



Universitatea Tehnică a Moldovei

**STUDIUL COMPORTAMENTULUI STRUCTURILOR
DIN BETON ARMAT LA ACTIUNEA SARCINILOR
SEISMICE CU UTILIZAREA: ROBOT SI REVIT**

**Masterand: gr. IS – 1701M
Vitali LAVRIC**

**Conducător: conf. univ. dr.
Anatolie TARANENCO**

Chișinău – 2019

АННОТАЦИЯ

В рассматриваемой работе отражены теоретические и практические аспекты анализа поведения железобетонных конструкций. Используемый в работе подход к анализу этого знания, предполагает расчет конструкций в специализированных программах. В частности, в рамках исследования особенное внимание уделяется нескольким аспектам: частота, период колебаний, крутящие моменты.

В основе работы лежит изучение собранного массива литературы связанной с железобетонными конструкциями и сейсмическим явлением, на основе чего было продемонстрировано эффективность использования в конструкциях диафрагм жесткости.

Работа состоит из трех основных частей.

ANNOTATION

In this paper reflects the theoretical and practical aspects of the analysis of the behavior of reinforced concrete structures. The approach used in the analysis of this knowledge involves the calculation of structures in specialized programs. In particular, the study focuses on several aspects: frequency, oscillation period, torques.

This project is based on the study of the collected literature related to reinforced concrete structures and the seismic phenomenon, on the basis of which the effectiveness of using stiffening diaphragms in structures was demonstrated.

The work consists of three main parts.

REZUMAT

În lucrare se reflectă aspectele teoretice și practice ale analizei comportamentului structurilor din beton armat. Abordarea utilizată în analiza acestor cunoștințe implică calcularea structurilor din programele specializate. În special, studiul se axează pe mai multe aspecte: frecvența, perioada de oscilație, cuplurile.

Baza lucrării este studiul literaturii colectată referitoare la structurile din beton armat și fenomenul seismic, pe baza căruia s-a demonstrat eficacitatea utilizării diaframelor de rigidizare în structuri.

Lucrarea constă în trei părți principale.

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ ДИССЕРТАЦИИ	7
1. ВЫБОР ТИПА И МЕТОДА РАСЧЕТА КОНСТРУКЦИЙ	12
1.1. Типы конструктивных решений зданий	12
1.1.1. Рамно-связевая система	12
1.1.2. Безригельный каркас	13
1.1.3. Диафрагмы жесткости	14
1.2. Упругая работа рамных систем	14
1.2.1. Резонансная теория	15
1.3. Конструирование и строительство	17
1.3.1. Принципы конструирования	17
1.3.2. Строительство зданий и сооружений	17
1.3.3. Методы расчета	18
1.3.4. Расчет зданий и сооружений на действие сейсмических нагрузок	19
2. ПРОЕКТИРОВАНИЕ МОДЕЛИ	21
2.1. Объёмно-планировочное решение	21
2.1.1. Конструктивное решение	21
2.2. Сбор нагрузок	22
2.2.1. Расчет снеговых нагрузок	22
2.2.2. Расчет ветровых нагрузок	23
2.2.3. Значения равномерно распределенных нагрузок	23
2.3. Концепция BIM	25
2.3.1. Ключевые моменты, связанные с расчетом конструкций	25
2.3.2. Как функционирует BIM	26
2.3.3. Программное обеспечение для реализации BIM модели	27
3. ИССЛЕДОВАНИЕ ПОВЕДЕНИЯ Ж/Б КОНСТРУКЦИЙ	29
3.1. Процесс конструирования в Revit и Robot	29
3.1.1. Фундамент	30
3.1.2. Назначение граничных условий	30
3.1.3. Задание нагрузок	30
3.1.4. Армирование	31
3.2. Сейсмический расчет и анализ полученных данных	32
ЗАКЛЮЧЕНИЕ И ВЫВОДЫ	35
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ	36

ВВЕДЕНИЕ ДИССЕРТАЦИИ

“...царство на царство; и будут глады, моры и землетрясения...”

Евангелие от Матфея.24:7

Именно эта библейская катастрофа находится в центре моего внимания. Каждый год по всему миру происходит более 280 000 землетрясений, и большинство из этих землетрясений, к счастью, мало или вообще не влияют на конструкции. Всё-таки отдельные более крупные очаги землетрясений находятся вблизи с городами и селами. В данном случае происходит довольно крупный ущерб и деформация строений. Сейсмические воздействия нередко приводят к возгораниям, ущерб от которых не редко меньше, чем те, которые непосредственно вызваны землетрясениями. Количество жертв людей во время землетрясений может быть огромным.[1]

Исследования землетрясений благодаря аппаратам для измерения начали проводиться в Молдаве больше шестидесяти лет назад. Кроме того, есть регистр наиболее старых исследований, который сделали из архивных данных. Судя по ним, подсчитано, что в Молдавии приблизительно случается от 40-ти вплоть до 110-ти сейсмической активности в каждый год. Сильная сейсмическая активность (в 7-8 баллов) согласно статистическим данным, случаются приблизительно 25-35 лет. А также на территории Республики Молдавии маленькая активность до 4 баллов случается постоянно. Такое случается благодаря тому, что Молдовия (в особенности её южная территория) территориально находится рядом с европейским эпицентром землетрясений —Карпатские горы в Румынии (Вранча). Дистанция между Республикой Молдова и Карпатских гор около 140—190 км. [16]

Рост промышленного и гражданского строительства, увеличение количества и прогресс условий жизни людей, возведение жилья в крупных объемах в больших городах, характеризующееся плохими почвенными условиями и предельными условиями роста зон строительства требует большой устойчивости и малозатратности, на территориях где проводится строительство сооружений в зонах с повышенной сейсмичностью. Следовательно, теория сейсмостойкости структур в настоящее время устанавливает новые, наиболее трудные задачи, сопряженные с потребностью принимать во внимание запасы прочности конструкций, происходящих при больших сейсмических нагрузках, а также использование последних сейсмологических данных, описывающих долгосрочный сейсмический риск зон, подвергающихся влиянию сейсмических нагрузок.[11]

Строящиеся объекты в сейсмически активных зонах должны быть спроектированы для восприятия проектных сейсмических нагрузок. [9]

Один из важнейших элементов землетрясений – частотный состав остаётся мало замеченным и следовательно, сооружения не защищены от резонансного воздействия. Такого рода подход возможен при слабых сейсмических явлениях, когда время действия мало и резонанс не возникает. При серьезных сейсмических интенсивностях, с длительностью 40 – 100 сек. резонанс, в основном, показывает своё влияние и может привести к неожиданным, а иногда к трагическим последствиям. В следствии этого стоит проследить уровень накопления научной информации в процессе наблюдения за последствиями разрушительных землетрясений. [9]

Землетрясение являются хорошо изученным явлением и дают возможность проведения серьёзного анализа как в сейсмике, так и в сейсмологии. [9]

Величина сейсмической нагрузки в основной массе случаев находится в зависимости от:

1. Интенсивности, длительности и частотных характеристик прогнозируемого землетрясения.

2. Геологических условий площадки строительства.

3. Динамических характеристик сооружения. [20]

В таком случае расчеты выполняются по упругой стадии с определенным усредненным эффектом, величина которого зависит от сейсмичной активности территории строительства. Следовательно, можно считать возможным, что сооружение, спроектированная в на основе стандартов строительства, воспринимающее нагрузки во время расчетной интенсивности, должно сопративляться в упругой стадии, без повреждения элементов и несущих конструкции. Судя по прошлым сейсмическим явлениям, конструкции, которые сконструированы и построенные в соответствии с действующими строительными правилами, достаточно адекватно воспринимают сейсмические нагружения. Тем не менее, расчетные интенсивности сейсмических действий не остаются незамеченными: в том числе и в сейсмостойких конструкциях имеются повреждения, включая несущие конструкции. Это можно объяснить многими факторами (конструктивные особенности, надежность материалов, качество строительных работ и т. д.). При всем том основная причина заключается почти всегда в самом сейсмическом процессе и, особенно, в его силе. [11]

Ввиду вышеизложенного следует учитывать, что в случае сейсмического нагружения, в проектируемых сооружениях, неминуемо повреждаются узлы и разные структурные элементы. Сейсмическая активность средней силы приводит к значительным перенапряжениям в самой структуре конструкции, рассчитанных в согласовании с требованиями сейсмических стандартов. [11]

Постановка задачи

Расчеты зданий и сооружений на сейсмические нагрузки сопряжены с высокой степенью неопределенности: амплитуда, спектральный состав, направление и продолжительность воздействия считаются случайными параметрами. Потому гарантировать сохранность сооружения можно только с некоторой степенью вероятности. Действующие нормы принимают во внимание случайную природу сейсмических нагрузок.[12]

Сейсмическое воздействие характеризуется большой интенсивностью и недолгой длительностью. Под воздействием этих нагрузок на узлы и элементы этих конституций накладывается только одно требование: структуры должны выдержать, не провоцируя обрушения конституции. В следствии этого в этих случаях значительные остаточные деформации опорных конструкций и в том числе и локальное разрушение одного или нескольких из них, исключительно не приводящие к обрушению узлов и элементов, могут быть допустимы в подобных структурах. Разрушение одного или нескольких элементов каркаса, может перегрузить оставшиеся элементы этого каркаса. И это может вызвать разрушение всего строения. В эких ситуациях для того, чтобы гарантировать надежность здания от разрушения, очень важно обеспечивать несущую способность оставшихся элементов каркаса и поддерживать ее общую устойчивость, в том числе и когда отдельные элементы не осуществляют своих функций. В диссертации будут рассмотрены задачи устойчивости отдельных элементов здания в следствии влияния на них сейсмических сил.[21]

На основе этих принципов, для моей цели анализа, я выбрал три элемента конструкции дома (перекрытие, колонна (пилон), диафрагма,).

Чтобы выполнить эту задачу, я должен предпринять следующие шаги:

Сбор нагрузок на перекрытие и колонны.

Подбор сечений и армирование выбранных элементов конструкции здания.

Создание и исследование элементов, рассчитанных методом конечных элементов.

Создание модели и анализ данных будет происходить при помощи концепции BIM. Концепция BIM для инженера конструктора прекрасно выполнена вследствие сочетания Autodesk Revit и Robot Structural Analysis Professional. И ещё данный пакет программ обладает двунаправленной связью между инженерными расчетами строения и документацией такими, как чертежи спецификации и т.д. Для инженера главная задача состоит в гарантирование сохранности и стабильности сооружений, иными словами, первоначально, расчеты и точность полученных вычислений. Затруднение состоит в том, что, используя какое-то новое программное обеспечение, в моём случае Robot Structural Analysis Professional, неопытный

пользователь не способен быть полностью застрахован в адекватности полученных данных. Метод конечных элементов фактически везде такой же. Всё же процесс решения задач, выполняемый проектировочными программами, различается. И подобных условий для соответствующего функционирования расчетной схемы (эпюры в строительной механике, структурных деформаций) недостаточно. В частности, к примеру, сложная проблема расчета фундаментного ростверга со сваями (с точки зрения корректности постановки проблемы и при учете типа грунта) нелегко неопытному инженеру правильно моделировать в 1-ый раз в Robot Structural Analysis. И, вероятнее всего, первый опыт будет неверный. Помимо того, нужно помнить, что все инженерно-вычислительные программы - это исключительно всего-навсего инструменты инженеров. Не стоит искать «чудо кнопки», которая сразу выполнит все самостоятельно. Достоверность полученных данных будет подчиняться лично инженеру (его багаж познаний, его зона ответственности, его отношение к труду). А это значит, становится ясно, для того чтобы использовать новую компьютерную программу, очень важно иметь индикатор для проверки правильности полученных результатов. Помимо этого, важно дебютировать с не сложных элементов (рассмотрим структуру отдельно колонны, плиты перекрытия, балки т. д.). Так как большая система, представляет собой сочетание простых элементов. И разгадка нетрудных проблем выдаст ключ к разрешению трудных задач. Безусловно, во всех этих перечисленных аргументах существует недоработка. Тот факт, что практически никакая инженерно-вычислительная программа не в силах дать корректных результатов, в случае, когда у нас отсутствует правильная теоретическая информация. Компьютерные программы - это попросту инструменты. И в итоге будет повиноваться тому, как конструктор использует этот инструмент. Неправильный подход к размышлению о задаче выдаст неправильный результат в программе, и мы непременно получим ошибку в реальности.[5]

Для выполнения исследования я воспользуюсь двумя программами:

Autodesk Revit Structure – программа, функция которой является проектирование несущих конструкций сооружения со способностью последующего предоставления аналитической модели строения в программы для расчета. [15]

Применение общей цифровой модели строения увеличивает скорость проектирования строительных элементов и узлов, и вдобавок предоставляет право на всех стадиях конструирования выполнять проверку модели строения на присутствие ненужных наложений между элементами.[15]

Данные, хранящаяся в цифровой модели программного комплекса Autodesk Revit Structure, в дальнейшем будет просчитана с помощью программного комплекса Autodesk Robot

Structural Analysis Professional. Во время применения для осуществления расчетов программного комплекса Autodesk Robot Structural Analysis Professional, между этой связкой программ исполняется двусторонняя связь по предоставлению данных. Таким образом, в последствии выполнения требуемых вычислений, цифровая модель в программном комплексе Autodesk Revit Structure имеет возможность быть моментально реконструирована с регистрацией полученной информации.[15]