

ИНЖЕНЕРНАЯ СЕЙСМОЛОГИЯ

Ж. В. ЗАХАРЯН

СПОСОБ МОДЕЛИРОВАНИЯ ГРАВИТАЦИОННЫХ СИЛ
 ПРИ ДИНАМИЧЕСКОМ ПОДОБИИ

Приводится методика компенсации напряжений от собственного веса в модели крупнопанельного дома. Рассматривается влияние поэтажной вертикальной пригрузки на характеристики модели. Согласно теории механического подобия [1] объемные силы модели и натуре в общем случае расширенного подобия должны быть связаны равенством

$$K' = \frac{\beta^3}{\alpha} K, \quad (1)$$

где K' и K — объемные силы соответственно в модели и оригинале;
 α — масштаб линейных размеров;
 β — множитель подобия напряжений.

Требование (1) справедливо как при статическом, так и при динамическом приложении сил. Так как модель и натура находятся в естественном гравитационном поле, очевидно, условие подобия ускорений, имеющее вид

$$\omega' = \frac{\alpha \gamma}{\gamma^2} \omega \quad (2)$$

(γ и γ_2 — множители подобия времен и деформаций) не будет выполняться для ускорений силы тяжести. Вследствие этого условие (2) для силы тяжести не будет соблюдаться, а напряжения от собственного веса в модели окажутся недостаточными в $\frac{\beta^2}{\alpha \gamma_2}$ раз (β — множитель подобия плотностей).

Во избежание указанного явления можно исходить из условия равенства ускорений для модели и оригинала и соответственно составить остальные условия подобия.

С такой же целью применяется метод центробежного моделирования [2], при котором модели сообщается ускорение, имитирующее ускорение силы тяжести. Возможно применение приближенного метода замены объемных сил, в частности силы тяжести, поверхностными [1, 3]. При этом масса модели не должна меняться, так как в

* Здесь и далее величина, помеченная штрихом, относится к модели.

противном случае условие (1) для сил инерции не будет удовлетворено.

При исследовании сейсмостойкости крупнопанельного дома с помощью пространственной модели для моделирования гравитационных сил оказалось целесообразным применение последнего принципа, то есть безинерционного нагружения модели. Напряжения в стенах модели от недостающего собственного веса в данном случае создаются вертикальной пригрузкой в уровнях перекрытий. Выбор большого числа пригрузочных горизонтов несколько повысил бы точность распределения напряжений по высоте модели, однако, при этом немало усложнилась бы техника осуществления пригрузки. Пригрузка передается на стены через перекрытия, причем сами перекрытия нагружаются непосредственно у стен. Для исключения влияния пригрузки на массу модели нагружение производится следующим образом: по контуру перекрытия в пределах каждой комнаты укладываются деревянные планки, на которые соответствующим образом опираются металлические стержни; стальной проволокой к стержням подвешиваются грузы (рис. 1). Вес отдельных грузов должен подбираться с таким расчетом, чтобы период получаемых маятников немало отличался от периода модели.

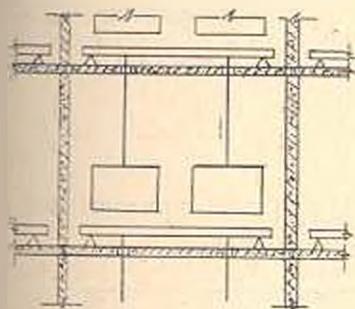


Рис. 1.

От пригрузки в перекрытиях модели возникают срезающие напряжения, которыми, как показали подсчеты, можно пренебречь без большого ущерба точности.

В пределах ожидаемых перемещений модели система пригрузки практически не должна стеснять их, то есть влиять на жесткость модели.

Система пригрузок по описанному принципу применена при испытаниях модели отсека крупнопанельного дома (серии А 1-164 С), имеющей три пролета в продольном направлении и три этажа с подпольем по высоте (рис. 2). Опыты проводились на сейсмоплатформе, оснащенной приспособлениями для статических испытаний.

Модель была осуществлена в масштабе 1:5 по условиям простого подобия [1], согласно которым напряжения в модели и оригинале должны быть равными. Вследствие указанных причин для напряжений от собственного веса фактически $\alpha' = \alpha$, то есть напряжения в модели должны быть увеличены в $1/\alpha$ раза. При $\alpha = 1/5$ и собственном весе конструкций одного этажа $Q_{г.н.} = 450$ кг величина пригрузки на один этаж должна составить 1800 кг.

Для пригрузки применены чугунные отливки весом 23 кг. Период маятников при этом равен 1 сек., тогда как период собственных колебаний модели составляет 0,043 сек. В пределах каждого этажа удалось разместить 66 грузов по схеме, приведенной на рис. 3. Таким

образом, собственный вес модели был компенсирован на 85%, что достаточно для данных опытов. Для проверки правильности принятой методики модель была испытана на свободные колебания до пригрузки и после. В обоих случаях свободные колебания возбуждались пу-

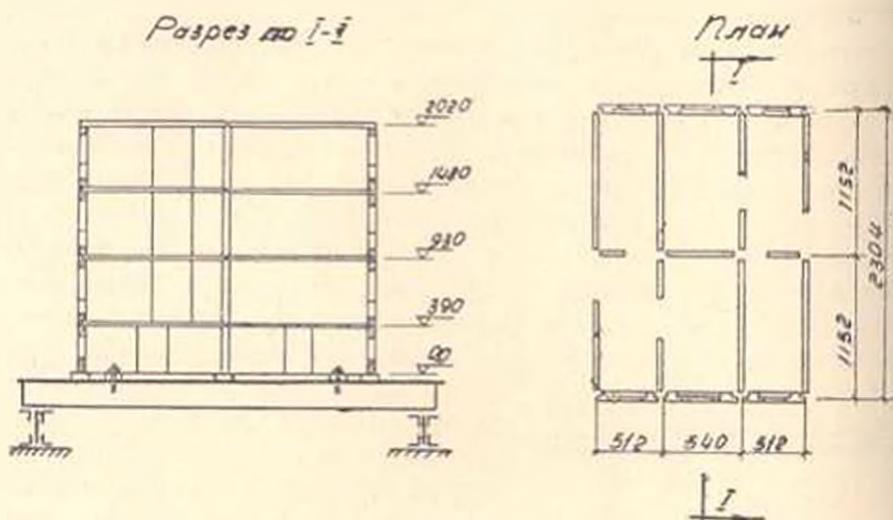


Рис. 2.

тем мгновенного удаления горизонтальной нагрузки, приложенной на уровне верхнего перекрытия или ударами о модель.

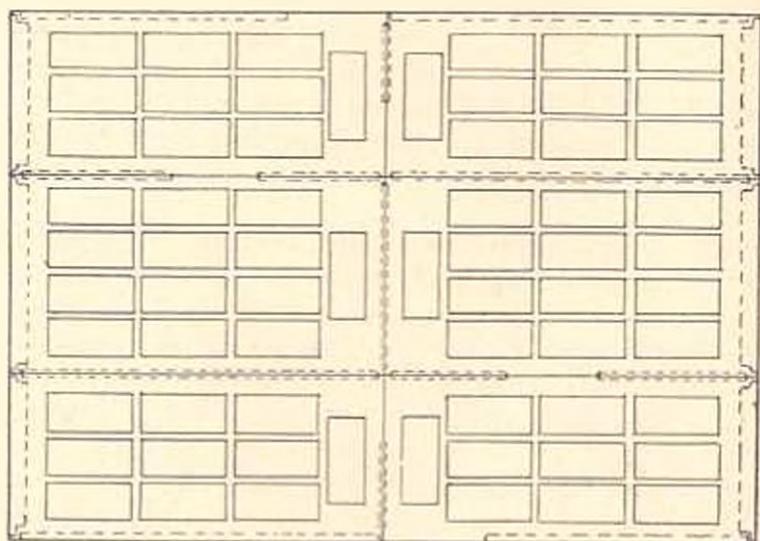


Рис. 3.

Во время этих испытаний платформа находилась в неподвижном состоянии. Для записи колебания были использованы сейсмоприемники СПМ-16 и осциллограф И-700).

Проведенные испытания показали, что грузы-маятники при колебаниях модели оставались неподвижными. Частота свободных коле-

Таблица 1

		Горизонтальная нагрузка в кг													Макс. смещение в микронах	
		100	200	300	200	100	0	-100	-200	-300	-200	-100	0			
Смещения в микронах и уровнях перекрестий	III этаж	без пригрузки	I цикл	50	120	180	160	100	5	-60	-150	-225	-200	-135	-20	200
		II цикл	60	110	215	190	130	50	-45	-115	-180	-160	-95	-5		
	с пригрузкой	I цикл	20	60	105	100	80	45	+5	-40	-75	-65	-40	-5	110	
		II цикл	40	70	110	105	85	45	+10	-30	-75	-60	-40	0		
		III цикл	40	80	120	105	85	50	+10	-35	-75	-60	-20	+5		
	II этаж	без пригрузки	I цикл	25	81	123	116	88	26	-22	-82	-137	-129	-91	-33	140
II цикл		51	109	159	151	108	52	-10	-61	-109	-101	-61	-1			
с пригрузкой	I цикл	10	33	60	60	50	29	+2	-43	-63	-62	-45	-18	75		
	II цикл	22	48	75	75	61	37	+14	-11	-43	-43	-31	-3			
	III цикл	24	49	77	77	66	43	+16	-15	-39	-39	-24	+1			
I этаж	без пригрузки	I цикл	13	43	71	69	52	14	-13	-57	-93	-92	-76	-39	90	
	II цикл	31	70	105	101	84	50	+12	-25	-58	-56	-39	-1			
с пригрузкой	I цикл	1	15	30	30	28	18	0	-33	-39	-39	-37	-22	50		
	II цикл	14	29	49	49	47	33	+15	-2	-21	-21	-19	-4			
	III цикл	16	31	51	49	47	35	+16	-4	-21	-21	-19	-3			

баний модели в результате пригрузки увеличилась с 21 гц до 23.8 гц, причем, увеличение частоты связано с характером работы конструкции. Для выявления влияния пригрузки на другие характеристики модели (прогибы, поглощение энергии и т. д.) последняя была испытана на горизонтальную статическую циклическую нагрузку, приложенную в уровне верхнего перекрытия. Перемещения модели измерялись в уровнях перекрытий по направлению всех поперечных стен мессурами с точностью 0.001 мм. Результаты статических испытаний сведены в табл. 1, приведены средние показания приборов на одном уровне. Как видно из табл. 1, в результате пригрузки перемещения модели при одинаковых горизонтальных усилиях уменьшились почти в два раза. Это следствие того, что до пригрузки стеновые панели из-за незначительного веса опирались на перекрытия не по всей площади и деформирование происходило в основном за счет податливости узлов в уровнях перекрытий. Вертикальная пригрузка значительно увеличила площадь контактов, что больше соответствует действительной работе конструкции. Этим же объясняется увеличение частоты собственных колебаний модели.

По данным табл. 1 построены петли гистерезиса и подсчитаны значения коэффициента поглощения энергии ψ . Влияние пригрузки в данном случае сказалось значительным увеличением поглощения энергии. Так, для модели без пригрузки ψ имело значение 0,5, а после пригрузки—1. Это же соотношение значений логарифмического декремента затухания сохраняется для модели с пригрузкой и без нее. Как видно из приведенных данных, напряжения от собственного веса имеют существенное влияние на характеристики системы.

При статических опытах пригрузка модели может быть осуществлена несколько проще, однако, и в этом случае нагрузку необходимо передавать на перекрытия непосредственно у стен, так как в противном случае для обеспечения работы перекрытий на изгиб необходимо исказить геометрическое подобие.

Армянский НИИ строительных и сооружений

Поступило 5.V.1965.

Ճ. Վ. ԶԱԽԱՐՅԱՆ

ԿՐԱՄԵԿԱԿԱՆ ՆՐԱՆՈՒԹՅԱՆ ԿԵՊԲՈՒՂ ԳՐԱԿԻՏԱՑԻՈՆ ՈՒԹԻ
ՄԸՄԵԼԱՅՄԱՆ ՆՂԱՆԱԿ

Ա Մ Մ Ո Ւ Փ Ո Ւ Մ

Հողվածում բերված է խոշորադանել տան մոդելում սեփական բաշից առաջացող լարվածության վերականգնման մի եղանակի, Համաձայն ընդլայնված նմանության տեսության [1] ծավալային ուժերը մոդելում և իրական նմուշում կապված են (1) հավասարումով: Այնքանով որ մոդելը և օբյեկտնայր փորձարկման ժամանակ գտնվում են բնական դրավիտացիոն դաշտում, ծանրության ուժի արագացման պայմանը նրանց համար չի կարող բավարարվել (2) հա-

վասարմամբ: Մոդելում սեփական քաշից լարվածությունը առաջարկվում է կերպականցնել մոտավոր եղանակով՝ այն է ծավալային ուժերը փոխարինելով մակերևութայինով [1, 3]: Սույն եղանակը իրականացվում է մոդելի յուրաքանչյուր հարկում նոճանակների միջոցով վերջինիս պատերի վրա բևեռվածքի տեղեկմամբ՝ սայմանով, որ մոդելի մասսան մեծ անփոփոխ:

Մոդելի վրա կատարած դինամիկական և ստատիկական փորձերը ազատ ընկնել են առաջարկված եղանակի անփնդրությունը, իսկ ստացված արդյունքները ցույց են տվել, որ մոդելացման ժամանակ սեփական քաշից առաջացող լարվածության վերականգնումը մեծ դեր ունի կոնստրուկցիայի մեխանիկական հատկությունների վրա:

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. А. Г. Назаров. О механическом подобии твердых тел и его применении к исследованию строительных конструкций и сейсмостойкости сооружений. Изв. АН АрмССР, т. X, № 5, № 6, 1957, т. XI, № 4, № 6, 1958, т. XIV, № 1, 1961.
2. Г. И. Покровский. Центробежное моделирование для решения инженерных задач. Госстройиздат, 1953.
3. Т. Г. Сагдиев. Применение метода экспериментального исследования сейсмостойкости сооружений на моделях. (Диссертация), 1962.