\frac{l_{an}}{d}$ при бетон клас			
		B12,5	B15	B20	B25
Опънна армировка в опънна зона	A-I	48	42	34	30
	A-II	38	34	28	25
	A-III	46	40	33	29
Опънна или натискова армировка в натискова зона	A-I	33	29	24	20
	A-II	27	24	20	18
	A-III	33	29	24	21

БЕТОНОВИ РАБОТИ

ТЕХНОЛОГИЧЕСКА ХАРАКТЕРИСТИКА НА БЕТОНОВИТЕ РАБОТИ

Бетоновите работи представляват сложен строителен процес, който се състои от следните прости процеси:

- приготвяна на бетонна смес;
- транспортиране на готовата бетонна смес;
- бетониране (полагане и уплътняване на бетонната смес);
- втвърдяване на бетона (грижи за бетона след полагането му).

Бетонната смес се получава след забъркването на добавъчните материали (пясък и чакъл), цимента и водата. Пясъкът и чакълът заемат около 70% от обема на бетонната смес и се наричат още пълнители. Бетонната смес представлява двуфазна дисперсна система, съставена от циментно тесто и твърда фаза — пълнители. За да се подобрят свойствата на бетонната смес, в някои случаи в нея се прибавят и химически добавки с определено предназначение. Бетонната

смес трябва да може удобно да се транспортира, полага и уплътнява в кофражните форми. Основно свойство, с което се характеризира подвижността и обработваемостта ѝ, е консистенцията на бетонната смес. Тя се измерва със слягането на сместа по стандартния конус в ст.

Бетонната смес започва да се превръща във втвърден бетон след хидратацията на цимента, при която циментното тесто се превръща в циментен камък. Проектната якост на натиск на втвърдения бетон се получава след отлежаване 28 дни при нормални условия.

ОПРЕДЕЛЯНЕ НА СЪСТАВА НА БЕТОННАТА СМЕС

Бетонната смес се приготвя чрез забъркването на определени количества от съставните ѝ части. Необходимият състав (смесъчно отношение) на бетона се определя по такъв начин, че да се осигурят определени качества както на бетонната смес (подвижност, обработваемост), така и на втвърдения бетон (якост, водоплътност, мразоустойчивост и др.).

Съставът на бетона се определя (проектира) за 1 м³ бетон при конкретни производствени условия (начини на приготвяне, транспорт и полагане) и за конкретни конструктивни елементи (с предписани физико-механични качества). Това се извършва в следната последователност.

Таблица 7.1

Консистенция на бетонната смес (при уплътняване чрез вибриране)

Вид на конструкцията	Слягане на конуса S cm
Подложен бетон под фундаменти и настилки; основи на пътища и писти	0 - 1
Масивни неармирани и слабо армирани конструкции; бетонни настилки; бетон; и елементи, уплътнявани на вибро-маса	2 - 4
Масивни армирани конструкции, плочи, греди, колони с голямо и средно сечение	4 - 6
Тънкостенни и гъсто армирани конструкции	6 - 10
Конструкции, изпълнявани с пълзящ кофраж	6 - 8
Конструкции, изпълнявани с едроразмерен кофраж	8 - 10
Стоманобетонни елементи, произвеждани във вертикални форми	10 - 15
Бетонни смеси, транспортирани с бетонпомпи	8 - 10
Бетонни смеси, транспортирани с ленти при ъгъл на наклона до 15°	6

1. Избират се видът и марката на цимента. Видът на цимента се определя в зависимост от характера на конструкцията и условията за изграждане и експлоатация на строителния обект. В обикновените случаи при нормални условия се използва портландцимент (със или без добавки). Марката (активността) на цимента се избира да бъде от 1,5 до 2,5 пъти по-голяма от класът на бетона по якост на натиск.

2. Определя се консистенцията на бетонната смес, изразена с мярката на слягане S в cm по стандартния конус, в зависимост от вида на конструкцията и начина на полагане и уплътняване (табл. 7.1).

3. Избира се максималният размер на зърната d_{max} на едрия пълнител (чакъл) от изискванията:

— при плочи (d_{max} може да бъде до $1/2$ от дебелината на плочата;

— при армирани конструкции d_{max} не трябва да превишава $3/4$ от най-малкото светло разстояние между прътите;

— при пълзящ кофраж d_{max} може да бъде най-много до $1/6$ от дебелината на стената;

— при бетониране с бетонпомпа d_{max} не трябва да бъде по-голям от $1/3$ от светлия диаметър на бетонопровода.

4. Определя се количеството на направната вода B в dm^3 за 1 т³ готов бетон в зависимост от консистенцията на бетонната смес и максималния размер на зърната d_{max} по графиките от фиг.

Показател	Вид и марка на цимента			
	20ПЦ25	20ПЦ35	ПЦ45	
1. Стойности на a при работа с чакъл	0.56	0.50	0.45	
2. Стойности на a при работа с трошен камък	0,62	0,53	0.46	
3. Средна активност на цимента $R_{ц}$ МПа	32	40	48	

7.1.

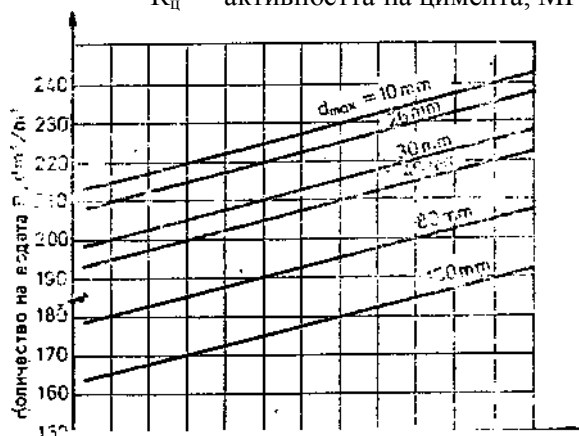
5. Определя се водоциментното отношение $W=$

по формулата на Боломей

$$(7.1) \quad R_6 = R_{ц} \cdot a (1/w - 0.5)$$

където R_6 е якостта на натиск на бетона на възраст 28 дни,

$R_{ц}$ — активността на цимента, МПа;



Фиг. 7.1. Графики за определяне на количеството на водата за 1 m^3 готов бетон

W — водоциментното отношение;

a — коефициент, който зависи от вида на добавъчния материал и цимента. Стойностите на a и $R_{ц}$ за нашите условия се определят от табл. 7.2.

След определянето на W по формула (7.1) се изчислява и необходимото количество на цимента $C =$ 1 m^3 готов бетон.

6. Изчислява се общото количество на пълнителите по формулата за т. нар. плътни обеми, т. е. при предпоставката, че 1 dm^3 (1000 dm^3) уплътнена бетонна смес се явява като сума от обемите на пълнителите, цимента и водата

$$(7.2) \quad C/p + P/p + W/p + B = 1000$$

където p , C , P и B са масите съответно на пясъка, чакъла, цимента и водата, кг за 1 m^3 готов бетон; p^c и p^a — специфичните плътности съответно на пълнителите и цимента, kg/dm^3 .

Таблица 7.2 Стойности на коефициента a и активността на циментите $R_{ц}$

Таблица 7.2

Прието е също, че в добре уплътнената бетонна смес няма въздушни пори.

По формула (7.2) се определя количеството на пълнителите $(P+W)$, тъй като стойностите на останалите параметри са вече известни.

7. Определят се поотделно количествата на пясъка и чакъла, като се изхожда от следните практически указания (по данни на НИСИ) за количеството на пясъка P в % от общата маса на добавъчните материали (в зависимост от слягането s на бетонната смес и начина на обработка):

— за бетони, уплътняват в форми на вибрационни маси $s=2—4$ cm, $\Pi=33—35\%$;
 — за бетони в масивни конструкции, уплътнявани с потапящи се вибратори, $s=4—6$ cm, $\Pi=34—37\%$;
 — за бетони в пълзящ кофраж, $s=5—8$ cm, $\Pi=37—40\%$;
 — за бетони, транспортирани с бетонпомпи, $s=8—10$ cm, $\Pi=38—42\%$;
 — за видими бетони и др., $s=10—12$ cm, $\Pi=43—45\%$. Тези данни са установени за бетони, приготвени със среден пясък и чакъл с $d_{max}=20$ mm. При използване на чакъл с по-едри зърна, при ситен пясък и при разход на цимент над 400 kg/m³ количеството на пясъка се намалява с 1—3% и обратно— при използване на трошен камък, едър пясък и разход на цимент под 25 (5 kg/m³, количеството на пясъка се увеличава с 1—3%.

По такъв начин са определени количествата на всички съставни материали за 1 m³ готов бетон.

Пример 1. Да се определи съставът на бетон с $R_{628}=20$ МПа, предназначен за бетониране на армирани стени с едроразмерен кофраж при полагане с бетонпомпа.

За конкретните производствени условия се избира портландцемент 20ПЦ35 с $\rho_c^c=3$ kg/dm³ и чакъл с $d_{ma}=20$ mm и $\rho_c^c=2,7$ kg/dm³.

Приема се консистенция на бетонната смес с $s=10$ cm (по табл. 7.1). По фиг. 7.1 се определя количеството на водата $s=232$ l.

По форм. (7.1)- и от табл. 7.2 се определя

$20=0.50.40[-0.05]$, откъдето $W=0.67$. Определя се количеството на цимента от W :

Изчислява се общата маса на пълнителите по форм. (7.2)

Приема се количество на пясъка (по практическите указания)— 40%, което означава, че $\Pi=0.4$. $1763=705$ kg и $Ч=1058$ kg. Или проектираният състав за 1 m³ готов бетон е $Ц=346$ kg; $\Pi=705$ kg; $Ч=1058$ kg; $В=232$ kg.

Обемната маса на бетона в уплътнено състояние ще бъде $346+705+1058+232=2341$ kg/m³.

Смесъчното отношение (по маса) на бетонната смес е

/

Проектираният по изчислителен път състав на бетона се проверява експериментално. Чрез лабораторни проби се извършват проверки за консистенцията на бетонната смес и за якостта на натиск на бетона на 28-ия ден. При необходимост се извършват корекции в състава на бетона по такъв начин, че да се изпълнят предписаните изисквания.

При забъркването на бетонната смес празниците между зърната на едрия пълнител се запълват с циментно-пясъчен разтвор и обемът на получената бетонна смес е по-малък от сумата на обемите на вложените материали. Отношението на обема на уплътнената бетонна смес V_6 към сумата на обемите на цимента V_c , пясъка V_n и чакъла V_q в естествено състояние се нарича добивен коефициент:

Стойностите на d се изменят от 0,62 до 0,72 ($d_{6c}=0.67$). При приготвяне на бетонната смес в бетонобъркачка с вместимост на барабана V обемът на получената бетонна смес за едно забъркване V_{6c} ще бъде

7.4)

Необходимите материали за едно зареждане на бетонобъркачката се определят от състава за 1 m³ като се намаляват пропорционално на обемите.

Пример 2. Да се определят материалите за едно зареждане на бетонобъркачка с вместимост 500 l за бетонната смес със състав от пример 1.

Определя се добивният коефициент по формула (7-3) при обемна маса на = 1

Обемът на бетонната смес за едно

Необходимите материали за едно зареждане са:

Въпроси и задачи

1. Определете консистенцията на бетонната смес за: стени, изградени с едроразмерен кофраж; бетонни настилки.
2. Определете необходимото водоупиятно отношение за получаването на бетонна смес с клас В-30 с цимент ПЦ 45.
3. Проектирайте състава на бетонната смес за бетониране на тънкостенни армирани конструкции – стена с дебелина 18cm, клас В-20 *
4. Определете количествата на материалите за едно зареждане на бетонобъркачка с вместимост 750 л при състав на бетона за 1 т³: $M=300$ кг; $B=130$ кг; $A=700$ кг; $G=1280$ кг.

Планове за стоманобетонни конструкции. Елементи на монолитни скелетни конструкции. Кофражен план

Разработването на строителния проект обхваща следните последователни етапа:

I. Статично изчисляване - въз основа на приетата изчислителна схема, отговаряща най-близо на действителната работа на конструкцията, и съответните натоварвания, които ще действат през време на експлоатацията, по методите на строителната механика се изчисляват максималните вътрешни усилия (M , Q , N) в характерните сечения на проектираните елементи. Натоварванията се определят съгласно нормите за натоварвания и въздействия върху сгради и съоръжения.

II. Оразмеряване на стоманобетонните елементи - свежда се до определяне на най-рационалната форма и размери на сеченията на отделните конструктивни елементи и количеството на необходимата армировка (A_s) в зависимост от получените максимални усилия и приетите класове на бетона и армировъчната стомана. Оразмеряването се извършва по първо гранично състояние (по носеща способност) за всички елементи и по второ гранично състояние (по пригодност за експлоатация) за елементи, за които е необходимо такова изчисляване, по формулите от теория за стоманобетона.

III. Конструирание - въз основа на получените от оразмеряването резултати се изчертават (конструират) отделните стоманобетонни елементи, като се спазват необходимите конструктивни изисквания, в съответни планове, както следва:

1. План основи - служи за направа на изкопите за основи и показва местоположението и размерите (в хоризонтална и вертикална посока) на фундаментите под колоните и носещите стени, класа на бетона, от който ще се изпълняват, армировката при стоманобетонни фундаменти, дълбочината на фундиране и др.
2. Кофражни планове за всички плочи.
3. Армировъчни планове за всички плочи.
4. Армировъчни планове за гредите на всяка плоча.
5. План (таблица) на колоните.
6. Конструктивни детайли - чертаят се обикновено към съответните елементи, за които се отнасят.

Всички планове се изчертават в мащаб 1:50 (детайлите могат да се чертаят в мащаб 1:10 или 1:1, ако е необходимо) и се наричат *работни чертежи*.

С **кофражните планове** се уточняват елементите на стоманобетонната конструкция на сградата или съоръжението. Чертаят се за всяка етажна плоча.

Кофражният план на дадена плоча представлява условен хоризонтален разрез под плочата, в който с поглед нагоре се изчертават всичките елементи на подовата конструкция. Разработва се въз основа на архитектурното разпределение на етажа под разглежданата подова плоча, като се съобразява и с разпределението на мазето и останалите етажи, с вертикалните разрез и фасадите в архитектурния проект. При еднакво разпределение на етажите е достатъчно да се начертае един кофражен план, придружен с таблица за размерите на сеченията на колоните, ако те се променят в различните етажи.

В кофражния план се чертаят само стоманобетонните елементи на конструкцията - колони, греди, пояси, плочи. Означават се точното местоположение, сечението и размерите на елементите, като предварителните им форма и размери се приемат от проектанта обикновено въз основа на проектантския му опит. От правилния им избор ще зависи дали конструкцията ще бъде добре проектирана, икономична и лесно изпълнима.

