

Г.А. АБОВЯН, А.Г. АБОВЯН

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ КОЛЕБАНИЙ КРУГЛЫХ ПЛИТ, ОПЕРТЫХ НА ТОЧЕЧНЫЕ ОПОРЫ

Քննարկվում են դեռափոխ հենարաններին հենված կլոր սալերի դինամիկական բնութագրերի փորձարարական հետազոտման սեյսմոլոգիան և սառչրված սարքավորումների վերլուծությունը: Մեխանիկան օպտատիոնների ցանցին կլոր սալերի համար ստացված են հաճախությունները, օպտատիոն ձևերը և դեկրեմենտները: Տարեբանում են դինամիկական բնութագրերի, տեսական և փորձարարական տրեքերները:

Приводятся методика и анализ результатов экспериментальных исследований динамических характеристик круглых плит, опертых на четырех точечных опорах. Для первых трех тонов собственных колебаний получены частоты, формы и декременты колебаний. Дается сравнение теоретических и экспериментальных значений динамических характеристик плит.

Ил. 3. Табл. 2. Библиогр. 4 назв.

Experimental technique and results of dynamic characteristics analysis for round plates resting on four pointed supports are presented. Vibration frequencies, trusses and decrements are obtained for the first three tones of natural vibrations. A comparison of theoretical and experimental values for dynamic plate characteristics is given.

Ил. 3. Tables 2. Ref. 4.

Колебания круглых плит с различными краевыми условиями рассмотрены в работах [1-3]. В [3] исследованы колебания круглой плиты со свободным краем, опертой на четырех опорах при заданном вертикальном движении этих опор.

Целью настоящей работы является проверка достоверности полученных результатов этих решений и уточнение отдельных вопросов, не подлежащих теоретической интерпретации.

Исследования проводились на моделях круглых плит диаметром 1200 мм, изготовленных из стальных листов толщиной 8 мм. Всего было испытано 6 типоразмеров плит с шарнирными и защемленными опорами (рис.1), отличающихся друг от друга координатами расположения точечных опор и наличием различных форм отверстий. Типы плит обозначены буквой "П" и цифровыми номерами. Так, сплошные плиты с координатами расположения опор, равными 580, 450 и 300 мм, обозначены П-1, П-2 и П-3; плиты с квадратным, прямоугольным и круглым отверстиями - П-4, П-5 и П-6 соответственно. В дальнейшем к этим обозначениям добавляются индексы "ш" при шарнирных опорах и "з" при защемленных опорах. Шарнирное описание моделей плит осуществлялось с помощью полушаровых опорных частей, установленных на оголовках опорных стоек, а жесткое защемление - с помощью толстых шайб, установленных также на стойках снизу и сверху плит с последующим натяжением болтов (рис.2).

Для испытания модели плит была спроектирована и изготовлена специальная экспериментальная установка (рис.2).

состоящая из испытательного стола, приспособлений для передачи статических и динамических нагрузок на плиту, электромагнитного вибратора с пультом управления, измерительных приборов и записывающей аппаратуры. Все плиты были испытаны под воздействием статических и динамических нагрузок

Статические испытания проводились для определения жесткостных характеристик плит. При этом статическая нагрузка $F = 250 \text{ Н}$ прикладывалась в центре испытуемых плит через трос-платформу (рис 2).

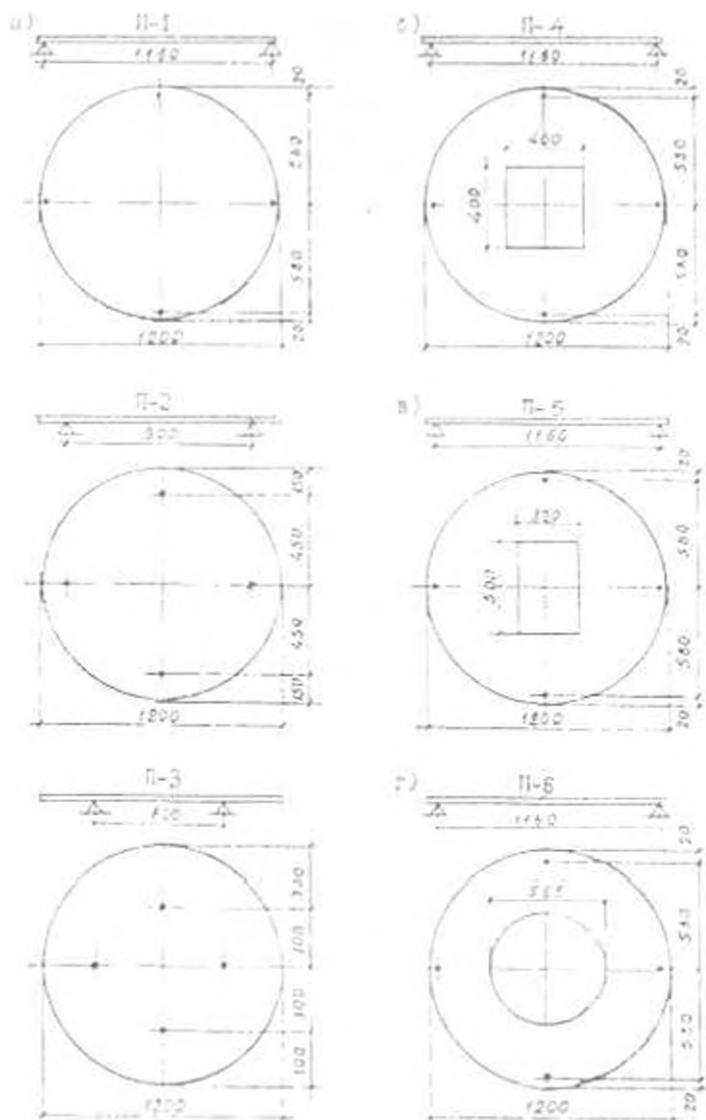


Рис.1. Модели плит

Динамические испытания включали свободные и вынужденные колебания. Свободные колебания плит также возбуждались с помощью трос-платформы оттягиванием плиты с последующим внезапным обрезанием нити платформы. При свободных колебаниях определялись динамические характеристики первой формы собственных колебаний плит. Вынужденные колебания в моделях плит возбуждались электромагнитным вибратором, установленным в центре плиты. При вынужденных колебаниях плавным изменением частоты тока питания вибратора моделей плит сообщался требуемый режим колебания, включая резонансный.

При статических испытаниях прогибы плит измерялись индикатором часового типа, установленным в центре испытательного стола.

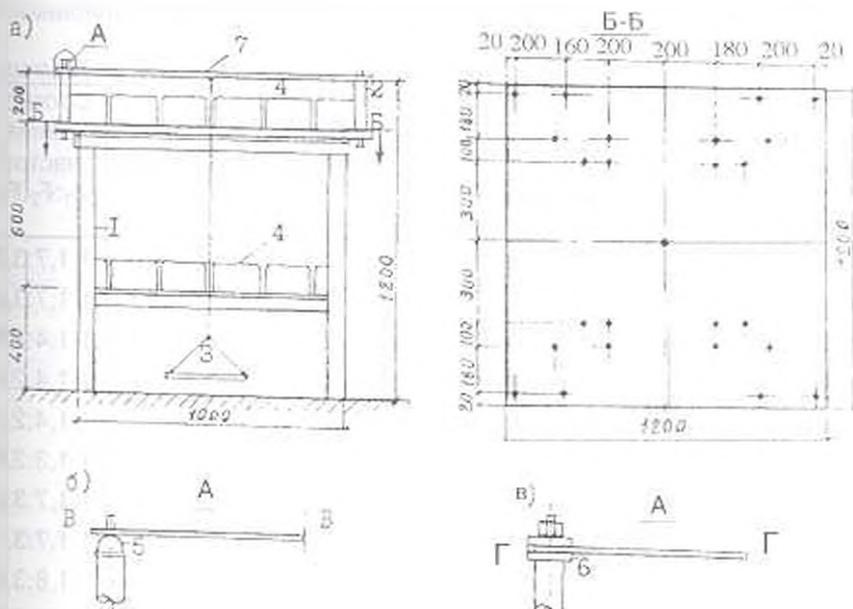


Рис.2 Установка для испытаний плит 1 - испытательный стол; 2 - опорная стойка; 3 - платформа; 4 - чугунные чушки; 5 - полушаровая опора; 6 - шайба; 7 - модель испытуемой плиты

Вертикальные перемещения плит при свободных и вынужденных колебаниях измерялись портативными вибродатчиками марки СВ-10ц, установленными в точках плит (рис. 3). Регистрация колебаний плит при динамических испытаниях проводилась многоканальной дистанционной аппаратурой с записью на фотобумагу осциллографа марки НО-441. Значения частот и ординат форм собственных колебаний плит были определены обработкой осциллограмм перемещений точек испытуемых плит. Декременты колебаний плит определялись по записям затухающих колебаний и резонансным кривым.

Приведены экспериментальные значения прогибов и частот колебаний плит (табл.1). Как видно, заземление опор плит привело

к увеличению их жесткости (уменьшению прогибов) в среднем на 20%. В соответствии с увеличением жесткости плит увеличиваются частоты их колебаний. При этом значения частот первых форм собственных колебаний плит, полученные при свободных и вынужденных резонансных колебаниях, хорошо сходятся, что свидетельствует о достоверности полученных результатов.

Из приведенных в табл. 1 данных видно также, что наличие отверстия в плитах привело к увеличению их прогибов в среднем на 50%. При этом значения частот собственных колебаний плит изменялись незначительно. Это объясняется тем, что наличие отверстия в плите приводит к уменьшению как жесткости плиты, так и ее массы.

В последнем столбце табл. 1 приведены соотношения экспериментальных значений частот собственных колебаний плит, которые могут быть использованы при расчете круглых плит на сейсмическое воздействие с учетом первых трех форм колебаний.

Таблица 1

Модели плит	Прогиб, мм	Частота свободного колебания, Гц	Частоты по формам колебаний, Гц			Соотношение частот $F_1:F_2:F_3$
			I форма	II форма	III форма	
П-1ш	0,40	27,0	27,5	48,0	87,5	1:1,7:3,2
П-1з	0,32	31,2	30,0	51,5	90,0	1:1,7:3,0
П-2ш	0,18	55,5	54,0	75,0	151,0	1:1,4:2,8
П-2з	0,15	61,0	58,4	78,8	154,0	1:1,4:2,6
П-3ш	0,10	49,5	45,0	63,0	121,0	1:1,4:2,7
П-3з	0,08	54,0	51,0	68,3	127,0	1:1,3:2,5
П-4ш	0,58	27,3	27,0	46,5	86,5	1:1,7:3,2
П-4з	0,46	31,0	30,0	50,5	90,0	1:1,7:3,0
П-5ш	0,62	30,2	28,5	51,0	91,0	1:1,8:3,2
П-5з	0,50	32,5	31,5	54,0	92,5	1:1,7:2,9
П-6ш	0,65	30,5	28,0	50,0	89,0	1:1,8:3,2
П-6з	0,53	34,0	31,0	53,0	93,5	1:1,7:3,0

С целью проверки результатов теоретических решений, по данным [3], для испытуемых сплошных плит П-1ш, П-2ш, П-3ш с шарнирными точечными опорами были определены значения частот для первого тона. Сравнение этих частот с соответствующими им экспериментальными значениями (табл.2) показывает, что они отличаются друг от друга в среднем всего на 3,5%. Это подтверждает достоверность решения задачи колебания таточно опертых круглых плит [3].

Для построения форм колебаний плит измерялись вертикальные их перемещения в 65 точках (рис.3). По полученным осциллограммам перемещений этих точек были определены их

относительные вертикальные перемещения и построены первые три формы собственных колебаний плит.

Таблица 2

Модели плит	Значения частот основного тона колебаний, $\Gamma_{ц}$	
	теоретические	экспериментальные
П - 1ш	27,1	27,5
П - 2ш	57,6	54,0
П - 3ш	44,6	45,5

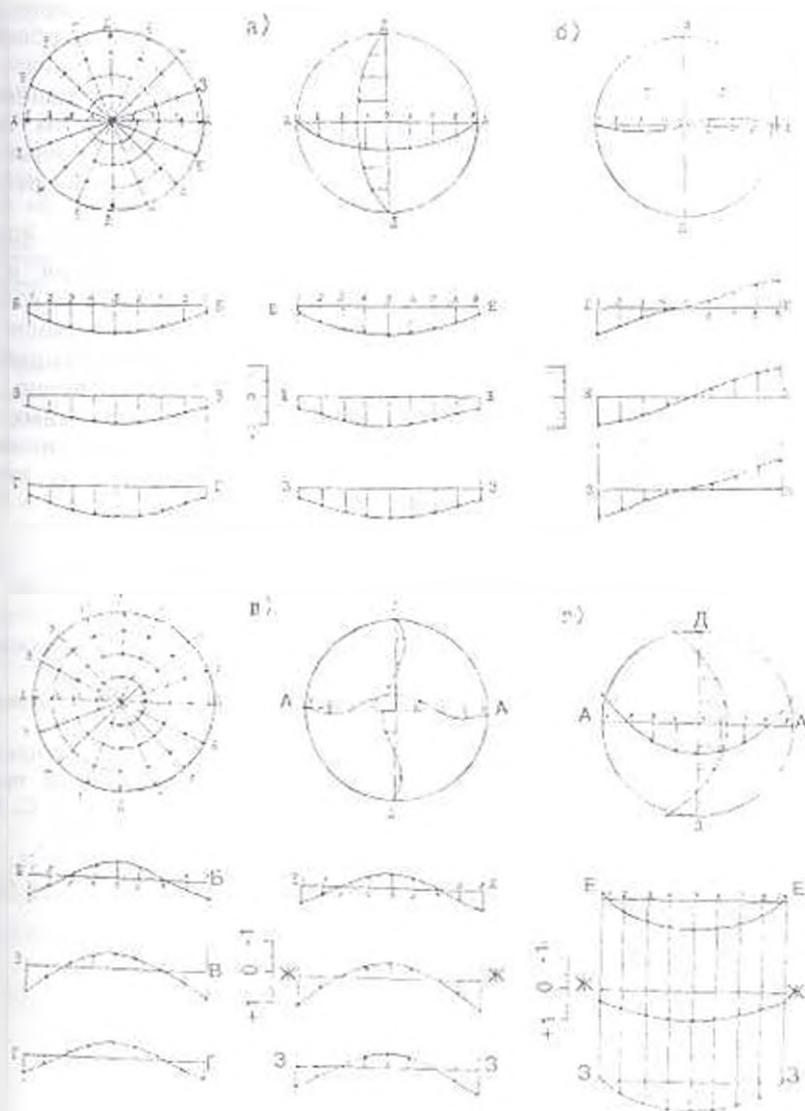


Рис. 3 Формы колебаний сплошных плит а, б, в - I II III формы колебаний плиты П-1; г - I форма колебаний плиты П-2

В качестве примера представлены первые три формы колебания плиты П-1ш и первая форма колебания плиты П-2ш (рис.3). Как видно, упругие линии относительных прогибов по диаметрам А-А и Д-Д, проходящие через точечные опоры плит, соответствуют I, II и III формам колебаний круглой плиты, закрепленной по внешнему контуру [4]. Формы колебаний по диаметрам, проходящим через свободные края плиты Б-Б, В-В и Г-Г, также выражают первые три формы колебаний, но с большими радиусами кривизны упругих линий прогибов, что вызвано перемещениями свободных краев плит. При рассмотрении форм колебаний плит в целом (рис. 3) можно заметить, что I форма колебания имеет вид полукруглого купола, опертого на четырех точках, а II и III формы колебания - более сложную форму оболочки с положительными и отрицательными кривизнами.

Декременты колебаний плит были определены по осциллограммам затухающих колебаний и резонансным кривым, построенным для первых трех форм колебаний. Полученные этими двумя способами значения декрементов колебаний оказались достаточно близкими.

Результаты испытаний плит показали, что значения декрементов колебаний зависят от условия опирания и форм колебания плит. Так, например, для первых трех форм колебаний значения декрементов затухания при шарнирном опирании плиты П-1ш получились равными 0,072, 0,047 и 0,038, а при защемленных опорах плиты П-1з - 0,065, 0,043 и 0,036 соответственно. Эти и аналогичные результаты, полученные для остальных плит, показывают, что с увеличением степени жесткости опор и повышением порядка форм колебания плит декременты затухания уменьшаются.

ЛИТЕРАТУРА

1. Гонткевич В.С. Собственные колебания пластинок и оболочек. - Киев: Наукова думка, 1964 - 288 с.
2. Корнев Б.Г. Некоторые задачи теории упругости и теплопроводности, решаемые в бесселевых функциях. - М. Наука, 1960. - 458 с.
3. Амбарцумян В.А., Абовян А.Г. Колебания круглой плиты при кинематическом возбуждении точечных опор // Инженерные проблемы строительной механики Межвуз. сб. научн. тр. / ЕрПИ. - 1990. - С. 80-84.
4. Бабаков И.М. Теория колебаний. - М. Наука, 1968 - 559 с.