

23. Каменные и армокаменные конструкции

23.1. Сведения о конструкциях

23.1.1. Каменные материалы

23.1.2. Растворы для каменных кладок

23.1.3. Виды кладки

23.1.4. Перевязки

23.1.5. Опалубочные камни

23.1.6. Армирование кладки

23.1.7. Материалы армирования

23.2. Расчет неармированных каменных элементов

23.2.1. Централью сжатые элементы

23.2.2. Расчет внецентренню сжатых элементов

23.2.3. Методика расчета на местное сжатие

23.3. Конструирование и расчет армокаменных элементов

Каменные и армокаменные конструкции

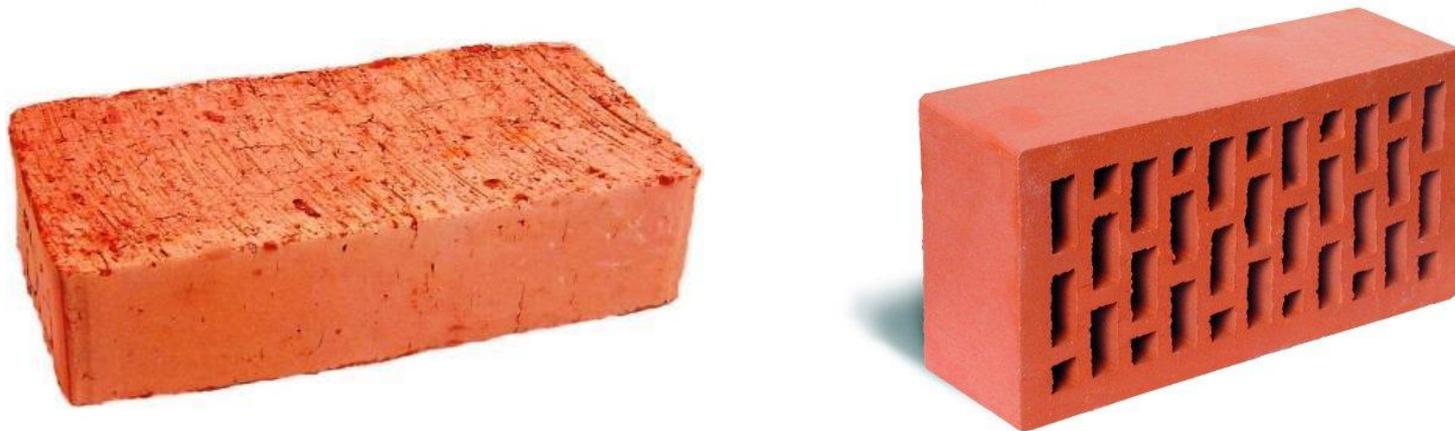


23.1.Сведения о конструкциях

Для каменных конструкций можно применять кирпич полнотелый и пустотелый, каменный кирпич, бетонные и природные крупные блоки, панели.

Следует учитывать, что основной характеристикой каменных материалов, применяемых для несущих конструкций, является их прочность, характеризующаяся марками. В соответствии с этим в зданиях высотой более 5 этажей необходимо использовать кирпич и камни марок по прочности на сжатие М150 и более. Проектирование зданий высотой более 12 этажей (36 м) допускается только при условии применения в нижних этажах кирпича повышенной прочности (М150-М300). В последних редакциях СП 15.13330.2012 рекомендовано принимать марку раствора не менее М50.

Во избежание утолщения наиболее нагруженных стен и столбов следует применять усиление каменных конструкций сетчатым армированием или железобетоном (комплексные конструкции). К каменным материалам, применяемым для кладки наружных стен и предъявляются такие требования по морозостойкости, водостойкости, плотности, проценту пустотности, размерам.



23.1.1. Каменные материалы

Каменные материалы различают:

- по происхождению – природные и искусственные;
- величине – кирпич высотой 65, 88 и 103 мм, крупные блоки и панели высотой 500 мм и более;
- структуре – сплошные, пустотелые, пористые;
- пределу прочности:
 - камни малой прочности, марки: 4, 7, 10, 15, 25, 35 и 50 $\frac{K2C}{CM^2}$ (сырцовый кирпич, слабые известняки, легкий кирпич);
 - камни средней прочности, марки: 75, 100, 125, 150, 200 $\frac{K2C}{CM^2}$ (обычный кирпич, бетонные и природные камни);
 - камни высокой прочности, марки: 250, 300, 400, 500, 600, 800 и 1000 $\frac{K2C}{CM^2}$ (глиняный кирпич, бетонные и тяжелые природные камни);
- морозостойкости: F15, F25, F35, F50, F75, F100, F150, F200, F300.

Кирпич считают морозостойким, если средняя по пяти образцам потеря прочности и наименьшее значение показателя отдельного образца, установленные в таблице 3 (ГОСТ 530-95) для данной марки, не более 5%, а средняя по пяти образцам потеря массы – не более 3%.

Долговечность каменных материалов зависит от морозостойкости и определяется сроком службы конструкций без снижения эксплуатационных свойств.

Строительные нормы устанавливают три срока службы каменных конструкций: 100, 50 и 25 лет.



23.1.2. Растворы для каменных кладок

При плотности массы в сухом состоянии $1500 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$ и более растворы относят к тяжелым; до $1500 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$ – к легким. В тяжелых растворах применяются плотные заполнители, в легких – пористые.

По пределу прочности на кубиках с размерами сторон 7,07 см устанавливаются марки растворов: 4, 10, 25, 50, 75, 100, 150 и 200 $\frac{\text{МПа}}{\text{см}^2}$

По виду вяжущих различают цементные, известковые и смешанные (цементно-известковые и цементно-глиняные) растворы. Известь и глина являются пластификаторами, обеспечивающими удобоукладываемость раствора, отчего швы кладки заполняются более равномерно и повышается прочность кладки. Расчетные сопротивления кладки на “жестком” цементном растворе ниже на 15 %, чем на смешанных растворах.

Таблица 23.1 - Составы растворов для каменных конструкций

Марка цемента	Объемная дозировка (цемент:известь или глина:песок) для растворов марок					
	150	100	75	30	25	10
400	1:0,2:3,0	1:0,4:4,5	1:0,5:5,5	1:0,9:8,0	–	–
	1:0:3,0	1:0:4,5	1:0:5,5	–	–	–
300	1:0,1:2,5	1:0,2:3,5	1:0,3:4,0	1:0,6:6,0	1:1:10	–
	1:0:2,5	1:0:3,0	1:0:4,0	1:0:6,0	1:1:9,0	–
200	–	–	1:0,1:2,5	1:0,3:4,0	1:0,8:7,0	1:0,8:7,0
	–	–	1:0:2,5	1:0:4,0	–	1:1:9,0

Примечание. В верхней строке приведены составы цементно-известковых растворов, в нижней — цементно-глиняных растворов. 0 в соотношении означает отсутствие данного вяжущего в растворе.



23.1.3 Виды кладки

Различают по виду и способу возведения, а также по способу обработки камня сухую кладку, кладку из неотесанных камней, слоистую кладку и облицовочную кладку.

Кладка стен из природного камня в зависимости от способа ее ведения классифицируется на четыре класса качества от N 1 до N 4 с установленными для каждого класса минимальными значениями прочности камня и основными показателями для отдельных групп растворов. Минимальная толщина несущей стены из природного камня - 24 см, минимальное сечение - 0,1 м².

Сухая кладка и кладка из неотесанного камня

При сухой кладке слабообработанные камни укладываются друг на друга с перевязкой послойно без раствора с по возможности более тонкими швами. Остающиеся пустоты между большими камнями должны заполняться более мелкими камнями. Сухая кладка не должна применяться в стенах большого веса, например в подпорных стенках. Фасадная сторона сухой кладки не должна быть наклонена к вертикали более чем на 10%.

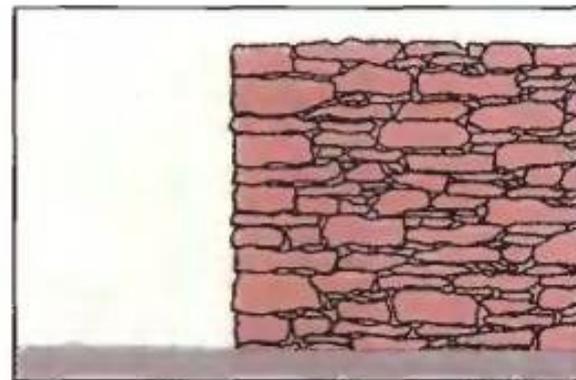


Рис.23.1. Сухая кладка



23.1.3 Виды кладки

При кладки из неотесанного камня приблизительно равномерные неотесанные камни укладываются на растворе с перевязкой. Ложковые и тычковые слои чередуются между собой. Получающиеся при этом неравномерные швы полностью заполняются кладочным раствором. Кладка должна выравниваться через каждые 1,5 м по высоте, это означает, что ложковый слой должен проходить на этом уровне по всей длине стены.

Для углов стен применяют плоские камни больших размеров, которые должны перевязываться попеременно со всех сторон.

Особой формой является циклопическая кладка. Слабо обработанные камки из каменоломен укладываются в стену на обильную растворную подушку, при этом появляется только небольшое количество ложковых швов. Вертикальные и косые швы обильно заполняются раствором.

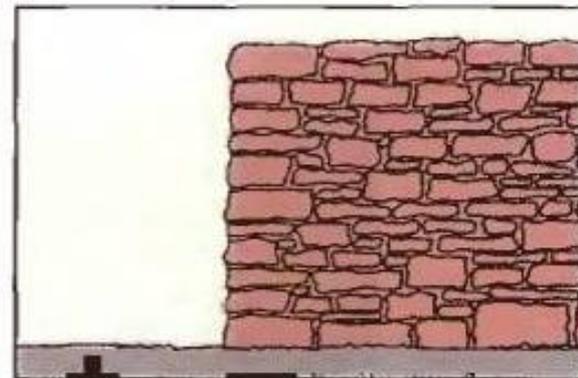


Рис.23.2. Кладка из неотесанного камня

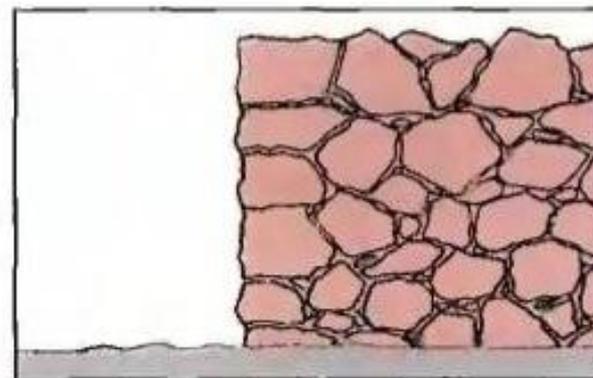


Рис.23.3. Циклопическая кладка



23.1.3 Виды кладки

При слоистой кладке различают молотковую, нерегулярную кладку и регулярную слоистую кладку, а также квадратную кладку. При молотковой и нерегулярной слоистой кладке высоты слоев внутри одного слоя могут меняться, однако через каждые 1,50 м по высоте кладку следует выравнивать ложковым слоем.

Для квадратной кладки необходимо применять только идентичные по размерам камни, обработанные со всех сторон на всю глубину. Ложковые и тычковые слои чередуются. Высоты отдельных слоев могут быть различны, однако внутри одного слоя они должны быть одинаковы на всю длину стены.

Для молотковой кладки применяют камни, имеющие по меньшей мере на 12 см в глубину обработанные постельные плоскости. Последние должны проходить примерно под прямым углом друг к другу. Размеры камней лежат примерно между 25x10x7см и 80x40x40см. Толщина швов от 1 до 1,5 см.

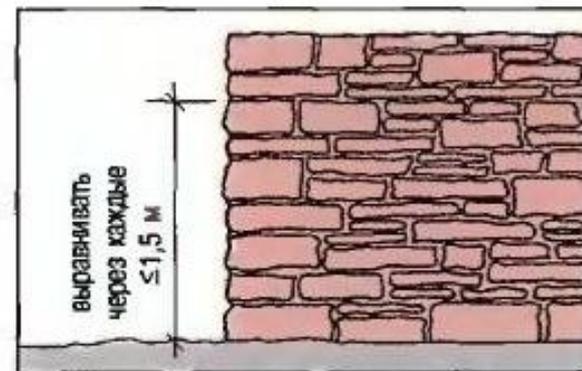


Рис.23.4. Обколотая слоистая кладка

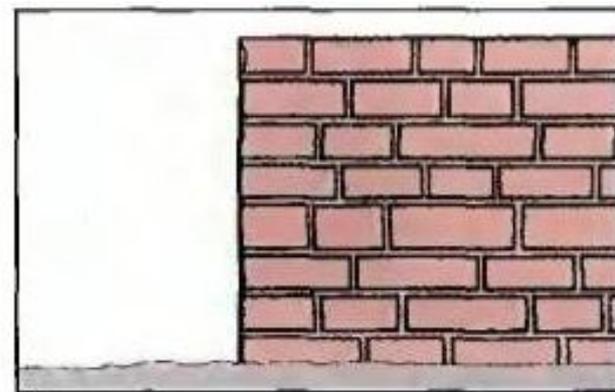


Рис.23.7. Квадровая кладка



23.1.3 Виды кладки

Для нерегулярной кладки применяются камни, которые имеют обработанные постельные плоскости не менее чем на 15см в ширину и обработанные стыковые плоскости. Последние должны быть перпендикулярны друг к другу и к плоскости фасада. Швы проходят горизонтально и вертикально и имеют толщину не более 3 см. Высоты слоев должны лишь немного отличаться друг от друга.

Для регулярной слоистой кладки камни должны быть обработаны на своих постельных и стыковых сторонах на всю толщину. На глубину 15 см ложковые и тычковые стыки должны проходить параллельно или под прямым углом друг к другу. Высота каждого отдельного слоя должна быть одинакова по всей длине стены.

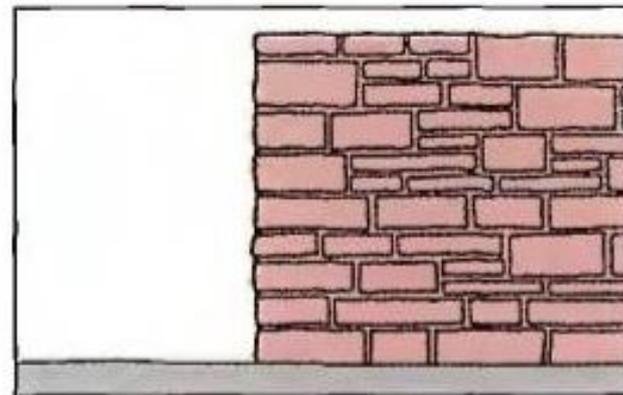


Рис.23.5. Нерегулярная слоистая кладка

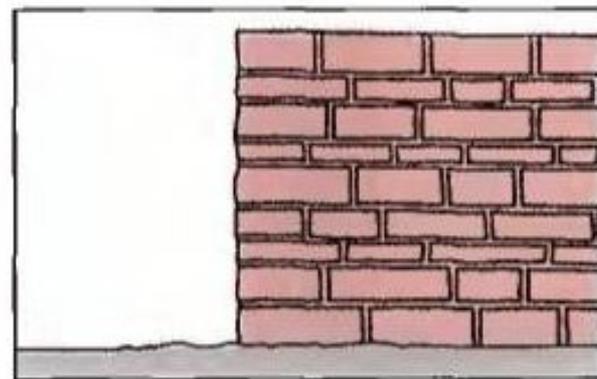


Рис.23.6. Регулярная слоистая кладка



23.1.4. Перевязки

Система перевязки - это порядок укладки кирпичей (камней) в кладке относительно друг друга в соответствии с правилами разрезки кладки.

Различают перевязку вертикальных, продольных и поперечных швов.

Продольные швы перевязывают для того, чтобы кладка не расслаивалась вдоль стены на более тонкие стенки и чтобы напряжения в кладке от нагрузки равномерно распределялись по ширине стены.

Основные системы перевязки кирпичной кладки стен - однорядная (цепная), многорядная, трехрядная, перевязка.

Однорядная (цепная) система перевязки, ряды бывают ложковыми и тычковыми в зависимости от того, как расположены в каждом из них кирпичи относительно фасада стены. Если кирпичи повернуты к фасаду своими короткими торцами (тычками) – такие ряды называют тычковыми. Если кирпичи в ряду лежат длинными сторонами параллельно фасаду, то такие ряды носят название ложковых.

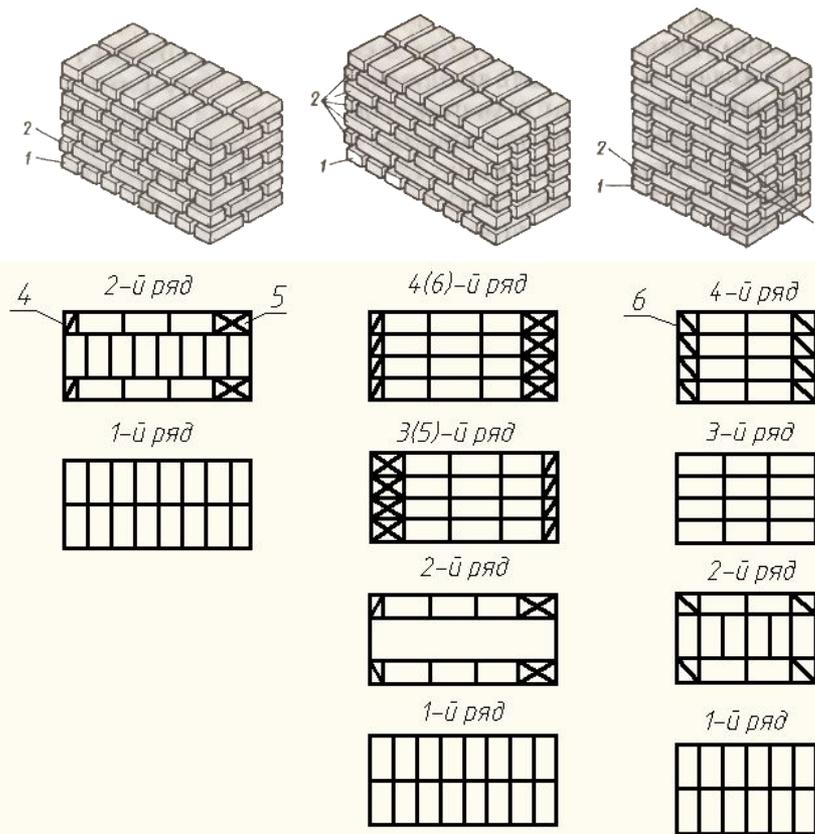


Рис.23.8. Системы перевязки при кладке стен 2 кирпича



23.1.4. Перевязки

Многорядная перевязка.

В случае многорядной перевязки выкладываются ложковые ряды, перевязываемые через 5-6 рядов тычковыми рядами. Количество ложковых рядов определяется размерами кирпича и составляет 6 рядов для кирпича толщиной 65 мм и 5 рядов для кирпича толщиной 88 мм.

Нижний (первый) ряд при многорядной перевязке выкладывается, как и при однорядной перевязке – тычками.

Дальнейшая укладка кирпичей зависит от толщины стены. Второй ряд стен имеющих толщину в $\frac{1}{2}$, $1\frac{1}{2}$, $2\frac{1}{2}$, то есть кратную нечетному числу кирпичей, выкладывается так – наружная верста последующих рядов от второго до шестого кладется ложковыми рядами с последующей перевязкой в седьмом ряду верстой из тычков. Внутренние версты выкладываются во 2 ряду – тычками, в 3-6 рядах – ложками с перевязкой вертикальных поперечных швов на $\frac{1}{2}$ или $\frac{1}{4}$ кирпича.

Трехрядная перевязка швов.

Трехрядная перевязка – это одна из разновидностей многорядной системы, когда тычковыми рядами перевязываются каждые три ложковых ряда. Трехрядная система перевязки чаще всего применяется при выкладывании столбиков и простенков для их большей устойчивости.

Такая кладка как нельзя лучше подойдет, если вы планируете устройство столбчатых опор под лаги пола. Но, о выкладывании столбиков мы подробнее поговорим в другой публикации, а сейчас давайте посмотрим на схему трехрядной перевязки.



23.1.5. Опалубочные камни

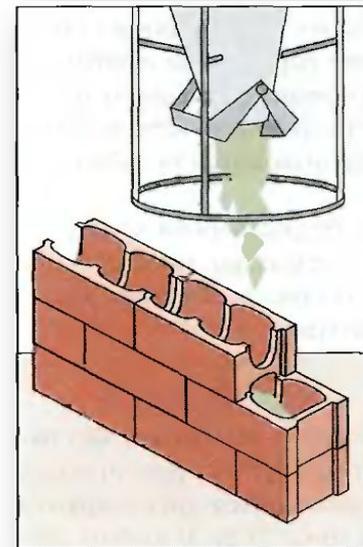
При строительстве стен могут применяться опалубочные элементы, подобные кладочным камням. Эти элементы имеют вертикальные пустоты и поперечные прорезы и изготавливаются из пористого бетона или нормального бетона. Они могут иметь гладкие поверхности со всех сторон или быть снабжены на тычковых и ложковых гранях системой «шпонка-паз». Камни в зависимости от вида наружных поверхностей могут укладываться с ложковой перевязкой насухо, или на растворе обычных растворных групп, или на тонкошовном растворе.



Пустоты при возведении стен заполняются бетоном В10, В15. Бетонные колонны в опалубочных камнях связываются между собой за счет бетона, перетекающего из одной вертикальной пустоты в другую через горизонтальные вырезы.

Высота заполнения зависит от строительного вида камней и может составлять от высоты одного слоя до высоты этажа. Кладка с опалубочными камнями требует допуска строительного надзора.

В бетонном строительстве могут применяться также опалубочные камни из других строительных материалов, например из древесно-стружечного бетона или из пенопласта. Заполнение бетоном здесь производится бетоном В15 и В25.



23.1.6. Армирование кладки

В целях повышения прочности каменной кладки ее усиливают стальной арматурой, железобетонными включениями, а также стальными, железобетонными и растворными армированными обоями.

Различают следующие виды армирования и усиления каменных конструкций:

- поперечное (сетчатое с расположением арматурных сеток в горизонтальных швах кладки);
- продольное с расположением арматуры снаружи, под слоем цементного раствора или в бороздах, оставляемых в кладке;
- армирование посредством включения в кладку железобетона (комплексные конструкции);
- усиление посредством заключения элемента в железобетонную, армированную растворную или стальную обойму из уголков.

Армирование каменных конструкций значительно повышает их несущую способность и монолитность, обеспечивает совместную работу отдельных частей зданий, а также является основным способом увеличения сейсмостойкости каменных конструкций и здания в целом.

Марка кирпича принимается не менее М75, раствора – не менее М50.



23.1.7. Материалы армирования

Композитная арматура (англ. fibre-reinforced plastic rebar, FRP rebar) — неметаллические стержни из стеклянных, базальтовых, углеродных или арамидных волокон, пропитанных термореактивным или термопластичным полимерным связующим и отверждённых. Арматуру, изготовленную из стеклянных волокон, принято называть стеклопластиковой (АСП), из базальтовых волокон — базальтопластиковой (АБП), из углеродных волокон — углепластиковой.

Стеклопластиковая арматура (АСП)

АСП — композитная арматура, изготавливаемая из стекловолокна, придающего прочность, и термореактивных смол, выступающих в качестве связующего. Одним из основных преимуществ этого строительного материала являются малый вес и высокая прочность.

Композитная арматура АСПЭТ — арматура из стеклоармированного полиэтилентерефталата, изготавливаемая по технологии пултрузии из стекловолокна и термопластичного полимера.

АБП — композитная арматура, изготавливаемая из базальтового волокна и смолы. Существенным отличием данного строительного материала от перечисленных выше — является более высокая стойкость к агрессивным средам. Однако, несмотря на высокую огнестойкость базальтового волокна, жаропрочность базальтовой арматуры не отличается от стеклопластиковой, т.к. полимерная матрица не в состоянии выдержать температуры выше 160 °С. АБП в значительной степени дороже не только арматуры из металла и АСПЭТ, но и АСП.



23.1.7. Материалы армирования

Для армирования каменных конструкций следует применять: для сетчатого армирования сталь классов А240 и В500; для продольного армирования сталь классов А240, А400, А500 и В500.

Также используются композитные сетки. Композитные сетки изготавливаются методом экструзии с последующим двусосным ориентированием волокон и соединением их в полотно с прямоугольными ячейками фиксированных размеров.

Такая сетка предназначена для армирования кладки из кирпича, бетонных, газосиликатных и полистиролбетонных блоков, армирования бетона, бетонных стяжек, армирования балластных и асфальтовых слоев, при сооружении тротуаров, придомовых площадок, больших крытых и открытых площадей.



23.1.7. Материалы армирования

Таблица 23.2 - Сравнение параметров материалов армирования

Характеристики	Металлическая арматура класса А-III (А400С) ГОСТ 5781-82 ^[1]	АСПЭТ — Арматура полимерная стеклоармированная ТУ ВУ691148143.001-2011(отсутствует в СНиП и СП - нет достоверных требований по эксплуатации)	Неметаллическая композитная арматура (АСП — стеклопластиковая, АБП — базальтопластиковая)
Материал	Сталь 35ГС, 25Г2С и др.	Стекланные волокна диаметром 13-16 микрон, связанные термопластичным полимером	АСП — стеклянные волокна диаметром 13-16 микрон связанные полимером; АБП — базальтовые волокна диаметром 10-16 микрон связанные полимером
Вес	По строительным нормам	В 4 раза легче металлической арматуры	Легче металлической арматуры
Временное сопротивление при растяжении, МПа	360	255 — АСПЭТ-СВ30 510 — АСПЭТ-СВ50	1000-1200 — АСП 1200-1300 — АБП
Модуль упругости, МПа	200 000	11 000 и выше	45 000-АСП 60 000-АБП
Относительное удлинение, %	от 14	2,5	2,2-АСП и АБП
Характер поведения под нагрузкой (зависимость «напряжение-деформация»)	Кривая линия с площадкой текучести под нагрузкой	Прямая линия с упруголинейной зависимостью под нагрузкой до разрушения	Прямая линия с упруголинейной зависимостью под нагрузкой до разрушения
Коэффициент линейного расширения $\alpha \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$	13-15	-	9-12
Плотность, т/м ³	7,85	1,4	1,9-АСП и АБП
Коррозионная стойкость к агрессивным средам	Корродирует с выделением продуктов ржавчины	Нержавеющий материал первой группы химической стойкости	Нержавеющий материал первой группы химической стойкости.
Теплопроводность	Теплопроводна	Нетеплопроводна	Нетеплопроводна
Электропроводность	Электропроводна	Неэлектропроводна — диэлектрик	Неэлектропроводна — диэлектрик
Выпускаемые профили	6-80	5-10 в перспективе до 20	4-40
Длина	Стержни длиной 6-12 м (унифицированный размер - в связи с требованием перевозки)	Любая длина по требованию заказчика	Любая длина по требованию заказчика
Экологичность	Экологична	Экологична — не выделяет вредных и токсичных веществ	Имеется санитарно-эпидемиологическое заключение, не выделяет вредных и токсичных веществ
Долговечность	По строительным нормам	-	Прогнозируемая долговечность не менее 80 лет



23.2.Расчет каменных элементов

Перед расчетом необходимо установить, каким воздействиям подвергается элемент. чаще всего каменные конструкции подвергаются следующим воздействиям:

Нагрузки, в зависимости от продолжительности их действия, делятся на длительные и кратковременные.

1) К постоянным нагрузкам относится вес частей здания, перекрытий, перегородок, стен.

2) К длительным нагрузкам относятся: вес временных перегородок, вес стационарного оборудования, нагрузки на перекрытия от складываемых материалов в складах, холодильниках, книгохранилищах; нагрузки от людей на перекрытиях с понижающими значениями; снеговые нагрузки с учетом понижающих коэффициентов.

3) К кратковременным нагрузкам относятся: нагрузки от людей на перекрытиях зданий с полными нормативными значениями, нагрузки от подъемно-транспортного оборудования, снеговые нагрузки с полным нормативным значением, ветровые нагрузки.

4) К особым нагрузкам относят сейсмические и взрывные воздействия и аварийные.



23.2.1. Центральные сжатые элементы

Предел прочности в их видов кладок при кратковременных нагрузках определяются по формуле Л. И.Онищика

$$R_u = A \cdot R_1 \left(1 - \frac{a}{b + \frac{R_2}{2R_1}}\right) \cdot \gamma, \quad (23.1)$$

где

R_1 - предел прочности камня при сжатии, выражен в $\frac{\text{кг}}{\text{см}^2}$;

R_2 - предел прочности раствора;

m и n - коэффициенты, зависящие от вида камней, из которых выполнена кладка (для кирпичной кладки $m=1.25$ и $n=3$);

a и b - коэффициенты, зависящие от вида камней, из которых выполнена кладка (для кирпичной кладки $a=0.2$; $b=0.3$);

γ - коэффициент применяют при определении прочности кладки на растворах низких марок (В25 и ниже);

A - конструктивный коэффициент определяется по формуле

$$A = \frac{100 + R_1}{100 \cdot m + n \cdot R_1}. \quad (23.2)$$



23.2.2. Расчет внецентренно сжатых элементов

Расчет элементов неармированных каменных конструкции при центральном сжатии необходимо производить по формуле

$$N \leq m_g \cdot \varphi \cdot R \cdot A, \quad (23.3)$$

где

N - расчетная продольная нагрузка;

R - расчетное сопротивление сжатию укладки;

φ - коэффициент продольного изгиба;

A - площадь сечения элемента (для участков стен каменных зданий, имеющих постоянную толщину, в расчет удобнее брать 1 погонный метр стены);

m_g - коэффициент учитывающий влияние длительной нагрузки.

Коэффициент продольного изгиба φ для элементов постоянного по длине сечения следует принимать по таблице СНиП II-27-81 “Каменные и армокаменные конструкции “ в зависимости от гибкости элемента $\lambda = l_0 / i$ (или $\lambda_n = l_0 / h$).



23.2.2. Расчет внецентренно сжатых элементов

Расчетные высоты стен и столбов l_0 при определении коэффициентов продольного изгиба φ в зависимости от условий опирания их на горизонтальные опоры следует принимать:

а) при неподвижных шарнирных опорах ($l_0 = H$) H - расстояние между перекрытиями;

б) при упругой верхней опоре и жестком защемлении в нижней опоре

$l_0 = 1.5H$ (для однопролетных зданий) и $l_0 = 1.25H$ (для многопролетных);

в) для свободностоящих конструкций при отсутствии связи их с перекрытиями или другими горизонтальными опорами $l_0 = 2H$.

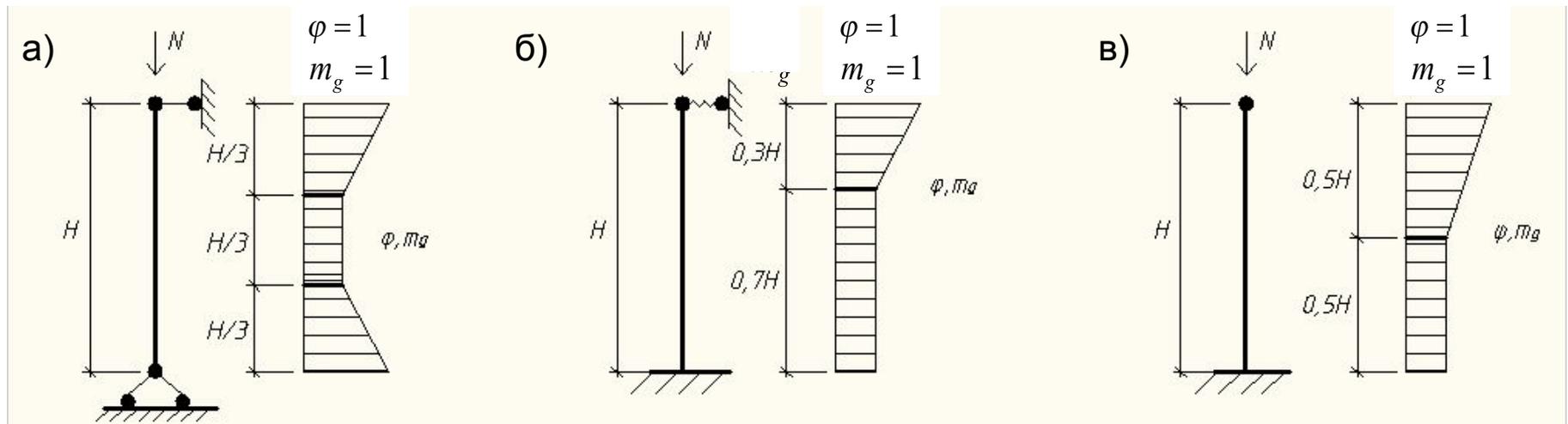


Рис.23.9. Изменение коэффициентов φ и m_g по длине элементов



23.2.2. Расчет внецентренно сжатых элементов

Коэффициент m_g отражает влияние полученной кладки на работу элемента в связи с ростом нагрузки.

$$m_g = 1 - \eta \cdot \frac{N_g}{N}, \quad (23.4)$$

где

N_g - расчетная сила от длительной нагрузки;

η - коэффициент зависящий от гибкости элемента и вида кладки (принимается по СНиП).

Значения φ и m_g берутся равными расчетным значениям не во всех сечениях.(см. рисунок 23.9)

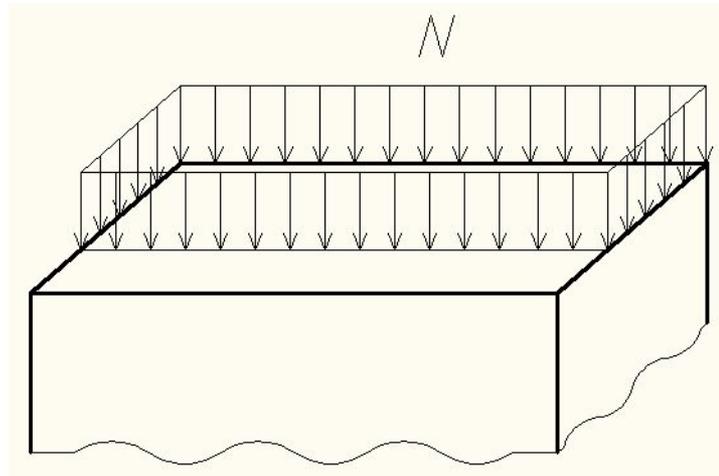


Рис.23.10. Схема внецентренного нагружения



23.2.2. Расчет внецентренно сжатых элементов

При расчете сжатых каменных элементов следует учитывать и случайный эксцентриситет. Его учитывают только в стенах толщиной 25 см. и менее, руководствуясь следующими правилами:

- для несущих стен $e_a = 2\text{см}$;
- для самонесущих стен $e_a = 1\text{см}$.

Таким образом, расчетный эксцентриситет определяется по формуле

$$e_0 = \frac{M}{N} + e_a, \quad (23.5)$$

В зависимости от величины эксцентриситета в поперечных сечениях элемента возникают разные эпюры напряжения. При небольших эксцентриситетах поперечное сечение полностью сжато.

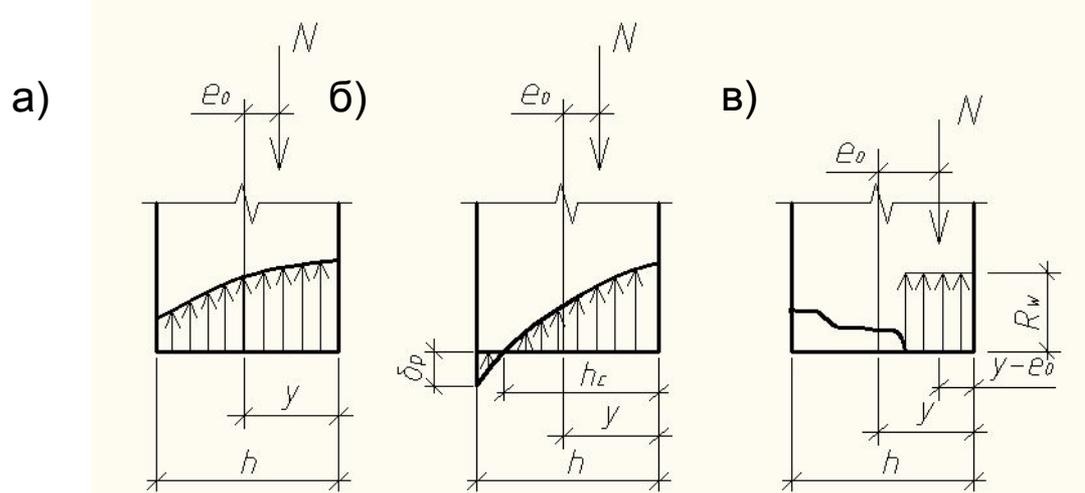


Рис.24.11. Эпюры напряжений при внецентренном сжатии

С увеличением эксцентриситета в сечении может возникнуть и растяжение. При больших эксцентриситетах напряжения в растянутой зоне могут превысить предельное сопротивление кладки растяжению и в горизонтальных швах образуются трещины.



23.2.2. Расчет внецентренно сжатых элементов

Однако, во всех трех случаях для упрощения результатов разрешается напряжение в сжатой зоне принимать равномерно распределенным по сжатой площади. При этом учитывается, что менее нагруженная часть кладки сдерживает поперечные деформации сжатой зоны и тем самым несколько повышает несущую способность кладки. Это повышение учитывается специальным коэффициентом ω Для кладки из камней и крупных блоков из ячеистого и крупнопористого бетона, а также из природных камней $\omega=1$. Для остальных:

$$\omega = 1 + \frac{e_0}{2y} \leq 1.45. \quad (23.6)$$

Площадь сжатой части сечения:

Для прямоугольного сечения $A_c = A \cdot (1 - 2 \cdot \frac{e_0}{h}); \quad (23.7)$

Для таврового сечения $A_c = 2(y - e_0) \cdot b, \quad (23.8)$

где

b — ширина сжатой полки или толщина стенки таврового сечения в зависимости от эксцентриситета.



23.2.2. Расчет внецентренно сжатых элементов

Несущая способность внецентренно сжатой кладки должна проверяться соблюдением условия:

$$N \leq m_g \cdot \varphi_1 \cdot R \cdot A \cdot \omega, \quad (23.9)$$

Коэффициент продольного изгиба φ_1 находится по формуле

$$\varphi_1 = \frac{\varphi + \varphi_c}{2}, \quad (23.10)$$

где φ - коэффициент продольного изгиба;

$$\varphi_c - \text{коэффициент продольного изгиба для сжатой части сечения } \varphi_c = \frac{H}{i_c}. \quad (23.11)$$

Коэффициент, учитывающий длительность действия нагрузки

$$m_g = 1 - \eta \cdot \frac{N_g}{N} \left(1 + \frac{1.2 \cdot e_{od}}{h}\right), \quad (23.12)$$

где N_g - продольная сила от длительно действующей нагрузки;

e_{od} - эксцентриситет от длительно действующей нагрузки;

h - высота сечения;

η - коэффициент зависящий от гибкости элемента и вида кладки (принимается по СНиП).



23.2.3. Методика расчета на местное сжатие

Местное сжатие или смятие возникает в кладке при действии нагрузки на ограниченную площадь, т.е. на часть сечения при опирании на кладку ферм, балок, прогонов, перемычек, панелей перекрытия. Несущая способность кладки при смятии определяется с учетом характера распределения давления по площади смятия. В расчетах по проверке несущей способности кладки следует учесть повышение ее прочности.

Расчетное сопротивление кладки при местном сжатии.

$$R_c = \xi \cdot R, \quad (23.13)$$

$$\text{где } \xi = \sqrt[3]{\frac{A}{A_c}} \leq \xi_1. \quad (23.14)$$

Здесь A - расчетная площадь сечения;

A_c - площадь смятия, на которую передается нагрузка;

ξ - коэффициент, зависящий от материала кладки и места;

ξ_1 - коэффициент, зависящий от материала кладки и места приложения нагрузки (например для кладки из сплошных кирпичей $\xi_1 = 2$ (местная нагрузка!).



23.2.3. Методика расчета на местное сжатие

Расчетная площадь сечения кладки A принимается условно по схемам, приведенным в СНиП II-22-81*.

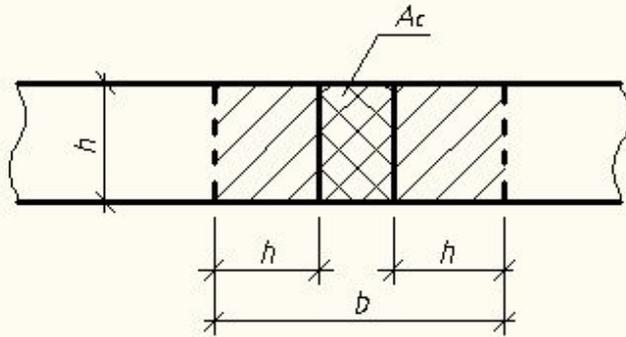


Рис.23.12. При площади смятия, включающей всю толщину стены

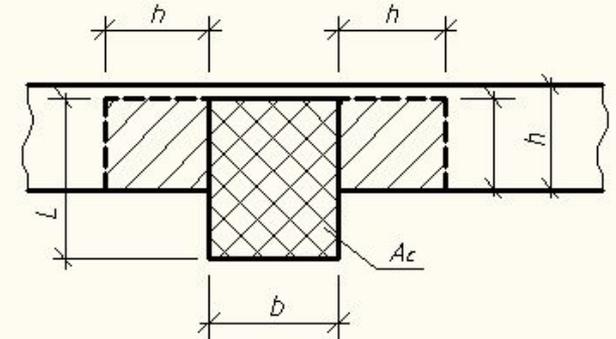


Рис.23.13. При площади смятия, расположенной в пределах пилястры и части стены

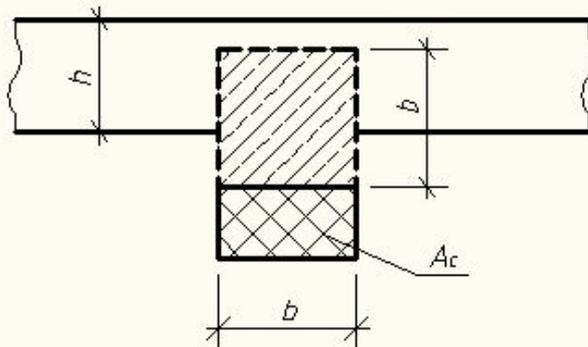


Рис.23.14. При площади смятия, расположенной в пределах пилястры

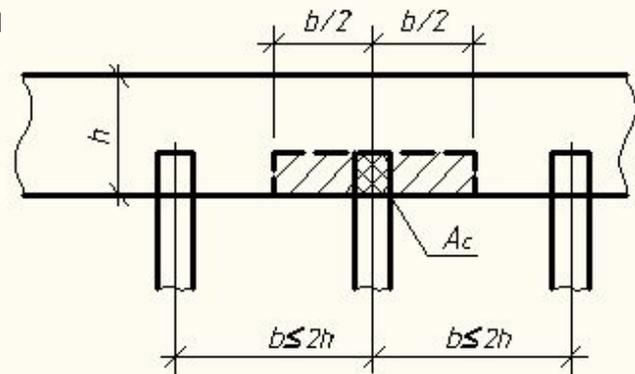


Рис.23.15. При опирании на стену концов прогонов и балок



23.2.3. Методика расчета на местное сжатие

Несущая способность сечения при местном сжатии считается обеспеченной, если соблюдается условие

$$N_c \leq \psi \cdot d \cdot R_c \cdot A_c, \text{ где} \quad (23.15)$$

ψ -коэффициент полноты эпюры давления.

При равномерном распределении давления $\psi = 1$, при треугольном $\psi = 0,5$;

$d = 1,5 - 0,5 \psi$ - для кирпичной кладки, и кладки из сплошных камней и бетонных блоков,

$d = 1 \psi$ - для пустотелых камней или силикатных камней и блоков из крупнопористого материала.

Следует помнить, что при одновременном давлении на площадь сечения местной нагрузки (под концом балок, прогонов) и основной (выше лежащая кладка и др. конструкции) расчет производится отдельно на местную нагрузку и сумму местной и основной нагрузки.

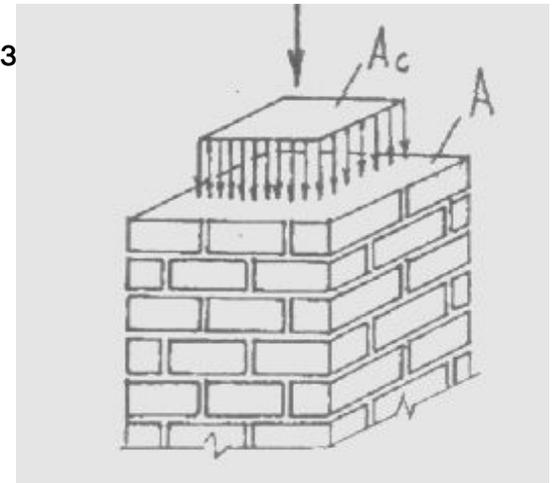


Рис.23.16. Схема центрально сжатого элемента



23.3. Конструирование и расчет армокаменных элементов

Несущая способность каменной кладки может быть повышена введением в рабочее сечение арматуры. Применяется два вида армирования:

- 1) поперечное (сетчатое);
- 2) продольное – из продольной арматуры с хомутами, устанавливаемой снаружи кладки либо внутри в швах между кирпичами.

Сетчатое армирование кладки применяется в центрально и внецентренно сжатых элементах при малых эксцентриситетах, не выходящих из ядра сечения (для прямоугольного сечения $e_0 \leq 0,167h$), и малой гибкости $l_0 / i \leq 53$.

Для традиционного армирования рекомендуется применять:

- горячекатаную стержневую сталь классов А400, А500;
- обыкновенную арматурную низкоуглеродистую проволоку В500.

$C_1, C_2 = 30...120\text{мм}$

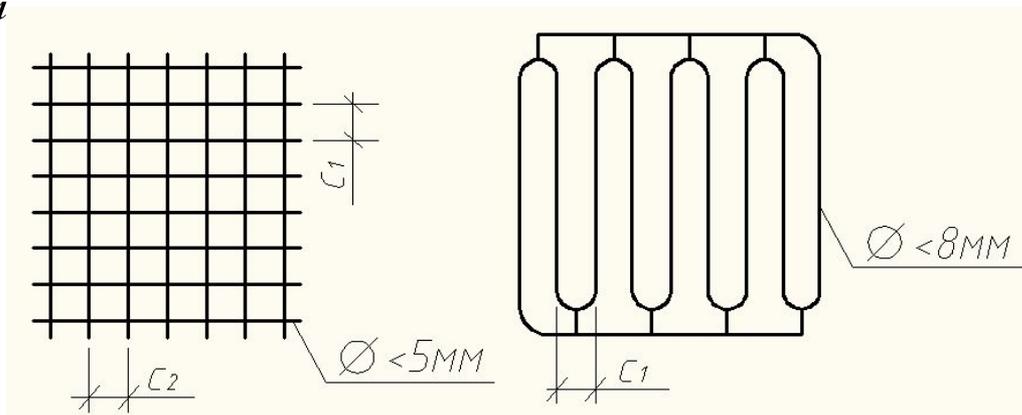
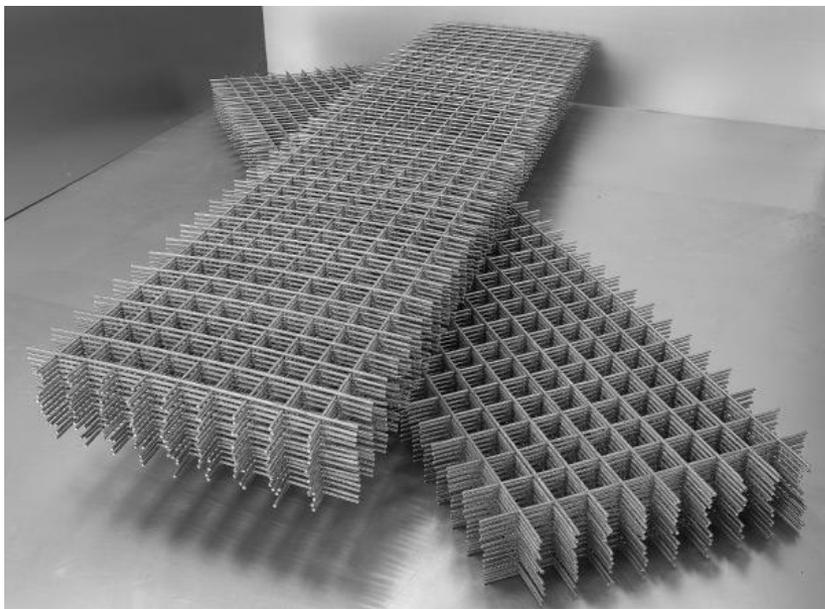


Рис.23.17. Виды сеток



23.3. Конструирование и расчет армокаменных элементов

- При применении сетчатого армирования, кроме того, следует учитывать следующие требования:
- сетки проектируются из проволоки диаметром 3..8мм, укладываемой на расстояния 30...120 мм друг от друга;
 - шов кладки должны иметь толщину , превышающую диаметр арматуры не менее чем на 4 мм;
 - марка раствора зависит от влажного воздуха, при нормированной влажности минимальная марка раствора принимается М25, а во влажных или открытых конструкциях М50;
 - по высоте элементов сетки должны укладываться через 5 рядов кирпичной кладки.
- При расположении арматуры реже, чем через 5 рядов влияние ее на несущую способность кладки в расчетах учитываться не должно.



23.3. Конструирование и расчет армокаменных элементов

Расчет элементов при центральном сжатии рекомендуется выполнять в следующей последовательности :

1) Определить величину расчетного сопряжения армированной кладки

$$R_{sk} = R + \frac{2 \cdot \mu \cdot R_s}{100} \leq 2R, \quad (23.16)$$

где $\mu = \frac{V_s}{V_n} \cdot 100\%;$ (23.17)

$$\mu = \frac{2 \cdot A_{si}}{C \cdot S} \quad (\text{для сетки с квадратными ячейками размером } C) \quad (23.18)$$

При пределе прочности раствора 25% кг/см² эффективность армирования снижается, тогда

$$R_{sk} = R + \frac{2 \cdot \mu \cdot R_s}{100} \cdot \frac{R}{R_{25}}. \quad (23.19)$$

2) Найти значение коэффициента продольного изгиба φ по аналогии с расчетом неармированной каменной конструкции и значение коэффициента m_g .

3) Проверить несущую способность армированной кладки

$$N \leq R_{sk} \cdot m_g \cdot A \cdot \varphi. \quad (23.20)$$



23.3. Конструирование и расчет армокаменных элементов

Для расчета внецентренно сжатых элементов можно пользоваться этой же последовательностью.

При этом следует учитывать, что в случаях малых эксцентриситетов, не выходящих за пределы ядра сечения (для прямоугольного сечения $e_0 \leq 0,167h$), расчетное сопряжение армированной сетками внецентренно сжатой кладки составляет

$$R_{sk} = R + \frac{2 \cdot \mu \cdot R_s}{100} \cdot \left(1 - \frac{2e_0}{y}\right), \quad (23.21)$$

а при прочности раствора $< 25 \frac{\text{кг}}{\text{см}^2}$

$$R_{sk} = R + \frac{2 \cdot \mu \cdot R_s}{100} \cdot \frac{R}{R_{25}} \left(1 - \frac{2e_0}{y}\right). \quad (23.22)$$

Процент армирования кладки сетчатой арматурой при внешнем сжатии не должны превышать определяемого по формуле

$$\mu = \frac{50R}{\left(1 - \frac{2e_0}{y}\right) \cdot R_s} \geq 0,1\%. \quad (23.23)$$

Несущая способность внецентренно сжатого элемента должна проверяться выполнением условия:

$$N \leq m_g \cdot \varphi_1 \cdot R_{sk} \cdot A_c \cdot \omega. \quad (23.24)$$



Используемые источники

1. Фалевич Б.Н. Штритер К.Ф. Проектирование каменных и крупнопанельных конструкций. –М.: Высш. шк.,1983. -192с.
2. Каменные и армокаменные конструкции: курс лекций / В.А. Танаев. – 2-е изд., доп. – Хабаровск : Издательство ДВГУПС, 2014. – 95с.: ил.
3. Справочник строителя. Строительная техника, конструкции, технологии (в 2-х томах)/ Сб. под ред. Х. Нестле, Москва: Техносфера, 2007.-520с.
4. СНиП II-22-81*. Каменные и армокаменные конструкции/Госстрой России. - М.: ФГУП ЦПП, 2004.
5. Вахненко П.Ф. Каменные и армокаменные конструкции. – 2-е изд, перераб. и доп.-К.,Будивэльнык 1990. - 184с.
6. СП 15.13330.2012 Каменные и армокаменные конструкции. Актуализированная редакция СНиП II-22-81* -М.: ЦНИИСК им. В.А. Кучеренко,2012.
7. ГОСТ 530-95 Кирпич и камни керамические. Технические условия. -М.:МНТКС 1995. Изменение №1 к ГОСТ 530-95 от 01.01.2002.
8. Материал с сайтов <http://ru.wikipedia.org>; <http://otdelka.msk.ru>

