



УДК 004.942:624.074:624.042.7

ANALYSIS INFLUENCE OF THE SHAPE STIFFNESS DIAPHRAGMS ON OPERATION A REINFORCED CONCRETE FRAME UNDER SEISMIC LOAD**АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ ФОРМЫ ДИАФРАГМ ЖЕСТКОСТИ НА РАБОТУ ЖЕЛЕЗОБЕТОННОГО КАРКАСА ПРИ СЕЙСМИЧЕСКИХ ВОЗДЕЙСТВИЯХ****Bezushko D. / Безушко Д.И.***s.t.s., as.prof. / к.т.н., доц.*

ORCID: 0000-0003-2215-1136

Illichov V. / Ильичев В.Г.*s.arh. / к.архит.,**Odessa National Maritime University, Odessa, Mechnikova 34, 65029**Одесский национальный морской университет, Одесса, ул.Мечникова 34, 65029***Korobenko A. / Коробенко А.В.***student / студент***Dobrov A. / Добров А. Ю***student / студент**Bendery Polytechnic Branch of the TSU named after T.G. Shevchenko,**Moldova, Bendery, Benderskogo Vosstania st. 7, MD-200**Бендерский политехнический филиал ПГУ им. Т.Г. Шевченко,**Молдавия, Бендерского восстания 7, МД-200*

Аннотация. В работе выполнен анализ современных исследований в области задания, моделирования и анализа влияния сейсмических нагрузок; разработаны модели тестовых задач, которые соответствуют монолитному железобетонному зданию, а именно выполнено описание геометрических параметров модели, типа конечных элементов, модели материала (железобетон), граничных условий и внешнего воздействия; выполнено серию расчётов КЭ-моделей тестовых задач с исходными характеристиками материала; представлен сравнительный анализ результатов расчёта с определением интегральных характеристик: главной частоты (периода) собственных колебаний, перекосов этажей и величины теоретического армирования.

Ключевые слова: сейсмическая нагрузка, диафрагма жесткости, период формы колебаний, частота колебаний, монолитный железобетонный каркас.

На Земле за сутки происходит в среднем 300-500 землетрясений.

Наиболее весомый фактор, который приводит к основным человеческим жертвам и материальному ущербу, является отсутствие или недостаточность выполнения мероприятий по обеспечению сейсмостойкости жилых зданий и сооружений [3].

В современной строительной индустрии, при строительстве жилых зданий активно развивается использование конструктивной схемы здания - монолитный железобетонный каркас. Основным элементом воспринимающим горизонтальные инерционные силы, которые возникают во время землетрясения, являются диафрагмы жесткости или ядра жёсткости, которые представляют собой сплошные стены из монолитного железобетона [5,6]. В связи с этим анализ влияния форм диафрагм жесткости на напряженно-деформированное состояние многоэтажных зданий из монолитного железобетона с безригельным каркасом является своевременной и **актуальной**



задачей.

Целью работы является выявление закономерностей в изменении частотных характеристик многоэтажного здания из монолитного железобетона с безригельным каркасом при различном виде вертикальных несущих элементов.

Для достижения цели сформулированы следующие **задачи**:

- разработать модели тестовых задач, которые соответствуют монолитному железобетонному зданию;
- выполнить серию расчётов КЭ-моделей тестовых задач с исходными характеристиками материала;
- выполнить сравнительный анализ результатов расчёта с определением интегральных характеристик: главной частоты (периода) собственных колебаний, перекосов этажей и величины теоретического армирования.

Основной текст.

Основная задача расчётных исследований заключается в следующем: выполнить сравнительный анализ влияния формы диафрагм жесткости на характеристики напряжено-деформированного состояния железобетонного монолитного здания. В качестве выходных параметров (контрольных параметров) будем использовать изменения интегральных характеристик: главной частоты (периода) собственных колебаний, перекосы этажей [2].

Для определения влияния формы диафрагм жесткости на период первой формы собственных колебаний были проведены расчеты схем 9-ти этажного здания с соотношением сторон 1:2 размерами 18x36 м. с одной и той же площадью вертикальных несущих элементов:

Модель №1 – с несущими колоннами (см. Рис. 1.);

Модель №2 – с несущими колоннами и прямыми диафрагмами жесткости (см. Рис.2.);

Модель №3 – с Т-образными диафрагмами по периметру, Г-образными в углах и Х-образными в пересечении осей (см. Рис.3.).

Каркас и перекрытия выполнены в монолитном варианте с использованием универсальной опалубки. Колонны из монолитного железобетона класса В 25 сечением 500*500 мм.

Перекрытия и покрытие – монолитная, безбалочная железобетонная плита толщиной 200 мм из бетона класса В20 с опорой на колонны и стены.

Пространственная жесткость обеспечивается за счет монолитного перекрытия толщиной 200 мм и монолитных стен толщиной 200 мм.

Численное моделирование статического и динамического поведения исследуемых моделей при сейсмическом воздействии производилось в программном комплексе LiraSAPR и в соответствии с рекомендациями [1].

Анализ полученных результатов.

На Рис. 4 представлена гистограмма влияния формы диафрагм жесткости на перекосы этажей по трем схемам. Из нее видно, что перекосы этажей в Модели №2 и Модели №3 не достигают предельно-допустимого значения 0.004, и могут быть использованы при проектировании здания. Перекосы этажей в Модели №1 превышают допустимые значения и такая схема не может



использоваться в реальном проектировании в сейсмически опасном регионе с балльностью 7 и выше.

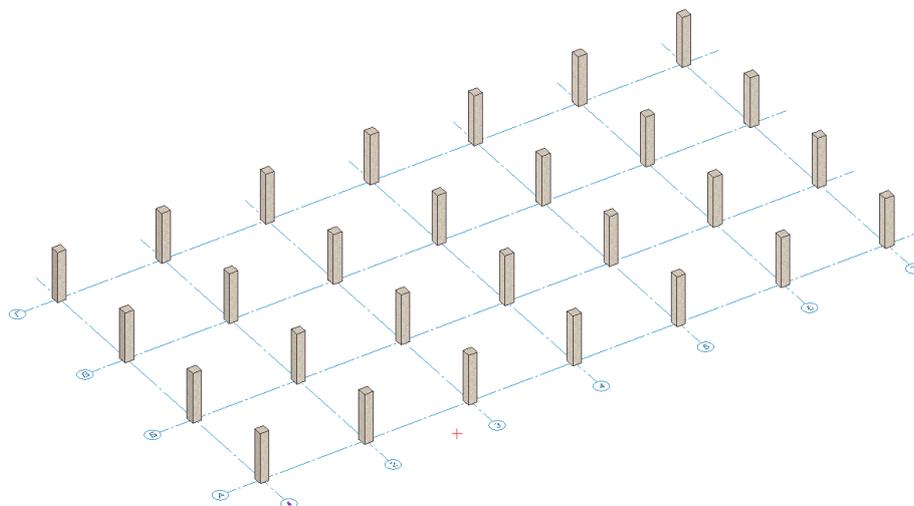


Рис. 1. Схема вертикальных несущих элементов тестовой модели Модель №1.

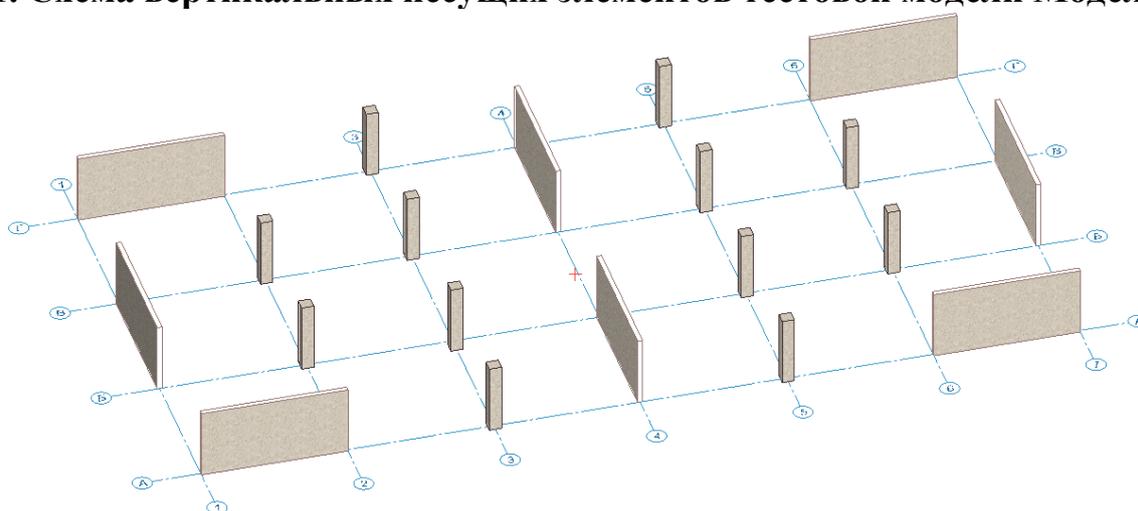


Рис. 2. Схема вертикальных несущих элементов тестовой модели Модель №2.

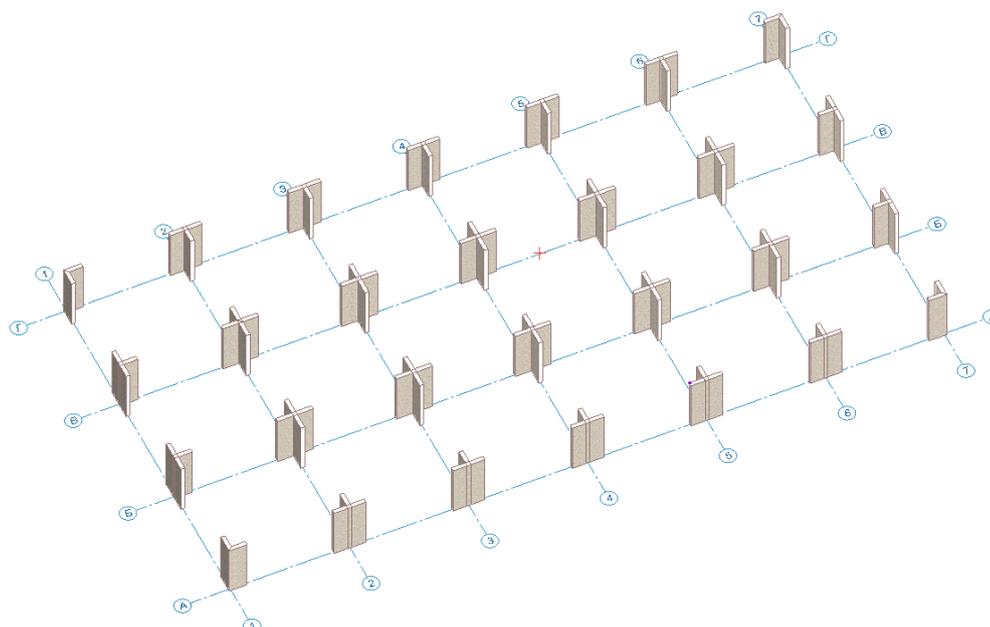


Рис. 3. Схема вертикальных несущих элементов тестовой модели Модель №3.

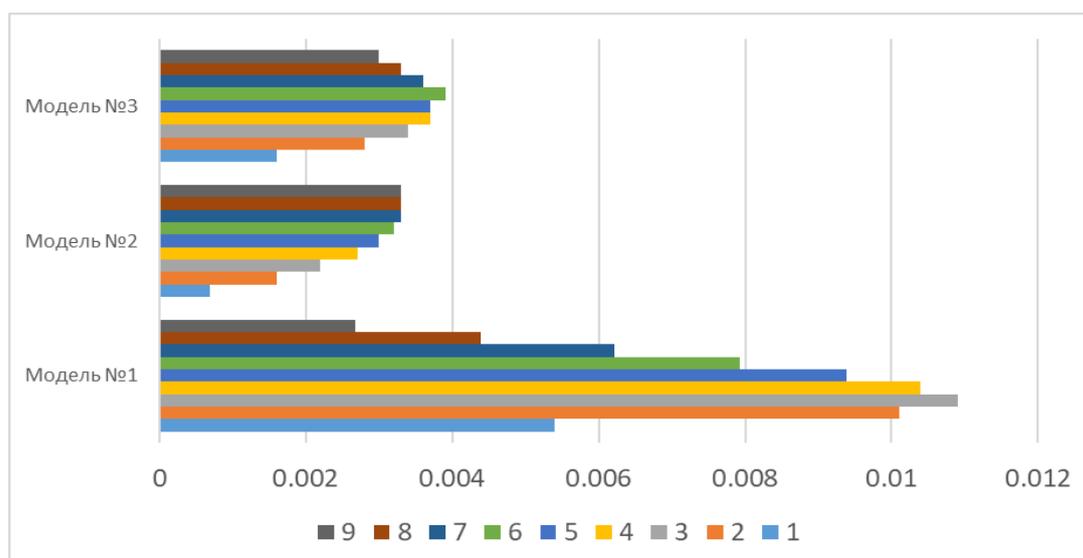


Рис. 4. Гистограмма изменения периодов собственных колебаний

В следствии значительных усилий в элементах Модели №1 не возможно подобрать армирование, из дальнейшего анализа мы исключили данную схему. В результате расчета армирования в Лира-САПР мы получили значение теоретической арматуры [4] для оценки общих показателей и экономического обоснования применения той или иной схемы.

Результаты подбора теоретического армирования вертикальных и горизонтальных элементов для каждой модели представлены на Рис. 5. Из диаграммы видно, что в Модели №3 уменьшается армирование несущих вертикальных элементов, в следствии равномерного расположения жесткости по всему плану здания, армирование уменьшается на 12.5 т. Но такое распределение жесткости приводит к увеличению армирование в плитах перекрытия на 45т. В результате мы получили, что использование схемы с прямолинейными диафрагмами жесткости расположенными по периметру здания в сейсмически опасном районе с бальностью 7, приводит к экономии арматуры почти 34% по сравнению с крестовыми диафрагмами.

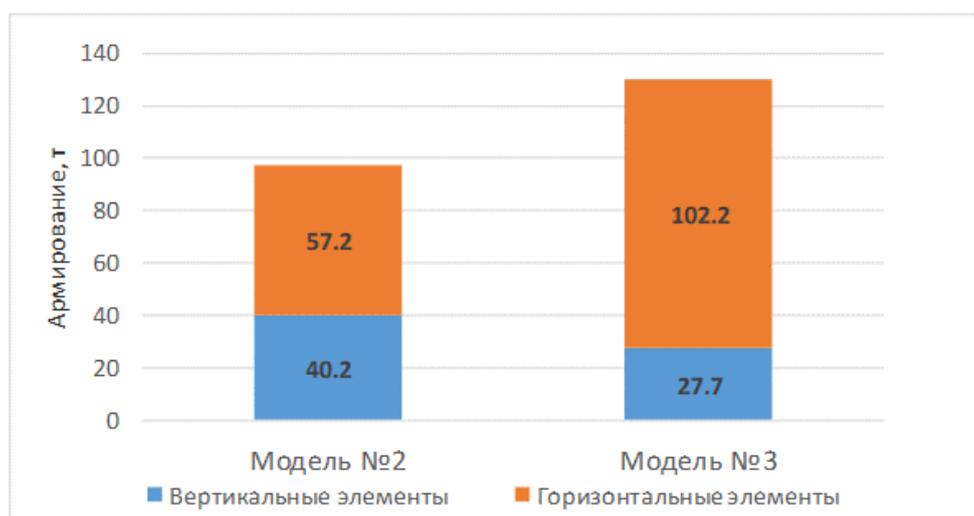


Рис. 5. Теоретическое армирование



Заключение и выводы.

На основании выполненных расчетов можно сделать следующие выводы:

1. В сейсмически опасных районах с бальностью выше 7-и не допускается строительство многоэтажных зданий с использованием в качестве вертикальных несущих элементов только колонны, это подтверждено результатами определения перекосов этажей, которые превышают предельные значения в два раза, и невозможностью подобрать армирование при возникающих усилиях.

2. Перекосы этажей в Модели №2 и Модели №3 не достигают предельно-допустимого значения 0.004, и могут быть использованы при проектировании здания.

3. Результаты подбора теоретического армирования вертикальных и горизонтальных элементов в для каждой модели показали, что в Модели №3 уменьшается армирование несущих вертикальных элементов, в следствии равномерного расположения жесткости по всему плану здания, армирование уменьшается на 12.5 т. Но такое распределение жесткости приводит к увеличению армирование в плитах перекрытия на 45т.

4. В результате мы получили, что использование схемы с прямолинейными диафрагмами жесткости расположенными по периметру здания в сейсмически опасном районе с бальностью 7, приводит к экономии арматуры почти на 34% по сравнению с крестовыми диафрагмами.

Литература:

1. Безушко Д. Сейсмостойкость монолитного безригельного каркаса в соответствии с действующими нормативными документами разных стран// Безушко Д., Ашутлов С., Калинин А./ *Modern Engineering and Innovative Technologies*, 1(07-01) - 2019. P.97-103. <https://doi.org/10.30890/2567-5273.2019-07-01-054>.

2. Будівництво у сейсмічних районах України: ДБН В.1.1 – 14:2014 / науковий керівник Ю.І. Немчинов. - [Чинні від 2014-10-01]. – К.: Мінрегіон України, 2014. - VI, – 110 с. – (Будівельні норми України).

3. Дорофеев В.С. Определение амплитуды перемещений пространственных расчетных схем зданий при сейсмических воздействиях с применением экспериментально-статистического моделирования// Дорофеев В.С., Егупов К.В., Луцкий Е.С., Мурашко А.В./ *Київ: НДІБК, Міжвідомчий науково-технічний збірник наукових праць (будівництво) Вип. 69, 2008. С.156-162.*

4. СП 63.13330.2012. Бетонные и железобетонные конструкции. Основные положения. Актуализированная редакция СНиП 52-01-2003 [Текст]. – Москва, 2012. – 155 с.

5. Freeman S. A., Irfanoglu A., Paret T.F. Earthquake Engineering Intensity Scale: A Template with Many Uses/ 13th World Conference on Earthquake Engineering. - Vancouver, B.C., Canada, August 1-6, 2004. Paper No. 1667. – 15 p.

6. Post-earthquake damage identification of tall building structures: experimental verification [Text] / W. Y. Liao [et al.] // The 14th World Conference on Earthquake Engineering. October 12-17, 2008, Beijing, China.



References.

1. Безушко, Д., Ашуртов, С. и Калинин, А. (2017) «СЕЙСМОСТОЙКОСТЬ МОНОЛИТНОГО БЕЗРИГЕЛЬНОГО КАРКАСА В СОГЛАСОВАНИИ С ДЕЙСТВУЮЩИМИ НОРМАТИВНЫМИ ДОКУМЕНТАМИ РАЗНЫХ СТРАН», Modern engineering and innovative technologies, 1(07-01), сс. 97-103. doi: 10.30890/2567-5273.2019-07-01-054.
2. Будівництво у сейсмічних районах України: ДБН В.1.1 – 14:2014 / науковий керівник Ю.І. Немчинов. - [Чинні від 2014-10-01]. – К.: МінрегіонУкраїни, 2014. - VI, – 110 с. – (Будівельні норми України).
3. Дорофеев В., Егупов К., Луцкий Е. и Мурашко А. (2008) «ОПРЕДЕЛЕНИЕ АМПЛИТУДЫ ПЕРЕМЕЩЕНИЙ ПРОСТРАНСТВЕННЫХ РАСЧЕТНЫХ СХЕМ ЗДАНИЙ ПРИ СЕЙСМИЧЕСКИХ ВОЗДЕЙСТВИЯХ С ПРИМЕНЕНИЕМ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНО-СТАТИСТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ», *Міжвідомчий науково-технічний збірник наукових праць (будівництво) Вип. 69, сс.156-162.*
4. СП 63.13330.2012. Бетонные и железобетонные конструкции. Основные положения. Актуализированная редакция СНиП 52-01-2003 [Текст]. – Москва, 2012. – 155 с.
5. Freeman S., Irfanoglu A., Paret T. (2004) «EARTHQUAKE ENGINEERING INTENSITY SCALE: A TEMPLATE WITH MANY USES», 13th World Conference on Earthquake Engineering. - Vancouver, B.C., Canada, August 1-6, Paper No. 1667. – 15 p.
6. Liao W. et al. (2008) «POST-EARTHQUAKE DAMAGE IDENTIFICATION OF TALL BUILDING STRUCTURES: EXPERIMENTAL VERIFICATION», The 14th World Conference on Earthquake Engineering. October 12-17, Beijing, China.

***Abstract.** The paper analyzes modern research in the field of assignment, modeling and analysis of the effect of seismic loads; models of test problems have been developed that correspond to a monolithic reinforced concrete building, namely, a description of the geometric parameters of the model, the type of finite elements, the model of the material (reinforced concrete), boundary conditions and external influences; a series of calculations of FE models of test problems with the initial characteristics of the material was performed; a comparative analysis of the calculation results with the determination of the integral characteristics: the main frequency (period) of natural vibrations, distortions of the floors and the value of theoretical reinforcement is presented*

***Key words:** seismic load, stiffness diaphragm, period of the form of vibrations, oscillation frequency, monolithic reinforced concrete frame.*

Статья отправлена: 16.01.2020 г.

© Безушко Д.И.