РЕКОМЕНДАЦИИ

по проектированию сейсмостойких рамных каркасов из керамзитобетона

ЦНИИЭП жилища

gost.e-ecolog.ru

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/Ш-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).

(С) ЦНИИЭП жилища, 1979

1. Общие положения

1.1. Рекомендации разработаны в качестве дополнения к СНиП II-А.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 Δ_0/Δ_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).

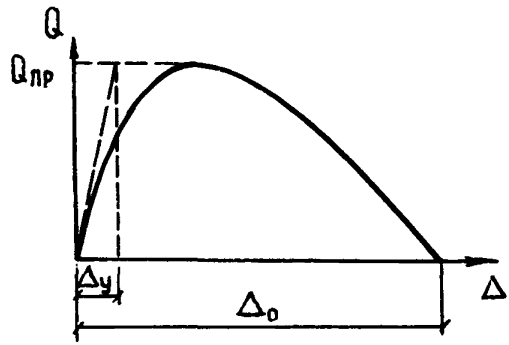

Рис.1. Смещение верха здания в зависимости от инерционной нагрузки:
$Q_{пр}$ – предельная нагрузка; Δ_y – смещение, при котором конструкция работает упруго; Δ_0 – смещение, при котором нагрузка равна нулю

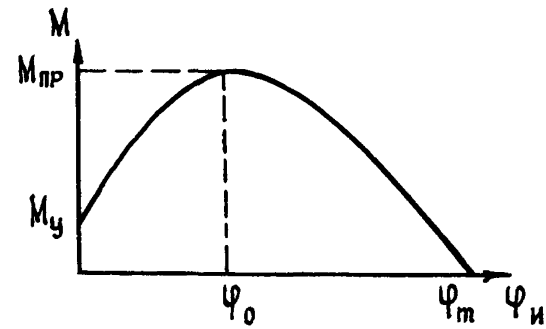

Рис.2. Обобщенная диаграмма работы элемента – изгибающий момент – угол искажения в опорном сечении:
M – изгибающий момент в сечении; $M_{пр}$ – изгибающий предельный момент в сечении при максимальной нагрузке; M_y – изгибающий момент, до которого работу элемента можно считать упругой; φ_0 – угол искажения при $M_{пр}$; φ_m – 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 $\xi = x/h_0$ не превышала

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

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]:

$$S_{кб} = S_{тб} \cdot k_{сн} ,$$

где $$k_{сн} = S_{кб} : S_{тб} \approx \sqrt{\frac{E_{кб}}{E_{тб}}}$$

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

$$k_{сн} = S_{кб} : S_{тб} \approx \sqrt{\frac{E_{кб} \cdot Q_{тб}}{E_{тб} \cdot Q_{кб}}} \cdot \frac{Q_{кб}}{Q_{тб}} ,$$

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

$E_{кб}(E_{тб})$ – начальный модуль упругости керамзитобетона (тяжелого бетона);

$Q_{кб}(Q_{тб})$ – вес колеблющейся массы керамзитобетона (тяжелого бетона).

Величина Е 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:

$$0{,}33 \cdot k_{сн} < T_{тб} < 1{,}25 \cdot k_{сн} ,$$

где $T_{тб}$ – 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 Δ, 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 $\varphi_и$ между элементами. Величины этих условных деформаций назначаются в соответствии с диаграммами, приведенными на рисунках 1 и 2.

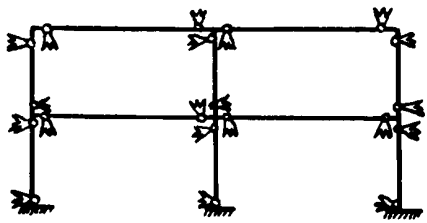

Рис.3. Расчетная схема регулярной железобетонной рамы с податливыми связями элементов и узлов (условно показаны связи, для которых вводится нелинейная диаграмма $M-\varphi_и$)

2.2. Расчет рамы производится с использованием метода последовательных нагружений [2]. На каждом этапе рассчитывается упругая система, для которой известны жесткости элементов*) 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-

---

*) 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÷А-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.

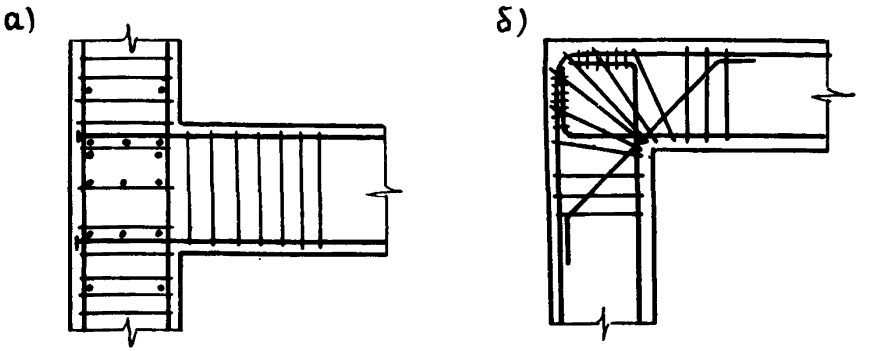

Рис.4. Схемы армирования рамных узлов:
а – уз ел каркаса из керамзитобетона, испытанный на вибрационной машине; б – узел, приведенный в [6]

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-А.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. Wilay, 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/У 1-1979 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
[illegible], Москва, Дмитровское шоссе, 9, корп. Б
т. 216-41-20

gost.e-ecolog.ru