ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ЛОКАЛЬНЫХ ПОВРЕЖДЕНИЙ НА ДИНАМИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ МНОГОЭТАЖНОГО ЗДАНИЯ

STUDY OF THE EFFECT OF LOCAL DAMAGE ON DYNAMIC CHARACTERISTICS MULTILEVEL BUILDING

МАРЧУК Н.И.,
МАКСИМОВ А.В.,
БЕЛОВА Н.В.,
ПРАСОЛЕНКО Е.В.

MARCHUK N.I.,
MAKSIMOV A.V.,
BELOVA N.V.,
PRASOLENKO E.V.

ФГАОУ ВО «Сибирский федеральный
университет»

FGAOU VO «Siberian Federal University»

t9131708548@gmail.ru

doi: 10.18411/pivsn-03-2019-04

idsp: sciencepub-pivsn-03-2019-04

АННОТАЦИЯ

Приводятся результаты численных исследований влияния локальных повреждений несущих элементов монолитного железобетонного каркаса 20-этажного здания на частоты и формы собственных колебаний.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: частоты и формы собственных колебаний, локальное повреждение, отказ колонны, модальный анализ.

ABSTRACT

The results of numerical studies the effect of local damage to the bearing elements of the monolithic reinforced concrete frame of a 20-story building on the frequencies and natural oscillations are given.

KEY WORDS: natural frequencies and shapes, local damage, column failure, modal analysis.

ВВЕДЕНИЕ

Возрастание требований к надежности несущих конструкций многоэтажных и высотных зданий приводит к проверке таких зданий на сопротивляемость прогрессирующему разрушению в аварийных ситуациях. За аварийную ситуацию принимается полное разрушение (отказ) одной из колонн или участка монолитной стены лестничной клетки, диафрагм жесткости или лифтовых шахт, в пределах высоты одного этажа. Обычно исследуют разрушения здания при возникновении аварийных ситуаций в нижних и подвальных этажах [1].

ЦЕЛЬ ИССЛЕДОВАНИЯ

Известно, что важными характеристиками, дающими общее представление о свойствах несущей системы здания, его конструктивной схемы и жесткости, являются динамические характеристики (частоты и формы собственных колебаний здания), определяемые модальным анализом.

В связи с этим выполним исследование влияния локальных повреждений несущих элементов здания на частоты и формы собственных колебаний пространственной модели 20-этажного административного здания, имеющего в плане квадратную форму с размерами 18х18 м, высотой 63 м при сейсмических воздействиях. Здание рамно-ствольной структуры с центральным ядром жесткости толщиной 0,4 м. Колонны сечением

0,5х0,5м, высота типового этажа 3м. Междуетажные перекрытия здания – монолитные плиты толщиной 0,2 м. Несущие конструкции здания выполнены из монолитного железобетона класса В40, междуетажные плиты перекрытия и покрытия - из бетона В30. Геометрическая и конечно-элементная пространственная модель здания создана в расчетном программном комплексе SCAD.

При этом рассматриваются следующие варианты локальных повреждений: разрушение угловой колонны; разрушение колонны в пролете; разрушение части несущей стены ядра жесткости – на первом, пятом и десятом этажах здания. Варианты рассматриваемых локальных повреждений показаны на плане типового этажа здания (рис. 1б (1, 2, 3)).

Расчеты выполнялись в программном комплексе SCAD. При модальном анализе здания учитывались нагрузки: собственный вес с учетом конструкции полов; вес кирпичного стенового заполнения $q_p = 20,5 \text{ кН/м}$, временная полезная $q_p = 1,5 \text{ кН/м}^2$.

Рис. 1. Многоэтажное здание:
а - конечно-элементная модель каркаса здания;
б - план типового этажа

Вначале был выполнен расчет неповрежденного каркаса здания на собственные колебания. Полученные результаты представлены в табл. 1 и на рис. 2, в виде первых трех форм собственных колебаний.

Рис. 2. Формы собственных колебаний неповрежденного здания

Как видно из результатов, первая и вторая формы собственных колебаний являются изгибными, третья форма - крutiльная.

Таблица 1

Частоты и периоды собственных колебаний

Форма	Частота		Период (сек)
	1/сек	Гц	T
1	3,73045	0,59372	1,6843
2	3,75873	0,59822	1,6716
3	5,27171	0,83902	1,1919

Результаты расчета поврежденного здания при локальном повреждении несущих элементов (угловой колонны, части стены ядра жесткости и средней колонны 1-го этажа) в виде форм и первых трех частот собственных колебаний, без учета и с учетом локальных повреждений (рис. 3, 4). Изменение частот здания с локальными повреждениями на первом этаже в процентном соотношении, по сравнению с исходным зданием без повреждений приводятся в табл. 2.

Рис. 3. Формы собственных колебаний здания при отказе угловой колонны (1) 1-го этажа

Рис. 4. Формы собственных колебаний здания при повреждении части стены (3) 1-го этажа ядра жесткости

Таблица 2

Сравнительная таблица частот колебаний здания при локальных повреждениях на 1-ом этаже

Частоты, Гц							
№ формы	Исходная схема	Разрушение угловой колонны 1-го этажа	%	Разрушение средней колонны 1-го этажа	%	Разрушение стены 1-го этажа	%
1	0,607	0,591	2,64	0,598	1,48	0,569	6,26
2	0,612	0,612	0,00	0,609	0,49	0,597	2,45
3	0,863	0,861	0,23	0,863	0,00	0,826	4,29

Анализ полученных результатов показывает, что максимальное расхождение по частотам колебаний 20-ти этажного здания при локальном повреждении элемента (угловой колонны, 1-го этажа и средней колонны 1-го этажа), по сравнению с исходным зданием, составляет: по 1-ой частоте – 2,64%; по 2-ой частоте – 0%; 3-я частоте – 0,23%, При разрушении стены ядра жесткости по сравнению с исходной схемой расхождения составляют: 1-я частота – 6,26%; 2-я частота – 2,45%; 3-я частота – 4,29%.

Результаты расчета при локальных повреждениях несущих элементов на пятом этаже приведены в табл. 3.

Таблица 3

Сравнительная таблица частот колебаний здания при локальных повреждениях на 5-ом этаже

Частоты, Гц							
№ формы	Исходная схема	Разрушение угловой колонны 5-го этажа	%	Разрушение средней колонны 5-го этажа	%	Разрушение стены 5-го этажа	%
1	0,607	0,59	2,80	0,598	1,48	0,594	2,14
2	0,612	0,612	0,00	0,608	0,65	0,597	2,45
3	0,863	0,861	0,23	0,863	0,00	0,825	4,40

Анализируя данные результаты, видим, что максимальные расхождения частот происходит при разрушении крайней колонны пролета. При этом расхождения по сравнению с исходным зданием составляют: по 1-ой частоте – 2,80%; по 2-ой частоте – 0%; 3-я частоте – 0,23%, что практически совпадают с результатами, полученными при отказе несущих элементов 1-го этажа. При разрушении стены ядра жесткости расхождения составляют: 1-я частота – 2,14%; 2-я частота – 2,45%; 3-я частота – 4,40%, по сравнению с исходной схемой.

Результаты сравнения собственных частот при локальных повреждениях несущих элементов 10-го этажа приведены в табл. 4.

Таблица 4

*Сравнительная таблица частот колебаний здания при локальных повреждениях
на 10-ом этаже*

Частоты, Гц							
№ формы	Исходная схема	Разрушение угловой колонны 10-го этажа	%	Разрушение средней колонны 10-го этажа	%	Разрушение стены 10-го этажа	%
1	0,607	0,598	1,48	0,604	0,49	0,602	0,82
2	0,612	0,612	0,00	0,608	0,65	0,609	0,49
3	0,863	0,861	0,23	0,863	0,00	0,841	2,55

Расчет локальных повреждений показывает, что при разрушении крайней колонны 10-го этажа расхождения составляют: по 1-ой частоте – 1,48%; по 2-ой частоте – 0%; 3-я частоте – 0,23%, а при разрушении стены ядра жесткости – 1-я частота – 0,82%; 2-я частота – 0,49%; 3-я частота – 2,55%, по сравнению с исходной схемой.

Согласно работе [2], в которой приведены степени повреждения зданий и сооружений в зависимости от изменения фактического периода собственных колебаний здания (сооружения) по сравнению с нормативным - увеличение периода собственных колебаний от 0% до 10% характеризуется как «без повреждений – легкая» степень повреждения здания.

ВЫВОДЫ

В результате проведенных исследований каркаса 20-этажного здания можно сделать вывод о том, что разрушение какой-либо колонны, либо части стены ядра жесткости на рассматриваемых этажах приводит к уменьшению частоты собственных колебаний менее 7%, т.е. отказ колонны либо части стены ядра жесткости практически не повлиял на значение рассматриваемых частот и форм собственных колебаний всего здания.

Очевидно, что существенное изменение данных динамических характеристик может произойти при более глобальных разрушениях рассматриваемого здания.

1. Рекомендации по защите монолитных жилых зданий от прогрессирующего обрушения. – Введ. 11.07.2005. – Москва: Стандартинформ, 2005. – 40 с.
2. Шахрамьян, М.А. Методика оценки и сертификации инженерной безопасности зданий и сооружений / М.А. Шахрамьян, Г.М. Нигметов, З.Г. Гайфуллин, М.С. Бабусенко. – М.: ВНИИ ГОЧС (ФЦ), 2003.