

ИНЖЕНЕРНАЯ СЕЙСМОЛОГИЯ

О. В. ПЕШТМАЛДЖЯН

СЕЙСМИЧЕСКАЯ ПЛАТФОРМА РЕАКТИВНОГО ДЕЙСТВИЯ

При возведении сооружений в сейсмических районах необходимо знать их поведение при землетрясениях.

Изучение сейсмостойкости сооружений ведется в основном методом полевых обследований воздействий землетрясений на сооружения, аналитическим методом и, наконец, экспериментальным исследованием моделей.

За последние годы во многих случаях предпочтение дается экспериментальному исследованию моделей, так как в этом случае нет надобности дожидаться сильных землетрясений, и кроме того, полученные результаты, при тщательном соблюдении условий подобия, точнее данных аналитического исследования.

Из существующих способов исследования динамического поведения пространственных моделей, по-видимому, наиболее рациональным является испытание их на сейсмической платформе.

Точность опыта зависит от соблюдения правил теории моделирования, основанной на принципе подобия [1], а также от конструкции и принципа действия самой платформы.

Следует отметить, что сейсмические платформы и, в частности, принудительного возвратно-поступательного движения и программного управления имеют ряд недостатков.

Основным из них является возникновение при эксплуатации высокочастотных паразитных колебаний. Паразитные колебания обуславливаются рядом факторов и в том числе люфтами в сочленениях и упругостью отдельных звеньев механизма. У платформы программного управления они вызываются не только механической частью, но и электрической. Помехи иногда бывают настолько сильны, что ускорения, ими вызываемые, превосходят запрограммированные ускорения [4].

Увеличение паразитных колебаний с возрастанием частоты колебания платформы сильно искажает картину явления. При моделировании на основе простого подобия платформа должна осуществлять колебания с частотой во столько раз большей частоты колебания почвы, во сколько раз геометрические размеры модели меньше размеров оригинала [2].

Для устранения возможности паразитных колебаний конструкция сейсмической платформы должна быть максимально простой без каких-либо подвижных сочленений. С этой точки зрения представляет интерес сейсмическая платформа, осуществленная в Италии [5]. Платформа представляет собою подвесную систему, которая воспроизводит гармонические колебания: вертикальные, горизонтальные или вращательные.

Эксплуатационные характеристики этой платформы в литературе не приводятся.

В Армянском НИИ стройматериалов и сооружений А. Г. Назаровым предложена идея конструкции сейсмической платформы, представляющей собой мощную, горизонтально расположенную плиту, которая опирается на систему металлических стоек, жестко с ней закрепленных по верху, а по низу заделанных в фундамент.

Основным источником, приводящим платформу в колебание, является импульс. Для обеспечения импульса предполагается использовать орудие или, в общем случае, реактивную технику, прикрепленную непосредственно к платформе [3].

В результате осуществления импульса платформа приходит в колебательное состояние по затухающей синусоиде из-за факторов рассеяния энергии.

Платформа колеблется только за счет упругости стоек.

Все три параметра полученного закона колебания легко регулируются: максимальная амплитуда колебаний изменяется силой удара, частота колебаний платформы регулируется жесткостью упругих стоек и, наконец, затухание синусоидального движения путем включения демпфирующего устройства.

Автором были разработаны проектные задания для трех платформ реактивного типа грузоподъемностью 5, 20 и 40 тонн.

При расчете стоек в первом приближении принимали плиту платформы и испытуемый образец за систему с одной степенью свободы.

Частота свободных колебаний платформы определялась по формуле Гейгера:

$$\nu = \frac{5}{\sqrt{f_{см}}}, \quad (1)$$

где ν — частота собственных колебаний платформы в герцах,
 $f_{см}$ — статическая деформация стоек в см.

Статическая деформация стоек, жестко закрепленных с обоих концов, вычислялась по формуле:

$$f_{см} = \frac{Ql^3}{12nEI}, \quad (2)$$

где Q — вес платформы с испытуемым образцом;

l — высота стоек;

n — количество стоек;

E — модуль упругости и

I — момент инерции сечения стоек.

В силу (1) и (2) получим:

$$\gamma^2 = \frac{300nEI}{Ql^3} \quad (3)$$

Напряжение в стойках вычислялось по формуле:

$$\sigma = \frac{\beta Ql}{2nW} \leq [\sigma], \quad (4)$$

где $[\sigma]$ — допускаемое напряжение для материала стоек;

W — момент сопротивления сечения стоек;

β — коэффициент увеличения нагрузки.

Предварительно определялся требуемый момент сопротивления сечения стоек, а затем вычислялась собственная частота колебаний платформы. Были рассмотрены сплошные, сквозные, составные стойки с различными площадями поперечных сечений. Наиболее экономичным и удобным в отношении монтажа оказался широкополочный двутавровый профиль (ГОСТ 6183—52).

В зависимости от количества подключенных стоек собственная частота колебания платформы меняется ступенями от 6 до 55 герц.

Это достигается тем, что стойки в месте сопряжения с плитой платформы снабжены специальным приспособлением, чтобы можно было их наглухо присоединять к платформе с последующим отсоеди-

Таблица 1

Грузоподъемность платформы в тоннах	Вес платформы с моделью в м.	Количество стоек и тип колонн	Частота собств. колебания платформы в герцах	Круговая частота платформы (1/сек)	Максим. ускорение платформы (в g)	Скорость движения платформы в (м/сек)	Амплитуда колеб. платформы (см)	Импульс, сообщаемый платформе (кг сек)	Примечание
40	250	16—40T ₁₃ 36—40Г ₁₂	6,4	40,3	2	0,486	1,20	12407	Стойки 40T ₁₃ имеют высоту 4,3 м; 40T ₁₂ —2,0 м
			12,5	78,5	4,5	0,562	0,72	14331	
			20,8	130,6	4,5	0,338	0,26	8614	
			28,0	175,8	4,5	0,251	0,14	6399	
			41,2	258,7	4,5	0,170	0,07	4348	
			55,5	348,5	4,5	0,127	0,04	3228	
20	120	16—40T ₆ 20—40T ₁₂	6,8	42,7	2	0,459	1,07	5621	Стойки 40T ₆ имеют высоту 4,0 м; 40T ₁₂ —2,0 м.
			12,5	78,5	4,5	0,562	0,72	6879	
			21,3	133,8	4,5	0,329	0,25	4036	
			30,2	189,8	4,5	0,234	0,12	2845	
			42	264,7	4,5	0,167	0,06	2040	
			59	371,5	4,5	0,118	0,03	1453	
5	30	8—40T ₁ 8—40T ₇	6,4	40,3	2	0,486	1,20	1400	Стойки 40T ₁ имеют высоту 4,3 м. 40T ₇ —2,0 м
			11,5	72,4	4,5	0,608	0,84	1865	
			20,6	129	4,5	0,342	0,27	1046	
			29,0	184	4,5	0,239	0,13	733	
			37,8	206	4,5	0,214	0,104	655	
			53,5	334	4,5	0,132	0,04	403	

нением в случае надобности. Конструкция сборно-разборного узла сопряжения плиты со стойкой является наиболее ответственной частью конструкции платформы и должна быть тщательно продумана.

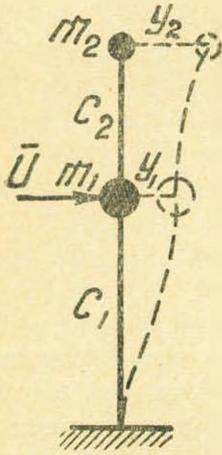


Рис. 1.

Существенным является вопрос о взаимодействии между платформой и испытуемой моделью. Ясно, что такого рода взаимодействия будут уменьшаться с увеличением веса платформы в сравнении с весом испытуемого образца. Для анализа взаимодействия, во втором приближении, платформа с испытуемым образцом была рассмотрена как система с двумя степенями свободы.

Основные характеристики платформ приведены в табл. 1.

В рассматриваемом случае были использованы следующие дифференциальные уравнения:

$$-m_2 \frac{d^2 y_2}{dt^2} - c_2 (y_2 - y_1) = 0,$$

$$-m_2 \frac{d^2 y_2}{dt^2} - m_1 \frac{d^2 y_1}{dt^2} - c_1 y_1 = 0, \quad (5)$$

при $p_2^2 = \frac{c_2}{m_2}$, $p_1^2 = \frac{c_1}{m_1}$, $\lambda = \frac{m_2}{m_1}$, $y_1 = A_1 \sin \omega t$ и $y_2 = A_2 \sin \omega t$; где

m_1 — масса платформы, m_2 — масса модели, p_1 — круговая частота платформы, p_2 — круговая частота модели, c_1 и c_2 — коэффициенты жесткостей.

На основании (5) имеем:

$$\omega^2 = \frac{1}{2} [p_1^2 + (1 + \lambda) p_2^2] \pm \sqrt{\frac{1}{4} [p_1^2 + (1 + \lambda) p_2^2]^2 - p_1^2 p_2^2}. \quad (6)$$

Отсюда следует, что система имеет две действительные и отличные от нуля частоты колебания.

При сообщении платформе импульса U смещения масс платформы и образца соответственно будут:

$$y_1 = \frac{U}{(k_2 - k_1) m_1} \left[\frac{k_2 \sin \omega_1 t}{\omega_1} - \frac{k_1 \sin \omega_2 t}{\omega_2} \right],$$

$$y_2 = -\frac{U}{(k_2 - k_1) m_1} \left[\frac{k_1 k_2 \sin \omega_1 t}{\omega_1} - \frac{k_1 k_2 \sin \omega_2 t}{\omega_2} \right]. \quad (7)$$

Коэффициенты k_1 и k_2 имеют следующие значения

$$k_1 = -\frac{\omega_1^2 - p_1^2}{\lambda \omega_1^2}, \quad k_2 = -\frac{\omega_2^2 - p_1^2}{\lambda \omega_2^2}. \quad (8)$$

Вычисления показали, что вес образца должен быть не более 20% от веса платформы, полученный результат требует уточнения специально поставленными экспериментами на сейсмической платформе.

Сообщение импульса платформе может осуществляться, например, специально подвешенной бабой. Но при этом способе следует учесть, что ввиду большой массы платформы, масса груза должна быть очень велика. Не исключено также расщепление удара на ряд соударений бабы о платформу, вызванное высокой частотой колебаний платформы, что существенно может исказить картину.

Поэтому целесообразно осуществлять необходимый импульс путем „выстреливания“ с платформы определенной массы с большой начальной скоростью или сжиганием пороха в камере с соплом с последующим мгновенным срезанием мембраны. Для этого к платформе предполагается крепить стволы орудий соответствующего калибра. Получение требуемого импульса в зависимости от частоты свободных колебаний платформы достигается подбором весов заряда и снаряда.

Проектным заданием предусмотрено к платформе крепить два ствола для сообщения ей колебания в двух взаимно перпендикулярных направлениях в горизонтальной плоскости.

В принципе возможно подключение дополнительной упругости в вертикальном направлении и сообщения платформе импульса в этом же направлении. В рассматриваемом случае возможно получить все три компонента колебаний почвы. Путем осуществления в плане нецентрального удара, платформе можно сообщить и вращательные колебания. Кроме того, платформу предусматривается снабдить вибрационной машиной для получения гармонических колебаний, а также приспособлением для сообщения ей колебаний по закону косинуса.

2. Վ. ՓԵՇՏՐԱԿՅԱՆ

ԻՆՆԱՏԻՎ ԿՈՐԾՈՒՆԵՈՒԹՅԱՆ ՍԵՅՍՄԻԿ ԶԱՐԹՈՎ

Ա մ փ ո փ ո ս մ

Սեյսմիկ ուժերի տակ աշխատող կառուցվածքների մոդելների փորձարկման համար հոգվածում առաջարկվում է սեակտիվ գործողության սեյսմիկ հարթակ:

Հարթակը շարժման մեջ է դրվում նրան հաղորդելով որոշ մեծության իմպուլս: Իմպուլսը ապահովվում է հարթակից մեծ արագության որոշակի մասսայի արտամղմամբ, որը իրականացնելու համար հարթակում տեղավորվում է հրետանային հատուկ հարմարանք:

Հարթակի կոնստրուկցիայի պարզությունը ապահովվում է փորձարկման համար վնասակար տատանումների բացակայությունը:

Հոգվածում բերված են հաշվարկման սխեմա և 40, 20 ու 5 տոննա թեոնավորվածության սեյսմիկ հարթակների ընորոշ մեծությունները:

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. *Назаров А. Г.* О механическом подобии твердых тел и его применении к исследованию строительных конструкций и сейсмостойкости сооружений. Известия АН Армянской ССР, С. Т. Н., т. X, № 5, 1957; т. X, № 6, 1957; т. XI, № 4, 1958; т. X, № 6, 1958.
2. *Назаров А. Г.* Об одной возможности исследования вопросов сейсмостойкости сооружений на моделях (Докл. АН Армянской ССР, т. XXII, № 2, 1956).
3. *Назаров А. Г.* Некоторые вопросы теории сейсмостойкости сооружений. Вопросы сейсмостойкого строительства, Ереван, 1949.
4. *Портнов М. А.* Сейсмическая платформа программного управления. Труды координационного совещания по сейсмостойкому строительству, Ереван, 1956.
5. *G. Oberti.* On Experience and Practice in Italy (Proceedings of the world conference on earthquake engineering, Berkeley, California, 1956).