

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ЖЕСТКОСТИ ОПОР МОДЕЛИ НА ДИНАМИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ

Толстых М.А., аспирант

Хасанов Т.М., аспирант

ОАО НИЦ «Строительство», ЦНИИСК им. В.А. Кучеренко

109428, Москва, ул. 2-ая Институтская 6

e-mail: mtolstyh@mail.ru

В статье приведены результаты испытаний пространственной стержневой системы, установленной на четырех упругих опорах различной жесткости, при сейсмических воздействиях. Дана оценка влияния жесткости опор на параметры колебаний системы.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: колебания, сейсмические воздействия, виброплатформа, виброизолятор.

Задача исследования состояла в изучении поведения жесткой пространственной конструкции при разной жесткости опор в случае сейсмических воздействий. Основной целью проведенных экспериментальных исследований являлась оценка динамических характеристик пространственной стержневой модели с разной жесткостью опор при сейсмическом воздействии.

В качестве модели для испытаний была изготовлена пространственная стержневая система, представляющая собой параллелепипед с размерами 3200×1995 мм и высотой 3680 мм, с массой 1940 кг (рис.1). Дополнительные балки, являлись одновременно элементами модели и увеличили пространственную жесткость. На нижнем горизонтальном контуре модели имелись посадочные места для опирания на виброизоляторы. Таким образом, модель через виброизоляторы (рис. 2) и опиралась на виброплатформу, образуя систему для проведения испытаний.

На смонтированную пространственную стержневую систему до проведения динамических испытаний были установлены датчики-акселерометры, которые фиксируют величины ускорений, амплитуды и перемещений, испытываемой модели.



Рис. 1



Рис. 2

Виброизоляторы, используемые в качестве опор, имеют размеры 100×100×100 мм и выполнены из плотной резины. В эксперименте использовались 2 вида виброизоляторов:

- 1 – виброизолятор с 41 отверстием с жесткостью 263,2 кг/см (кН/м);
- 2 – виброизолятор с 25 отверстиями с жесткостью 400 кг/см (кН/м);

В третьей серии испытаний виброизолятор с 25 отверстиями, устанавливался на ребро. В этом случае жесткость опоры составляла 192,3 кг/см (кН/м). Поскольку экспериментальная модель представляет собой жесткую систему, то её величины ускорений, перемещений и частоты полностью определяли поведение модели при динамических испытаниях. В процессе эксперимента модель подвергалась ступенчатому увеличению интенсивности сейсмического воздействия.

Предварительно была вычислена собственная частота экспериментальной модели, которая составила 1,5 Гц. Было проведено три варианта испытаний:

1. Экспериментальная модель, установленная на 4-х виброизоляторах одинаковой жесткости 263,2 кг/см (кН/м), (размер 100x100 мм, с 41 отверстием), испытана в различных режимах. Схематично виброплатформа с установленной моделью показана на рис. 3.

2. Экспериментальная модель, установленная на 4-х виброизоляторах, разной жесткости. Две опоры имели жесткость 263,2 кг/см (кН/м), (размер 100x100 мм, с 41 отверстием), а 2 другие 400 кг/см (кН/м), (размер 100x100 мм, с 25 отверстиями).

3. Экспериментальная модель установлена на 4-х виброизоляторах, два из которых имели жесткость 263,2 кг/см (кН/м), (размер 100x100 мм, с 41 отверстием), а 2 других, установленных на ребро, имели жесткость 192,3 кг/см (кН/м), (размер 100x100 мм, с 25 отверстиями).

Схема установки датчиков



12 - номер акселерометра
↔ - направление измерения колебаний

Рис. 3

Для создания динамических воздействий на испытываемую модель использовалась специальная виброплатформа. Маятниковая платформа подвешена к опорной силовой раме на гибких из полосовой стали связях. Рама жестко заземлена в силовой пол лабораторного корпуса. Активация платформы осуществляется вибромашиной ВИД-12М, установленной на консоли маятниковой платформы (рис. 4). Вибромашина ВИД-12М позволяет обеспечить необходимые параметры динамических воздействий на исследуемые модели в широком диапазоне частот и инерционных нагрузок путем возбуждения механических колебаний платформы в горизонтальной и вертикальной плоскостях. На фото рис. 5 показан общий вид виброплатформы с установленной на ней моделью.

В табл. 1 приведена характеристика режимов испытаний.

Управление ВИД-12М осуществляется с пульта, расположенного в электрошкафу. По данным вибрационных испытаний определялись ускорения, перемещения, частоты экспериментальной модели. Регистрация и измерение сигналов проводились при помощи специализированного измерительно-вычислительного комплекса МИС - 036, предназначенного для сбора, преобразования, регистрации, обработки, передачи и представления информации, поступающей с датчиков.



Рис. 4



Рис. 5

Для измерения ускорений, частот колебаний, а также динамических перемещений применялись однокомпонентные датчики – акселерометры АТ 1105 – 10м. Точки расположения акселерометров выбирались из следующих условий:

- точки, где по результатам предварительных расчетов ожидалось развитие максимальных ускорений и перемещений;

- возможностью одновременного определения относительных деформаций в разных координатных плоскостях.

Для контроля задаваемых воздействий датчики были установлены также на виброплатформе. Общее количество контролируемых точек (количество акселерометров) равнялось 6. Также проводились визуальные наблюдения за появлением видимых деформаций модели.

Таблица 1

Характеристика режимов испытаний

№ режима	Радиус дибалансов установки, R, мм	Напряжение установки, U, Вольт	Частота колебаний на платформе, f, Гц	Бальность воздействия, балл
1	40	5	1,7	5,9
2	40	8	2,4	6,4
3	40	10	2,8	7,3
4	20	10	2,9	5,6
5	20	15	3,9	8,1
6	20	20	4,8	7,4
7	20	25	5,8	7,6
8	10	10	2,9	5,3
9	10	15	3,8	7,4
10	10	20	4,8	6,7
11	10	25	5,8	6,8
12	10	28	6,4	6,9

В процессе испытаний по мере увеличения интенсивности сейсмического воздействия наблюдалось возрастание перемещений, ускорений и амплитуд экспериментальной модели. Невооруженным глазом это явление также было заметно. В таблицах 2-4 приведены результаты испытаний.

Результаты испытаний 1-й вариант (все 4 виброизолятора с одинаковой жесткостью 263,2 кг/см (кН/м)) – табл. 2.

Таблица 2

№ режима	Бальность воздействия, балл	Частота колебаний, f, Гц	Горизонтальный датчик на платформе (№12)		Горизонтальный датчик на модели (№6)	
			A, мм	a, м/с ²	A, мм	a, м/с ²
1	5,9	1,7	7,3	0,83	1,0	0,11
2	6,4	2,4	6,5	1,47	2,0	0,45
3	7,3	2,8	5,8	1,93	2,9	0,96
4	5,6	2,9	1,7	0,49	0,6	0,18
5	8,1	3,9	2,8	1,66	2,5	1,51
6	7,4	4,8	2,4	2,31	0,7	0,6
7	7,6	5,8	3,2	4,38	0,5	0,7
8	5,3	2,9	1,5	0,53	0,8	0,29
9	7,4	3,8	1,7	1,02	2,0	1,17
10	6,7	4,8	1,4	1,31	0,5	0,5
11	6,8	5,8	1,6	2,07	0,3	0,45
12	6,9	6,4	1,6	2,73	0,2	0,38

Результаты испытаний: 2-й вариант (2 виброизолятора с жесткостью 263,2 кг/см (кН/м) и 2 с жесткостью 400 кг/см (кН/м)) - табл. 3.

Таблица 3

№ режима	Бальность воздействия, балл	Частота колебаний, f, Гц	Горизонтальный датчик на платформе (№12)		Горизонтальный датчик на модели (№6)	
			A, мм	a, м/с ²	A, мм	a, м/с ²
1	5,9	1,7	10,7	1,22	4,3	0,49
2	6,4	2,4	7,2	1,64	1,6	0,36
3	7,3	2,8	6,3	1,94	2,6	0,79
4	5,6	2,9	3,1	0,77	0,6	0,14
5	8,1	3,9	3,1	1,75	4,6	2,62

6	7,4	4,8	2,6	2,27	2,1	1,8
7	7,6	5,8	3,3	4,37	1,1	1,48
8	5,3	2,9	1,4	0,47	0,5	0,15
9	7,4	3,8	1,3	0,77	2,9	1,7
10	6,7	4,8	1,3	1,2	1,1	1,01
11	6,8	5,8	1,7	2,23	0,6	0,75
12	6,9	6,4	1,5	2,49	0,5	0,51

Результаты испытаний: 3-й вариант (2 виброизолятора с жесткостью 263,2 кг/см (кН/м) и 2 с жесткостью 192,3 кг/см (кН/м)) – табл. 4.

Таблица 4

№ режима испытаний	Бальность воздействия, балл	Частота колебаний, f, Гц	Горизонтальный датчик на платформе (№12)		Горизонтальный датчик на модели (№6)	
			A, мм	a, м/с ²	A, мм	a, м/с ²
1	5,9	1,7	8,8	1,13	1,8	0,23
2	6,4	2,4	6,9	1,69	2,5	0,62
3	7,3	2,8	6,3	2,1	4,3	1,42
4	5,6	2,9	2,8	0,94	1,8	0,61
5	8,1	3,9	3,5	2,0	4,4	2,5
6	7,4	4,8	2,7	2,45	1,6	1,49
7	7,6	5,8	3,4	4,56	1,0	1,32
8	5,3	2,9	1,5	0,47	0,9	0,27
9	7,4	3,8	1,7	1,01	3,6	2,03
10	6,7	4,8	1,5	1,35	1,1	0,97
11	6,8	5,8	1,1	1,22	0,6	0,61
12	6,9	6,4	1,8	2,41	0,6	0,84

В результате анализа результатов проведенных испытаний можно сделать следующие выводы:

1. Общий характер наблюдаемых деформаций согласуется с теоретическим прогнозом, который получен из решений задач о свободных колебаниях стержня постоянного сечения на упругих опорах [1].

2. Результаты испытаний показали, что не одинаковая жесткость опор влияет на параметры колебаний системы, и поэтому должна учитываться при проектировании фундаментов под динамические машины.

Л и т е р а т у р а

1. Павлык В.С. Определение свободных колебаний зданий с несущими стенами// Сборник статей «Исследования по сейсмостойкости зданий и сооружений». М., 1960.

RESEARCH OF INFLUENCE OF MODEL'S SUPPORT RIGIDITY ON DYNAMIC PARAMETERS

Tolstykh M.A., Khasanov T.M.

In the paper, results of tests of spatial beam system installed on four elastic supports of varying rigidity under seismic actions are presented. The influence the rigidity of supporting on the system parameters is shown.

KEY WORDS: vibration, seismic effects, shake table, vibration absorber.