

МЕТОДЫ РАСЧЕТОВ НА СЕЙСМИЧЕСКИЕ ВОЗДЕЙСТВИЯ В УСЛОВИЯХ КАЗАХСТАНА

Исмухамбетова Анара Каирбековна

anaraismuhambetova@mail.ru

Магистрант специальности «Строительство»

ЕНУ им. Л.Н.Гумилева, Астана, Казахстан

Научный руководитель –А.А. Джумабаев

В данной статье представлены методы расчета конструкции на сейсмостойкость. Они основаны на анализе колебаний здания при сейсмическом движении основания. Точное определение величин и направлений сейсмических сил, действующих на сооружение, невозможно т.к. колебания земной коры в процессе землетрясения носят случайный характер и не могут быть описаны аналитически. Поэтому сейсмические расчеты отличаются от расчетов на другие динамические нагрузки использованием специфических методов задания возмущающего воздействия и определенной ответной реакции конструкции.

Выбор метода сейсмического расчета обусловлен различными факторами: сложностью и ответственностью конструкции, соотношением ее собственных частот и преобладающих частот воздействия, наличием необходимой вычислительной техники и программного обеспечения, объемной исходной информации, стоимостью и сроками работы и т.д. [1]

Все здания и сооружения, возводимые в сейсмических районах, рассчитываются на одновременное действие собственного веса конструкций, снеговой нагрузки, временной нагрузки на перекрытия и сейсмической нагрузки. [2]

Целью расчета является определение ответной реакции конструкции (перемещений, ускорений, внутренних усилий и проч.) на сейсмическое возмущение. [1]

В настоящее время для сейсмических расчетов конструкций наиболее широко применяется линейно-спектральная теория сейсмостойкости. Как ясно из названия, она использует исходное сейсмическое воздействие, заданное в виде спектров отклика (чаще всего спектров ускорений). [3]

Данный метод расчета основан на разложении системы дифференциальных уравнений движения по собственным формам. Согласно ему, анализ сейсмостойкости включает следующие этапы:

- По спектру вычисляются модальные инерционные сейсмические нагрузки, зависящие от собственных частот и форм колебаний.

- Нагрузки прикладываются как статические, и определяют модальные отклики конструкции (перемещения, моменты и т.п.).

- Вычисляется суммарный («расчетный») сейсмический отклик, суммируя все модальные отклики.

- Используя суммарный отклик в соответствующей комбинации с иными нагрузками, оценивается сейсмостойкость конструкции.

Как можно видеть, величина и распределение инерционных нагрузок зависят от собственных частот и форм конструкции, но затем рассматриваются как статические т.е. данный метод является квазистатическим.

Важнейшим этапом линейно спектрального анализа является модальный анализ. Модальный анализ – это анализ свободных механических колебаний, который выполняется для определения собственных форм и частот колебаний.

Расчет свободных колебаний проводится без учета динамических нагрузок, но является первым и обязательным шагом при решении более сложных динамических задач.

При расчете свободных колебаний принимается линейное упругое поведение материалов и не учитываются нелинейные эффекты. Форма свободных колебаний вычисляется в относительных единицах и не позволяет определить абсолютные смещения.

Результаты модального анализа и исходное сейсмическое воздействие, заданное в виде спектра, будут исходными данными для анализа спектрального отклика.

Анализ спектрального отклика включает в себя [3]:

- Вычисление фактора участия по результатам модального анализа для каждой собственной частоты конструкции.
- Нахождение максимальных ускорений из заданного спектра отклика (для каждой формы собственных колебаний).
- Масштабирование модальных перемещений, полученных из модального анализа, до физических форм, основанных на ускорении, факторе участия, круговых частотах.
- Сложение полученных результатов по принципу суперпозиции в окончательный результат.

В прошлом широкое применение получила статическая теория сейсмостойкости. Согласно этой теории, наиболее просто инерционные нагрузки на конструкцию определяются, если все ее собственные частоты выше частот воздействия. В этом случае вынужденными колебаниями конструкции можно пренебречь, т.е. она может рассматриваться как абсолютно твердое тело. Для нахождения отклика конструкции следует решить обычную задачу статики. Статический метод доминировал до середины 50-х годов, а некоторые его модификации используются и сегодня. [1]

Наряду с вышеперечисленными методами используется анализ с использованием интегральных преобразований. Суть данного способа сводится к тому, что посредством того или иного интегрального преобразования переходят от дифференциальных уравнений к вспомогательным алгебраическим, находят их решение, а затем из них с помощью обратного преобразования получают решения исходных уравнений. Наиболее часто используется преобразование Фурье. [1]

Динамический метод. При анализе динамическим методом в качестве исходной сейсмологической информации используются записи сейсмических движений грунта (чаще всего – акселерограммы, показывающие зависимость ускорения от времени). Динамический метод позволяет рассчитывать, как линейные, так и нелинейные модели. При анализе нелинейных моделей используется прямое пошаговое интегрирование уравнения движения по времени. [3]

Нелинейный статический метод или Pushover Analysis, в настоящее время широко используемый за рубежом. Данный метод основан на методе спектра несущей способности. [4]

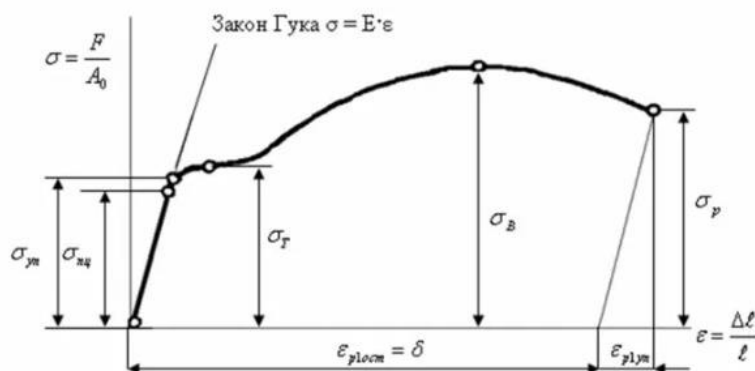
В случае работы материала за пределами упругости предполагается нелинейное поведение конструкций и даже допускаются разрушения отдельных несущих элементов, которые должны быть относительно легкодоступны для обследования, ремонта и разрушение которых не наносит большого ущерба конструкции в целом. На рисунке 1. Показана диаграмма растяжения, по которой можно определить предел упругости и текучести материала.

Расчет конструкций с учетом нелинейного поведения при разрушении отдельных элементов сооружения требует использования более сложных математических моделей и теорий [6-8].

В настоящее время в Казахстане чаще используется линейно-спектральный метод. Этот метод достаточно прост и может достаточно точно оценить реакцию системы, работающей в упругой стадии, на сейсмическое воздействие. Но по мере перехода системы в неупругую стадию работы, точность оценки снижается. Слабая обоснованность коэффициента K может сильно снизить реакцию системы, допускающей пластические деформации [9].

В связи с этим, появляется необходимость в использовании методов, которые учитывают нелинейную работу материалов и конструкций в целом. Одним из таких методов

является нелинейный динамический анализ [10]. Но из-за своей трудоемкости, он не может быть закреплен в нормах, как основной для зданий и сооружений с низкой степенью ответственности.



- $\sigma_{пл}$, $\sigma_{уп}$ и $\sigma_{т}$ – пределы пропорциональности, упругости и текучести;
- $\sigma_{в}$ – временное сопротивление;

Рисунок 1.

За рубежом, при расчете сейсмостойкости зданий и сооружений, в практике проектирования, наряду со спектральным методом, применяется нелинейный статический метод, который в свою очередь основан на энергетических критериях [11]. Этот метод получил название «Nonlinear Pushover analysis», а принятый в нём подход к проектированию можно рассматривать как проектирование сейсмостойких конструкций с заданными параметрами сейсмостойкости.

Список использованных источников

1. Бирбраер А.Н. Расчет конструкций на сейсмостойкость. СПб., 1998.
2. Майны Ш.Б. Воздействие сейсмических сил на здания и сооружения // Вестник гражданских инженеров -2015.
3. Алехин В.Н., Иванов Г.П., Плетнев М.В., Коковихин И.Ю., Ушаков О.О. Расчет зданий и сооружений на сейсмические воздействия // Академический вестник Уралниипроект. Raach, 2/ 2011.
4. Булушев С.В., Джинчвелашвили Г.А., Колесников А.В. Нелинейный статический метод анализа сейсмостойкости зданий и сооружений // Сейсмостойкое строительство. Безопасность сооружений. 2016. №5
5. Мкртычев О.В., Джинчвелашвили Г. А. Проблемы учета нелинейностей в теории сейсмостойкости (гипотезы и заблуждения) // Москва: МГСУ, 2012. (Библиотека научных разработок и проектов МГСУ). - 192 с.
6. Задоян П.М. Оценка сейсмостойкости методом спектра несущей способности. // Известия Ереванского государственного университета архитектуры и строительства, 2/2009.
7. Мкртычев О.В., Джинчвелашвили Г.А. Оценка работы зданий и сооружений за пределами упругости при сейсмических воздействиях // XXI Russian-Slovak-Polish Seminar, "Theoretical Foundation of Civil Engineering", Moscow-Archangelsk 03.07 – 06.07.2012.
8. Datta T. K. Seismic Analysis of Structures, John Wiley & Sons (Asia) Pte Ltd. 2010.
9. Джинчвелашвили Г. А., Мкртычев О.В. Оценка нелинейной работы зданий и сооружений при аварийных воздействиях // Проблемы безопасности российского общества. 2012. №3. - с. 17-31.
10. Мкртычев О.В., Джинчвелашвили Г.А. Оценка работы зданий и сооружений за пределами упругости при сейсмических воздействиях // XXI Russian-Slovak-Polish Seminar, "Theoretical Foundation of Civil Engineering", Moscow-Archangelsk 03.07 – 06.07.2012.