

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ КАМЕННОГО ЗАПОЛНЕНИЯ МОНОЛИТНОГО ЖЕЛЕЗОБЕТОННОГО КАРКАСА С БЕЗРИГЕЛЬНЫМИ ПЕРЕКРЫТИЯМИ НА ЕГО ДИНАМИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ В ПРОЦЕССЕ СТРОИТЕЛЬСТВА

Дорофеев В.С., д.т.н., профессор,
Михайлова Н.А., аспирант,
Одесская государственная академия строительства и архитектуры
dorvs@ukr.net
natalya.ogasa@mail.ru

Аннотация. Работа посвящена решению проблемы учёта жесткостных характеристик стенового заполнения многоэтажных монолитных каркасных зданий с безригельными перекрытиями при расчёте их на сейсмические воздействия. В работе исследованы динамические характеристики строящегося восемнадцати этажного монолитного каркасного здания с безригельными перекрытиями. При этом были определены периоды и формы колебаний каркаса здания без стенового заполнения. Так же были испытаны на перекос фрагменты кладок при статическом нагружении. Проведён полный комплекс исследований: натурные испытания строящегося каркасного здания, исследования фрагментов кладок с определением их жесткостных параметров в сочетании с численными исследованиями испытанного здания при различных жесткостных параметрах стенового ограждения.

Ключевые слова: динамика сооружений, сейсмостойкость, ячеистый бетон, натурные испытания.

ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ КАМ'ЯНОГО ЗАПОВНЕННЯ МОНОЛІТНОГО ЗАЛІЗОБЕТОННОГО КАРКАСУ З БЕЗРИГЕЛЬНИМИ ПЕРЕКРИТТЯМИ НА ЙОГО ДИНАМІЧНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ В ПРОЦЕСІ БУДІВНИЦТВА

Дорофєєв В.С., д.т.н., професор,
Михайлова Н.О., аспірант,
Одеська державна академія будівництва і архітектури
dorvs@ukr.net
natalya.ogasa@mail.ru

Анотація. Робота присвячена вирішенню проблеми обліку характеристик жорсткості стінового заповнення багатопверхових монолітних каркасних будинків з безригельними перекриттями при розрахунку їх на сейсмічні впливи. В роботі досліджені динамічні характеристики спорудженого вісімнадцяти поверхового монолітного каркасного будинку з безригельними перекриттями. При цьому були визначені періоди і форми коливань каркасу будівлі без стінового заповнення. Також були випробувані на перекіс фрагменти кладок при статичному завантаженні. Проведено повний комплекс досліджень: натурні випробування споруджуваного каркасного будинку, дослідження фрагментів кладок з визначенням їх жорсткісних параметрів в поєднанні з числовими дослідженнями випробуваної будівлі при різних жорсткісних параметрах стінового огородження.

Ключові слова: динаміка споруджень, сейсмостійкість, газобетон, натурні випробування.

STUDY OF STONE FILL MONOLITHIC CONCRETE FRAME WITHOUT TRANSOM OVERLAP ON THE DYNAMIC CHARACTERISTICS DURING CONSTRUCTION

Dorofeev V.S. DSc, Professor,
Mikhailova N.A., post-graduate,
Odessa State Academy of Building and Architecture
dorvs@ukr.net
natalya.ogasa@mail.ru

Abstract. The work is devoted to solving the problem of stiffness characteristics of metering wall filling multi-story monolithic frame buildings without transom ceilings in the calculation of seismic impact. The paper studied the dynamic characteristics of the eighteen story frame building and without transom floors under construction. At the same time, periods and shapes of the building without wall filling were defined and shaped. The fragments of masonry for bending under static loading were also tested. To determine the stiffness characteristics clutches of cellular concrete autoclaved test fragments of masonry stone blocks and adhesive mixtures were carried out, used in construction of the test frame building. A full range of studies was conducted: full-scale tests under construction frame building, research clutches fragments and determination of stiffness parameters in conjunction with computer modeling. The data show the feasibility of taking into account the interaction between the wall filling the frame with a building in the calculations on the seismic effects.

Keywords: dynamics of structures, seismic resistance, cellular concrete, natural tests.

Введение. В соответствии с ДБН В.1.1-12:2014 западная территория Одесской области, в том числе и город Одесса отнесены к зоне повышенной семи-восьми бальной сейсмической опасности. На этих территориях ведется массовое строительство зданий и сооружений различного назначения. В городской застройке наибольшим спросом пользуются многоэтажные жилые здания с высокими потребительскими свойствами, что определяется более низкими стоимостными показателями в сравнении с малоэтажной застройкой. В настоящее время в Одесском регионе в основном осуществляется строительство зданий повышенной этажности с использованием кирпичной кладки в сочетании с каркасом (каркасно-каменные) и каркасные с безригельными перекрытиями со стеновым заполнением кладкой из ячеистых бетонных блоков автоклавного твердения на клеящих смесях.

В Украине всплеск потребления газобетона обусловлен принятием общенациональной программы энергосбережения, введением ДБН В.2.6-31:2006 «Тепловая изоляция зданий» которое потребовало от строителей и проектировщиков увеличения термического сопротивления стен. В это же время в Украине началось массовое строительство, в том числе и в сейсмических районах высотных жилых зданий, что было обусловлено в городах с растущим дефицитом селитебных территорий и увеличивающимся спросом населения на комфортабельное современное жильё.

В Одесском регионе предпочтение отдаётся строительству многоэтажных каркасных зданий рамно-связевой системы с монолитными безригельными перекрытиями. В качестве ограждающих конструкций применяется каменная кладка с поэтажным опиранием наружных стен и перегородок из ячеистых бетонов автоклавного твердения на клеящих смесях. В качестве гидрозащиты наружных стен применяется защитно-декоративная штукатурка и в виде жесткой облицовки в $\frac{1}{2}$ кирпича.

Несмотря на актуальность вопроса по изучению работы кладки из ячеистых бетонов в составе рамного каркаса зданий, в настоящее время проведено, сравнительно мало исследований в этом направлении. Как показывает практика современные методы расчета сложных инженерных сооружений на динамические нагрузки, при всех их огромных возможностях часто дают результаты отличные от реальных.

Как правило, при проектировании каркасных зданий с учётом сейсмических воздействий, в качестве несущих конструкций рассматриваются только колонны, диафрагмы жесткости и перекрытия. Каменному заполнению в виде наружных стен и перегородок оставляют только ограждающую функцию. Предполагается, что каменное заполнение не оказывает воздействия на статическую работу каркаса и ограничивается только передачей нагрузок от собственного веса каменной кладки. Однако исследованиями, проведёнными рядом авторов, установлено взаимодействие каменного заполнения с каркасом при его перекосах.

Анализ последних исследований. Анализ исследований динамических характеристик каркасных зданий, проводимых с использованием вибрационных машин, а также возбуждением собственных колебаний ударными способами, мгновенным сбросом нагрузок, микросейсмическими, ветровыми и прочими воздействиями, выявили отличие расчётных показателей периодов колебаний от полученных данных при испытаниях на 30...50% и более [1-3].

Разбежность данных, полученных в результате расчётно-экспериментальных исследований, привели многих исследователей к мнению, что уменьшение периодов колебаний зданий вызвано не учётом в расчётных моделях упругих характеристик стенового заполнения каркасов и возможно другими неучтёнными факторами.

Практика проектирования каркасных зданий на сейсмические воздействия основывается на нормативах [4], предусматривающих отделение стенового ограждения и перегородок от каркаса деформационными швами. Поэтому учитывается в расчётах только собственный вес стен и перегородок и не учитывается их участие в работе каркаса при перекосах.

Работы, выполненные в республике Казахстан, институтом КазНИИСА, по исследованию сейсмостойкости каркасных зданий с поэтажным заполнением рам ячеистыми бетонными блоками с использованием вибрационной машины, выявили отличие в периодах колебаний от расчётных в 1.4 ... 1.7 раза. При увеличении динамических нагрузок различие в периодах снизилось, что авторы эксперимента связывают с уменьшением жесткостных параметров стен и перегородок в результате образования в них трещин [5, 6].

В исследованиях, проведённых К.С. Абдурашидовым, А.В. Грановским, И.Л. Корчинским, С.В. Поляковым, Г.Э. Шаблинским и другими, отмечалось отличие расчётных динамических характеристик зданий от реальных выявленных при натурных испытаниях [1, 7-11]. К аналогичным выводам, на основании исследований проведенных М.К. Ищуком [7] пришел В.Н. Деркач, показавший, что при перекосах каркасов зданий каменное заполнение стен взаимодействует с его конструкциями, вызывая в них перераспределение усилий, которые не учитываются существующей методикой расчета каркасных зданий.

Решение данной проблемы в отношении монолитных каркасных зданий с каменным заполнением является изучение взаимодействия заполнения с элементами каркаса при различных воздействиях, в том числе и при сейсмических. Данную задачу В.Н. Деркач решил на моделях трёхэтажных трёхпролётных рам с кладкой заполнения из ячеистых бетонных блоков D500, B2.5 толщиной 300 мм, на тонкослойном клеевом растворе.

Расчёты показали, что даже при наличии горизонтальных деформационных швов между кладкой заполнения и плитами перекрытий жесткость рам возрастает в 3 раза, по сравнению с рамой без заполнения кладкой. В случае полной заделки швов по всему периметру заполнения жесткость рамы увеличилась в 4 раза, а при обеспечении восприятия растягивающих напряжений (при наличии гибких связей) в стыках кладки с колоннами в 7,5 раз [8].

В.Н. Деркачем на основании исследований [9] был разработан алгоритм расчета несущей способности каменного заполнения каркасных зданий на сейсмические, ветровые и прочие воздействия, вызывающие перекосы каркасов. Им также было показано, что при высокой прочности растворных швов, разрушение кладки стен при перекосах происходит не в плоскости растворных швов, а по диагонали сжатия или раздробления в сжатых углах

заполнения.

Исследования по выявлению особенностей работы стенового заполнения из новых ячеистых бетонов автоклавного твердения на клеевых составах были проведены в Центре исследований сейсмостойкости сооружений в ЦНИИСК г. Москва под руководством А.В. Грановского [12]. Исследования проводились на различных фрагментах стен, выполненных из ячеистых блоков, изготовленных по технологиям Masa-Henke и YTONG, фирмой ЗАО Кселла-Аэробик-Центр, плотностью D500, D600, класса B3.5 и B4.5, на клеевых составах YTONG эконом, Церезит, Евро-Л и цементном растворе марок M50 и M100.

Были исследованы прочностные и деформативные характеристики кладок при статических и динамических нагружениях. В результатах исследований были даны рекомендации по применению кладок из ячеистых бетонов автоклавного твердения в каркасных зданиях в районах, сейсмичностью 7 баллов [12].

Цель и методика исследований. Целью проведённых исследований стенового заполнения каркасных зданий кладкой из ячеистых бетонов автоклавного твердения на клеевых смесях является определение опытным путём его жесткостных и деформативных характеристик.

Для исследований приняты ячеистые блоки и клеящие смеси, используемые строительной фирмой «СТИКОН» для стенового заполнения строящихся ими многоэтажных каркасных зданий, на которых в процессе исследований автором проводились натурные динамические испытания с целью изучения их частотных и деформативных характеристик.

Для испытаний взяты на строительной площадке конструкционно-теплоизоляционные ячеистые блоки автоклавного твердения средней плотностью D400, классом бетона по прочности B2, морозостойкостью F25, К-ДСТУ Б.В.2.7-137:2008 ТОВ «Енерджи Продакт» г. Новая Каховка.

Блоки изготовлены по современной технологии ячеистого бетона «DUROX» голландской фирмы «Aircrete». Кладка экспериментального образца фрагмента стены выполнена на клеевых составах ПБ-55Ц1.МР2 ДСТУ Б.В.2.7-126:2011 ТОВ «Фомальгаут-Полимин» г. Киев. Для испытаний взяты со строительной площадки ячеистые блоки с размерами 600×200×100 мм.

Для определения фактических характеристик плотности, прочности на сжатие и модуля упругости отдельных образцов кладки были изготовлены (вырезаны из блоков):

- шесть призм сечением 100×100 мм высотой $h=400$ мм;
- шесть кубиков сечением 100×100 мм.

Фрагменты стенового ограждения испытывались в стальной шарнирной раме (рис. 1).



Рис. 1. Стальная шарнирная рама для испытательного образца

Шарнирная рама 1250×1250 мм изготовлена из прокатного швеллера №12. Крепление рамы произведено к силовому полу анкерными болтами, диаметром 22 мм.

Статическая горизонтальная нагрузка прикладывалась ступенями в уровне верхнего шарнира десятитонным гидравлическим домкратом, в режиме нагрузка-разгрузка. Контроль давления производился по образцовому манометру, предварительно протарированному домкрат-станция НСП с помощью пятитонного динамометра.

В соответствии с ДБН В.1.1-12:2014, западная территория Одесской области, в том числе и город Одесса отнесены к зоне повышенной семи-восьми бальной сейсмической опасности. На этих территориях ведётся массовое строительство многоэтажных жилых зданий, использующих в качестве ограждающих стен и перегородок ячеистые бетоны автоклавного твердения на клеящих смесях. Поскольку они имеют ряд преимуществ над традиционной кирпичной кладкой, что связано со значительно меньшим весом стенового ограждения и лучшей теплозащитой.

Исследования динамических характеристик каркасных зданий проводились на строительных объектах фирмы ООО «СТИКОН». Кладка стен выполняется поэтажно из ячеистых бетонных блоков, плотностью D400, производителя «Енерджи Продакт» с использованием клеевой смеси ПБ-55 «Формальгаут Полимин Украина».

Строящийся жилой дом, расположенный по адресу: г. Одесса, ул. Средняя, 26, представляет собой восемнадцатизэтажное здание с безригельным каркасом с диафрагмами и ядрами жесткости.

Для исследования динамических параметров использовались датчики (сейсмометры типа ВЭГИК и С5С) в комплекте с преобразователями электронных сигналов в цифровой код и компьютером. Калибровка датчиков производилась непосредственно на строительной площадке.

Расстановка регистрирующих датчиков производилась на перекрытиях у колонн и диафрагм жесткости, как по высоте, так вдоль и поперёк здания.

Возбуждение колебаний производилось ударным методом в уровнях перекрытий и диафрагм жесткости. Для удара использовалась массивная «груша», представляющая собой пять соединённых между собой автомобильных покрышек, обетонированных изнутри, массой 350 кг. Запись колебаний здания осуществлялась так же при ветровых воздействиях.

Испытания исследуемого здания были проведены в два этапа. На первом этапе, после завершения всех работ по устройству каркаса здания, до начала кладки стен и перегородок, были определены его амплитудно-частотные характеристики (рис. 2-4).

Период колебаний по результатам испытаний составил 1.3...1.35 (по первой форме колебаний).

На втором этапе, после завершения всех кладочных работ и облицовки наружных стен керамическим кирпичом, были так же определены его амплитудно-частотные характеристики (рис. 5-7).

Значение периода колебаний по испытаниям уменьшилось до 1.22 секунд (по первой форме колебаний).

Численные исследования. Исследование влияния жесткости стен выполненных из ячеистых бетонов автоклавного твердения D400, B2.5 на примере восемнадцатизэтажного жилого дома по ул. Средняя, 26 в г. Одесса.

Наружные стены выполнены из ячеистых бетонных блоков толщиной 25 см и облицованы керамическим кирпичом толщиной 12 см. Толщина внутренних межквартирных стен 20 см, толщина перегородок – 10 см.

Расчёты здания выполнены в программном комплексе ЛИРА-САПР-2015 при различных жесткостных характеристиках стенового заполнения (таблица 1).

Как показали результаты, численные исследования, стеновое ограждение увеличивает жесткостные параметры каркаса здания, приводящие к снижению периодов колебаний.



Рис. 2. Каркас без заповнення.

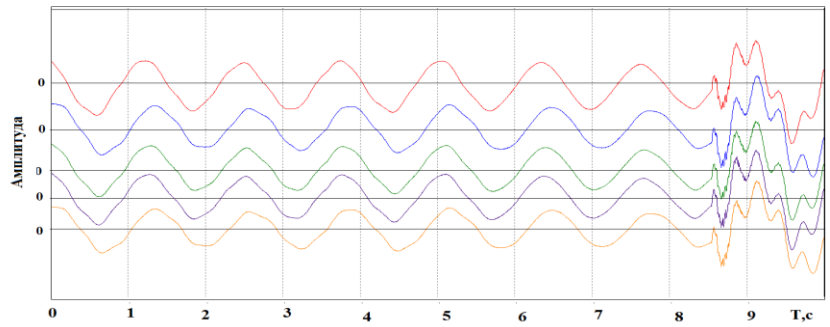


Рис. 3. Осциллограмма при калибровке датчиков

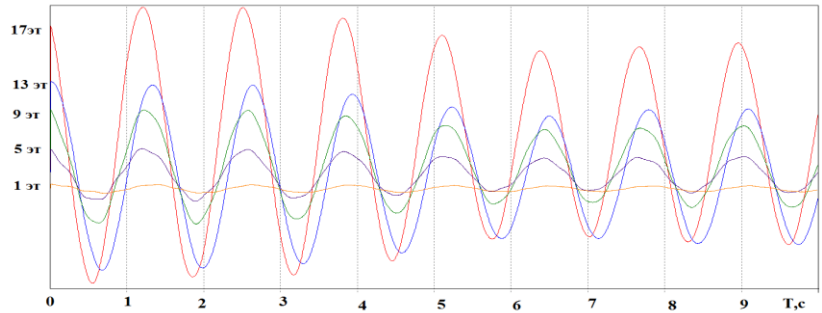


Рис. 4. Осциллограмма при ударе «грушей». Расположение датчиков по высоте здания



Рис. 5. Каркас с заповненням.

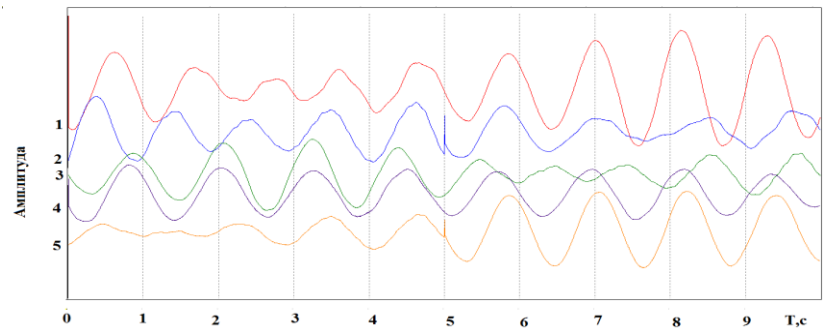


Рис. 6. Осциллограмма при колебаниях от ветра, датчики вдоль здания. 1...5 – номера датчиков

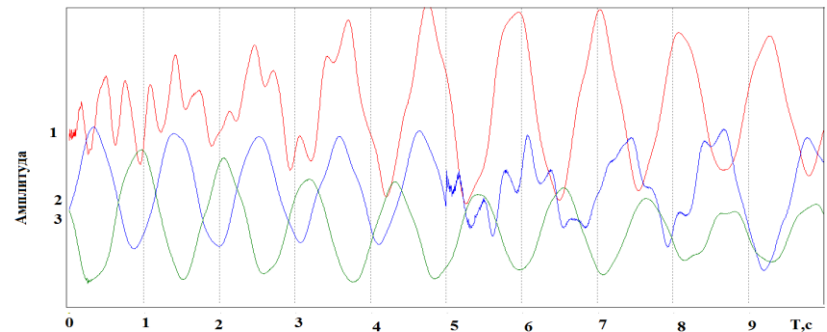


Рис. 7. Осциллограмма при колебаниях от удара грушей поперёк здания, датчики вдоль здания. 1...3 – номера датчиков

Выводы. «Не учитываемые» жесткостные параметры стенового ограждения влияют на динамические характеристики здания, увеличивая его жесткость, что приводит к уменьшению периодов собственных колебаний и как следствие повышению коэффициента динамичности « β » по сравнению с традиционным расчётом, рекомендуемым действующими нормами строительства в сейсмических районах Украины [4].

Таблица 1 – Динамические и жесткостных характеристики, испытываемого здания

№	Расчетный случай	Модуль упругости E, МПа	Период, с	Макс. динамическая инерционная сила по оси Y, т
1	Без стен	0	1,308	0,125
2	Стены наружные и внутренние. Без перегородок	1000	1,193	0,265
		1300	1,183	0,273
		2000	1,163	0,283
		3000	1,143	0,291
		4000	1,127	0,296
		5500	1,109	0,301

Литература

1. Корчинский И.Л. Сейсмостойкое строительство зданий / И.Л. Корчинский // Высшая школа. – Москва, 1971. – 318 с.
2. Поляков С.В. Сейсмостойкие конструкции зданий / С.В. Поляков // Высшая школа. – Москва, 1969. – 333 с.
3. Карцивадзе Г.И. Динамические параметры железобетонных многоэтажных каркасных зданий / Г.И. Карцивадзе, И.Е. Бюс, Л.А. Кахиани// Бетон и железобетон. – Казахстан, 1968. – С. 8.
4. ДБН В1.1-12:2014. Строительство в сейсмических районах Украины. Действующий с 2014-01-10. – К.: Минстрой Украины, 2014. – С. 7-35.
5. Омаров Ж.М. Блоки из ячеистого бетона для несущих и ограждающих конструкций сейсмостойких зданий и сооружений / Хаджимурад Магомедкамильевич Омаров // Автореферат. – Республика Казахстан, 201. – С. 28-54.
6. Rosangel Moreno Influence of masonry infills walls on the seismic behavior of multi-storey waffle slabs RC buildings / Rosangel Moreno, Luis G. Pujades, Alex H. Barbat // 13th World Conference on Earthquake Engineering. – Vancouver, B.C., Canada, 2004. – 209 p.
7. Ищук, М.К. Отечественный опыт возведения зданий с наружными стенами из облегченной кладки / М.К. Ищук // Стройматериалы. – Москва, 2009. – 360 с.
8. Деркач В.Н. Несущая способность каменного заполнения каркасных зданий/ В.Н. Деркач // Сборник научных трудов, выпуск 5, СтроймедиаПроект. – Минск, 2013. – С. 6-34.
9. Шаблинский Г.Э. Натурные и модельные исследования динамических явлений в строительных конструкциях энергетических и гражданских объектов / Г.Э. Шаблинский, Д.А. Зубков// Москва, 2012. – 483 с.
10. Поляков С.В. Сейсмостойкие конструкции зданий / С.В. Поляков // Высшая школа. – Москва, 1969. – 333 с.
11. Абдурашидов К.С. Натурные исследования колебаний зданий и сооружений и методы их восстановления / К.С. Абдурашидов// ФАН. - Ташкент, 1974. – 208 с.
12. Грановский А.В. Исследования стеновых конструкций из ячеистобетонных блоков на сейсмические воздействия / А.В.Грановский, Б.К. Джамуев // Сейсмостойкое строительство. Безопасность сооружений / № 1, ЦНИИСК им. В.А.Кучеренко/ Москва, 2011. – С. 114.

Стаття надійшла 2.09.2016