

# РЕКОМЕНДАЦИИ

по проектированию  
сейсмостойких  
рамных каркасов  
из керамзитобетона

**ЦНИИЭП  
ЖИЛИЩА**

Государственный комитет по гражданскому строительству и  
архитектуре при Госстрое СССР

Центральный ордена Трудового Красного Знамени  
научно-исследовательский и проектный институт типового  
и экспериментального проектирования жилища  
(ЦНИИЭП жилища)

РЕКОМЕНДАЦИИ  
ПО ПРОЕКТИРОВАНИЮ СЕЙСМОСТОЙКИХ РАМНЫХ  
КАРКАСОВ ИЗ КЕРАМЗИТОБЕТОНА

Утверждены  
председателем Научно-  
технического совета,  
директором  
ЦНИИЭП жилища  
Б.Р.Рубаненко  
(протокол № 2  
от 29/III-1979 г.)

Москва

1979

Настоящие Рекомендации содержат положения по расчету и конструированию рамных каркасов сейсмостойких зданий с несущими конструкциями из керамзитобетона. Достаточная прочность таких зданий обосновывается результатами расчетов и натурных вибрационных испытаний здания и его узлов, выполненных специалистами ЦНИИЭП жилища и института "Фрунзегорпроект".

Рекомендации подготовлены инж. Л.Я.Эрлихманом (Фрунзегорпроект), д-ром техн.наук, проф. Г.А.Шапиро, инженерами Ю.А.Симоном и В.Ф.Захаровым (ЦНИИЭП жилища).



## 1. Общие положения

1.1. Рекомендации разработаны в качестве дополнения к СНиП II-A.12-69 и СНиП II-21-75 и могут быть использованы при проектировании сейсмостойких зданий с несущим рамным каркасом, а также при их расчете на сейсмические воздействия с учетом нелинейных деформаций и предельного состояния по прочности.

1.2. Целесообразность строительства каркасных зданий из керамзитобетона должна быть обоснована технико-экономическим расчетом, в котором сопоставляются затраты на аналогичные конструкции из тяжелого и легкого бетонов.

При расчете должны быть учтены следующие факторы: снижение расхода арматуры и массы здания, наличие сырья и технической базы для производства керамзитового гравия, сокращение расходов на транспортировку и монтаж конструкций, лучшее соотношение между относительной прочностью конструкций, оцениваемой коэффициентом запаса  $K^*$ , и величиной пластических деформаций при достижении каркасом предельного состояния.

1.3. При оценке сейсмостойкости каркасного здания из керамзитобетона следует руководствоваться зависимостью суммарной горизонтальной нагрузки  $Q$  на здание от смещения его верха. Более надежна конструкция, которая при одинаковой предельной нагрузке  $Q_{пр}$  допускает большее относительное смещение  $\Delta_0/\Delta_y$  верха здания в случае сейсмического воздействия.

Зависимость  $Q-\Delta$  (рис.1) для большинства реальных зданий имеет нисходящую ветвь, т.е. они разрушаются в результате достижения предельных смещений при горизонтальной нагрузке меньше той, которая соответствует максимуму данной зависимости. Это

---

\*)  $K$  - отношение разрушающей нагрузки к расчетной.

объясняется наличием нисходящих ветвей в обобщенных диаграммах работы элементов рамы: колонн, ригелей, узлов их сопряжения (рис.2).

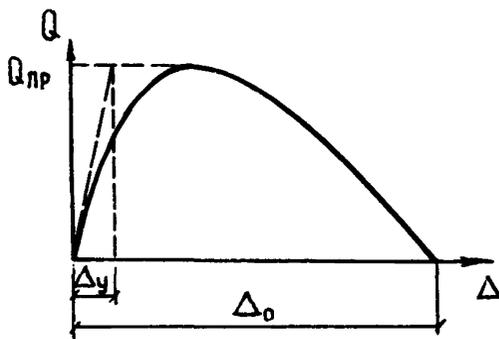


Рис.1. Смещение верха здания в зависимости от инерционной нагрузки:

$Q_{пр}$  - предельная нагрузка;  $\Delta_y$  - смещение, при котором конструкция работает упруго;  $\Delta_o$  - смещение, при котором нагрузка равна нулю

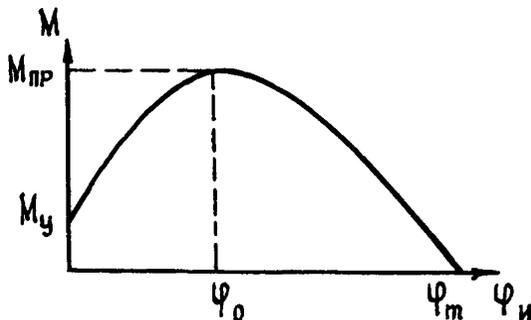


Рис.2. Обобщенная диаграмма работы элемента - изгибающий момент - угол искажения в опорном сечении:

$M$  - изгибающий момент в сечении;  $M_{пр}$  - изгибающий предельный момент в сечении при максимальной нагрузке;  $M_y$  - изгибающий момент, до которого работу элемента можно считать упругой;  $\psi_o$  - угол искажения при  $M_{пр}$ ;  $\psi_t$  - предельный угол искажения при разрушении сечения

Чтобы исключить хрупкое разрушение конструкций сейсмостойких зданий, сечения следует подбирать таким образом, чтобы относительная высота сжатой зоны бетона колонн  $\xi = x/h_o$  не превышала

0,4, а отношение предельного угла искажения сечений ригелей к углу искажения при максимальной нагрузке было больше или равно 10 (т.е.  $\varphi_m/\varphi_0 \geq 10$ ).

Использование при расчете диаграмм с нисходящими ветвями позволяет учитывать ограниченность предельных деформаций элементов и системы.

1.4. Расчетная сейсмическая нагрузка на здание с каркасом из керамзитобетона равна [4,5]:

$$S_{KB} = S_{TB} \cdot K_{CH},$$

где  $K_{CH} = S_{KB} : S_{TB} \approx \sqrt{\frac{E_{KB}}{E_{TB}}}$

При комплексном применении керамзитобетона учитывается и эффект снижения собственного веса конструкций, который выражается в виде коэффициента снижения расчетной сейсмической нагрузки

$$K_{CH} = S_{KB} : S_{TB} \approx \sqrt{\frac{E_{KB} \cdot Q_{TB}}{E_{TB} \cdot Q_{KB}}} \cdot \frac{Q_{KB}}{Q_{TB}},$$

где  $S_{KB} (S_{TB})$  – расчетная сейсмическая нагрузка на каркас из керамзитобетона (тяжелого бетона);

$E_{KB} (E_{TB})$  – начальный модуль упругости керамзитобетона (тяжелого бетона);

$Q_{KB} (Q_{TB})$  – вес колеблющейся массы керамзитобетона (тяжелого бетона).

Величина  $E_{к.б}$  при проектировании должна назначаться на основе экспериментальных данных. При их отсутствии допускается использовать данные СНиП II-21-75.

1.5. Каркас здания целесообразно выполнять из керамзитобетона, если выполняется условие:

$$0,33 \cdot K_{CH} < T_{TB} < 1,25 \cdot K_{CH},$$

где  $T_{TB}$  – период колебаний по 1-ой форме здания с каркасом из тяжелого бетона, сек.

## 2. Расчетная модель здания для построения зависимости $Q - \Delta$ при статическом воздействии горизонтальных нагрузок

2.1. Для построения зависимости суммарной нагрузки на здание  $Q$  от смещения его верха  $\Delta$ , учитывающей нелинейный характер деформаций элементов рам, целесообразно в качестве расчетной принимать схему рам с податливыми соединениями элементов (рис.3). При этом предполагается, что нелинейные деформа-

ции сосредотачиваются в местах примыкания элементов друг к другу (в узлах) и учитываются в виде суммарных конечных искажений углов  $\Psi_u$  между элементами. Величины этих условных деформаций назначаются в соответствии с диаграммами, приведенными на рисунках 1 и 2.

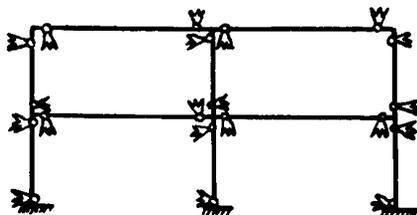


Рис.3. Расчетная схема регулярной железобетонной рамы с податливыми связями элементов и узлов (условно показаны связи, для которых вводится нелинейная диаграмма  $M - \Psi_u$ )

2.2. Расчет рамы производится с использованием метода последовательных нагружений [2]. На каждом этапе рассчитывается упругая система, для которой известны жесткости элементов<sup>ж)</sup> и соотношения между горизонтальными нагрузками. По результатам расчета определяется нагрузка, при которой изменяется жесткость одного или нескольких элементов, и соответствующее этой нагрузке смещение верха рамы.

Следующий этап расчета выполняется после изменения жесткости элементов. Жесткость изменяется ступенчато, с заданным "шагом". Точность расчета зависит от величины поэтапного изменения жесткости (от величины "шага").

2.3. Расчеты, выполненные по указанной методике, показывают, что принятые упрощающие предпосылки позволяют с достаточной точностью описать поведение здания при увеличении горизонтальной нагрузки. Достаточная точность расчета достигается при изменении жесткости элементов на каждом этапе не более чем на 30%.

2.4. Для расчета упругой системы целесообразно использовать метод перемещений. Алгоритм расчета реализуется в про-

---

ж) Здесь под жесткостью элемента принято отношение усилия к деформации (см.рис.2).

граммах "Узел" [2] и "Парус" [7] для ЭВМ "Минск-22".

### 3. Конструктивные требования

3.1. Сейсмостойкость каркасного здания обеспечивается выполнением требований СНиП [1] и других нормативных документов по сейсмостойкому строительству. Допускается выполнять проектирование с учетом реальных сейсмических воздействий и нелинейной работы материалов и конструкций.

3.2. Особое внимание необходимо уделять проектированию узлов каркаса и опорных участков стоек и ригелей, прочность и жесткость которых в решающей степени определяют прочность и жесткость всей системы.

3.3. При конструировании элементов следует предусматривать возможность их пластического разрушения (по растянутой арматуре) и исключать опасность хрупкого разрушения (по сжатой зоне бетона или от среза). Для этого количество растянутой арматуры следует принимать не более 1,5% площади сечения бетона.

Рамные узлы рекомендуется проектировать таким образом, чтобы выполнялось условие  $\varphi_m/\varphi_0 \geq 10$ . Только в этом случае, как правило, обеспечиваются благоприятные условия пластического деформирования всей конструктивной системы, т.е.  $\varphi_m/\varphi_0 \geq 4$  [2,3,6].

3.4. Центральную зону узла следует армировать горизонтальными сетками, которые рекомендуется приваривать к продольной арматуре. Целесообразна также установка по всей ширине зоны узла стержней, наклоненных под углом 45 и 135° и должным образом заанкеренных. Рекомендуемые способы армирования узла приведены на рис.4.

3.5. Продольную рабочую арматуру следует выполнять из стали класса А-I÷A-III диаметром не более 32 мм.

3.6. Каркас рекомендуется выполнять из керамзитобетона марки не ниже "200". Керамзитобетон должен быть плотной структуры, однородным и соответствовать требованиям, предъявляемым к конструктивному бетону.

Для уменьшения усадочных деформаций следует применять жесткие бетонные смеси, в которых в качестве мелкого заполнителя используется плотный песок.

3.7. Для замоноличивания стыков сборных элементов рекомендуется применять тяжелый бетон прочностью на ступень выше прочности бетона соединяемых конструкций.

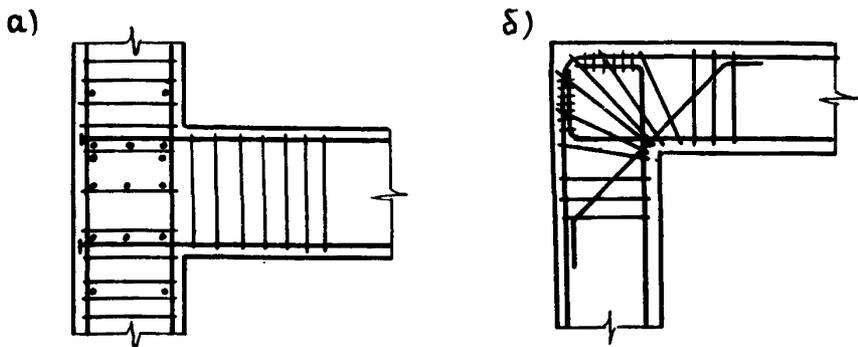


Рис.4. Схемы армирования рамных узлов:  
 а - узел каркаса из керамзитобетона, испытанный на вибрационной машине; б - узел, приведенный в [6]

3.8. Площадь расчетной арматуры сеток зоны узла следует принимать с коэффициентом 1,1, так как прочность керамзитобетона на растяжение меньше, чем тяжелого бетона.

## ЛИТЕРАТУРА

1. СНиП II-A.12-69. Строительство в сейсмических районах. Нормы проектирования. М.; 1970 г.
2. Рекомендации по расчету прочности и жесткости железобетонных рам с нелинейными диаграммами деформирования узлов и элементов на горизонтальные нагрузки. - М.: ЦНИИЭП жилища, 1976.
3. Шапиро Г.А., Захаров В.Ф., Оганян А.А., Фрайнт М.Я. О прочности и жесткости элементов железобетонных рам. В кн.: Исследование работы конструкций жилых зданий. - М.: ЦНИИЭП жилища, 1974.
4. Эрлихман Л.Я. Эффективность применения керамзитобетона в несущих каркасах сейсмостойкости зданий. В кн.: Прогрессивные проектные решения зданий и сооружений для сейсмических районов на 1971-75 гг. - Фрунзе: 1971.
5. Эрлихман Л.Я. Опыт проектирования сейсмостойкого гражданского здания с каркасом из керамзитобетона. - В кн.: Рабо-

та конструкций жилых зданий из крупноразмерных элементов.- М., ЦНИИЭП жилища, 1977.

6. Park R., Payloy T. Reinforced Concrete Structures, Wiley, New-Work, 1975.

7. Рекомендации по расчету крупнопанельных зданий с учетом нелинейной работы конструкций - М., ЦНИИЭП жилища, 1978.

## СОДЕРЖАНИЕ

	Стр.
1. Общие положения .....	3
2. Расчетная модель здания для построения зависимости $Q-\Delta$ при статическом воздействии горизонтальных нагрузок ....	5
3. Конструктивные требования .....	7
Литература .....	8

Редактор Р.М.Любина  
Технический редактор Л.А.Харитонова

---

Л. 94932 Подписано к печати 15/У1-1979 г. Формат 70х90/16  
Офс. 70 гр. Школьный п/ж Печ.л. 0,5 Уч.изд.л. 0,6  
Изд. зак. № 14 Тип. зак. № 303 Тираж 300 экз. Цена 10 к.

---

Ротапринт ОМП ЦНИИЭП жилища  
127434, Москва, Дмитровское шоссе, 9, корп. Б  
т. 216-41-20