

Лекция 12

ВЛИЯНИЕ ГРУНТОВЫХ УСЛОВИЙ НА СЕЙСМОСТОЙКОСТЬ. ДИНАМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА МАТЕРИАЛОВ

12.1. Общие наблюдения

*12.2. Особенности проектирования зданий с учетом
грунтовых условий*

12.3. Динамические свойства материалов

12.1. Общие наблюдения

В настоящее время имеется много примеров различного повреждения зданий, одинаковых по конструктивному решению и по качеству возведения при одном и том же землетрясении, расположенных вблизи друг от друга, но находящихся в различных грунтовых условиях.

Наблюдения, сделанные после Ташкентского землетрясения 1966 г., показали, что школы и дошкольные учреждения со стенами из кирпича высотой в четыре и два этажа, административные здания каркасного типа с заполнением из кирпича и некоторые другие, выполненные по одному и тому же проекту с одинаковым антисейсмическим усилением, но расположенные в различных грунтовых условиях, пострадали не одинаково.

Известно, что интенсивность землетрясения возрастает с уменьшением плотности грунта и с увеличением его водонасыщения. В Чили при землетрясении в г. Вальдивия было «вытекание» из-под зданий водонасыщенных наносных глин.

В 1964 г. при землетрясении на Аляске отмечено, что г. Анкоридж, находящийся от эпицентра на расстоянии 130 км, пострадал сильно, а расположенные на том же расстоянии другие города (Вальдиз и Сьюард) – значительно меньше. Большая часть г. Анкориджа построена на слоях песка и гравия, подсти-

лающихся 90-метровой толщиной неустойчивых глин, цементированных вечной мерзлотой. Такой материал не мог выдержать сильного сейсмического толчка. Последствия землетрясения приведены на рис. 12.1.



Рис. 12.1. Просадки грунта при землетрясении в Анкоридже

Одной из причин больших осадок и наклонов зданий при землетрясении в г. Ниигата (Япония) в 1964 г. являлось то, что в основании зданий были водонасыщенные песчаные грунты, которые во время сейсмических колебаний потеряли связность и приобрели текучесть. При этом большинство крупных зданий было выполнено из железобетона. Они выдержали толчок, но были сильно повреждены в результате разрушения естественных оснований. Наиболее впечатляющими были покосившиеся, но не потерявшие серьезных повреждений здания. Одно из них в группе одинаковых четырехэтажных железобетонных сооружений почти полностью опрокинулось, другие погрузились в толщу разжиженного грунта (рис. 12.2).

В результате уплотнения песков примерно 1/3 территории города потерпела резкие опускания, местами достигшие 2,0 м. Одновременно из «песчаных вулканов», образовавшихся по краям тяжелых зданий, и многочисленных крупных трещин произошло излияние грунтовых вод.

Неблагоприятными в сейсмическом отношении условиями участка строительства являются также сильная расчлененность

рельефа местности (обрывистые берега, овраги, ущелья и т. д.), выветрелость и нарушенность пород физико-геологическими процессами, высокая просадочность грунтов, осыпи, отвалы, пливуны, горные выработки и близкое расположение тектонических разрывов. При необходимости строительства зданий в этих условиях следует принимать дополнительные меры по укреплению оснований и усилению конструкций.



Рис. 12.2. Наклонившиеся здания в Ниигате

12.2. Особенности проектирования зданий с учетом грунтовых условий

Строительство зданий или сооружений на вечномерзлых грунтах в сейсмических районах должно вестись, как правило, при условии сохранения мерзлого состояния грунтов на весь период их эксплуатации. Допускается строительство и на оттаявших грунтах, но в этом случае, кроме требований, предусмотренных нормами проектирования оснований и фундаментов зданий и сооружений на вечномерзлых грунтах, должны учитываться требования для обычных грунтов в сейсмических районах к глубине заложения фундаментов, а также к водопонижению и искусственному упрочнению.

Для повышения сейсмостойкости сооружений иногда рационально использовать искусственное основание в виде гра-

вийной подушки (рис. 12.3) [11]. Но такой подход требует детального обоснования, требуется не только определить оптимальную толщину уплотненной подушки, но определить также ее размеры в плане и характеристики упругости.

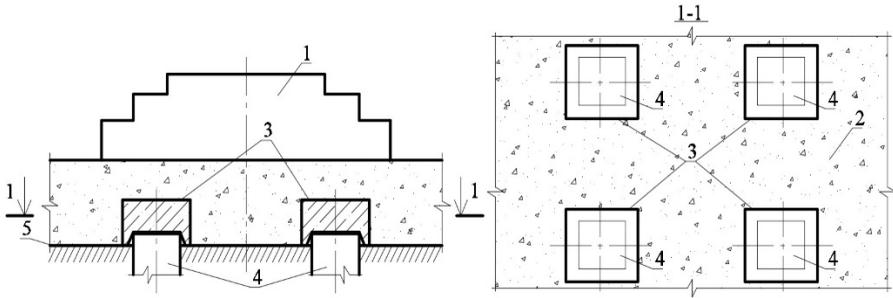


Рис. 12.3. Свайный фундамент с промежуточной подушкой: 1 – фундаментный блок; 2 – промежуточная подушка; 3 – железобетонные оголовки; 4 – железобетонные сваи; 5 – поверхность дна котлована

Свайные фундаменты с промежуточной подушкой позволяют вертикальные нагрузки передавать на сваи, а горизонтальные на – грунт, армированный сваями. В результате свая не испытывает изгиба, что позволяет уменьшить ее армирование, и сохраняет трение сваи о грунт в верхней части.

В отдельных случаях, когда несущая способность подушки недостаточна для обеспечения устойчивости сооружения, возникает необходимость применять другие решения, в том числе искусственное основание в виде свайного ростверка с промежуточной грунтовой подушкой. При этом сваи повышают несущую способность основания, а промежуточная подушка выступает в качестве сейсмоизолирующего элемента между свайным ростверком и сооружением.

Следует помнить, что задача назначения размеров уплотненной подушки в качестве искусственного основания требует различных подходов к решению в зависимости от того, существенно или несущественно обратное влияние сооружения на колебания.

12.3. Динамические свойства материалов

В условиях сейсмического воздействия прочность сооружений, конструкций и строительных материалов зависят от частоты и количества циклов нагружения, т. е. определяются не только общепринятыми физическими свойствами.

К основным динамическим характеристикам строительных материалов и конструкций, представляющим большой интерес при проектировании в сейсмических условиях, относятся: прочность при немногочисленных повторных динамических нагружениях, динамическая жесткость, затухание. Эти характеристики определяются на основе экспериментальных исследований.

Известно, что независимо от внешнего воздействия сооружения, как правило, колеблются с частотой, близкой к частоте их собственных колебаний, т. е. порядка 0,5 – 10 Гц. Если учесть, что повторяемость сильных землетрясений за редким исключением значительно превышает срок службы сооружения, то вполне обоснованным выглядит требование соблюдения при землетрясении частичной сохранности здания, т. е. допущения в нем деформаций, не приводящих к обрушению, или достижения конструкциями предельной несущей способности. В этих условиях несущая способность конструкции обуславливается предельными прочностными характеристиками материалов.

Обработка многочисленных акселерограмм реальных землетрясений показала, что число повторений нагрузки большой интенсивности составляет в основном 40–50 циклов, что позволило ограничить число нагружений при изучении динамических характеристик при сейсмических воздействиях до 100–200 циклов.

Общими свойствами для основных применяемых строительных материалов являются:

1. При снижении скорости нагружения уменьшаются значения прочностных характеристик, причем скорость нагружения

существенно влияет на прочность материалов как при однократном, так и при циклическом нагружении.

2. С уменьшением величины нагрузки возрастает количество циклов нагружения, необходимых для разрушения конструкции.

3. Усталостная прочность материалов зависит от пределов изменения напряжений при каждом цикле динамической нагрузки – коэффициента асимметрии (соотношение минимальных и максимальных значений напряжений).

4. Значения статических и динамических модулей упругости (при сравнении только упругой части деформаций) достаточно близко совпадают.

5. Значение коэффициента, характеризующее затухание, является сугубо ориентировочным, так как фактическая жесткость элементов строительных конструкций в зависимости от жесткости воображаемых конструкций из идеального линейно-упругого изотропного однородного материала не может быть определена как некоторая постоянная величина. Она зависит не только от материала и его напряженного состояния, но и от качества изготовления, типа конструкции, температуры, влажности, степени повреждения, что позволяет назначить ее только для простейших конструкций.

Важной проблемой при проектировании зданий и сооружений, воспринимающих сейсмические нагрузки, является учет нелинейного поведения материалов под нагрузкой [13]. Как показали исследования, спектральный метод, лежащий в основе современных нормативных расчетов, вполне обоснован для расчета простых систем, работающих в упругой стадии, а также при слабо нелинейном характере работы конструкций, что наблюдается на примере слабых и умеренных землетрясений.

В настоящее время в нормативных документах отсутствуют научно обоснованные и подтвержденные современными теоретическими и экспериментальными исследованиями подходы к расчету зданий и сооружений при сильных землетрясениях, когда проявляется существенно нелинейный характер работы конструкций.

При учете нелинейного поведения материалов при сейсмических воздействиях важным показателем является коэффициент редукиции (или соответствующий ему в нормах РФ коэффициент, учитывающий допускаемые повреждения зданий и сооружений).

Учеными проведены исследования, которые позволили установить примерные значения коэффициентов редукиции, учитывающих нелинейный характер работы конструкций:

– для зданий с полным рамным стальным каркасом коэффициент редукиции равен 5, соответствующий коэффициент, учитывающий допускаемые повреждения, – 0,2;

– для зданий с полным рамным железобетонным каркасом коэффициент редукиции равен 1,3, соответствующий коэффициент, учитывающий допускаемые повреждения, – 0,77;

– для многоэтажных железобетонных монолитных зданий с перекрестно-стеновой конструктивной схемой коэффициент редукиции вводиться не должен, т. е. он равен 1.

Вопросы и задания для самопроверки

- 1. Какие наблюдения были выполнены после Ташкентского землетрясения 1966 г.?*
- 2. Назовите причины повреждений зданий в Анкоридже?*
- 3. Чем известно землетрясение в Ниигате?*
- 4. Для чего применяют промежуточные подушки фундаментов?*
- 5. Какие особенности работы строительных материалов проявляются при их динамическом нагружении?*