УДК 69.04

ОБ ОДНОМ ПОДХОДЕ К ОПРЕДЕЛЕНИЮ СЕЙСМОСТОЙКОСТИ ПРИ ПАСПОРТИЗАЦИИ ЗДАНИЙ

Кукунаев В.С., *д.т.н.,с.н.с.,* **Лобанов О.Л.,** *инж.*

ГП «Институт «КрымНИИпроект»
г.Симферополь, Украина

Сейсмостойкими зданиями или сооружениями принято [1] называть такие, которые удовлетворяют предъявляемым к ним требованиям нормативных документов, действующих на данный момент времени. Таким образом, в течении срока службы в силу различных причин сейсмостойкость как характеристика сопротивляемости сооружения сейсмическим воздействиям изменяется. Для оценки безопасности проживания и эксплуатации таких зданий и сооружений требуется знать такую характеристику в любой момент времени их эксплуатации.

Среди имеющихся в нормативных документах общих требований таких как, например, здание или сооружение не должно быть очень высоким или слишком длинным, а также симметричным, [2,3] имеются и такие, которые выражаются количественными показателями. Например, высота здания ограничивается в зависимости от расчетной сейсмичности площадки строительства, грунтов и вида конструктивной системы. При этом, высота здания определяется количеством надземных этажей с конкретным разделением понятий о подвальном и цокольном этажах, а также техническом этаже, предназначенном, например, для размещения машинного отделения лифтов или других технических помещений.

Кроме этого имеются требования, которые к задаче обеспечения сейсмостойкости имеют косвенное отношение, например, требование об обеспечении освещенности дневным светом лестничных клеток, а также организации выхода из них на обе стороны жилого дома.

Основное содержание. Таким образом, рассматривая понятие сейсмостойкости в более узком смысле этого слова, из общего количества требований выделим группу требований, предъявляемых к несущим конструкциям, которые должны отвечать за общую устойчивость здания и иметь количественные ограничения, соблюдение которых обязательно.

Каждое из таких требований можно выразить следующим образом:

$$k_i = 1 + \xi_i,\ \xi_i = p_i / \overline{p}_i, \qquad (1)$$

где: i - порядковый номер параметра; p_i - фактическое значение параметра, например, количества надземных этажей, длины здания, выступов в плане здания, расстояния между несущими стенами и др.; $\overline{p}_i$ - значения аналогичных параметров, превышение которых не рекомендуется нормами.

Кроме этого:

а) при $p_i \leq \overline{p}_i$ должно быть выполнено условие

$$\xi_i \leq 1; \qquad (2)$$

б) при $p_i > \overline{p}_i$ - соответственно

$$\xi_i > 1. \qquad (3)$$

Более подробно основные требования можно представить в виде 8 групп, содержание которых приведены в табл.1.

Таблица 1

Основные нормативные ограничения

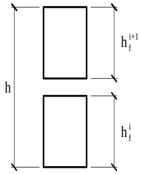
N.	Наименование ограничения	Содержание ограничения и формула определения коэф-тов	Примечание
1	2	3	4
1	Высота здания	$k_1 = 1 - (h - \overline{h})/\overline{h}$	h, l - высота и длина здания, $\overline{h}, \overline{l}$ - то же, согласно норм
2	Длина здания	$k_2 = 1 - (l - \overline{l})/\overline{l}$	

Продолжение таблицы 1

1	2	3	4
3	**Монолитность диска перекрытия и наличие антисейсмического пояса [1]:**		k_3 - коэффициент, учитывающий распред.функции диска перекрытия
	3.1 Монолитное перекрытие	$k_3^1 = 1$	
	3.2 Наличие анкеровки на опорах плит перекрытия в антисейсмическом поясе	$k_3^2 = 0{,}75$	
	3.3 Наличие шпонок или рифления по бок. поверхности сб. ж/б плит в антисейс. поясе	$k_3^3 = 0{,}15$	
	3.4 Отсутствие заливки швов между плитами раствором	$k_3^4 = 0{,}1$	
4	**Нарушение симметрии формы плана**		k_4 -коэф., учитывающие снижение сейсмостойкости из-за смежения ЦТ и ЦЖ.
	4.1 Относительно оси в продольном направлении	$k_4^1 = 1 - \dfrac{\frac{e_x}{l} - [0{,}1]}{[0{,}1]} \le 1$	
	4.2 Относительно оси в поперечном направлении	$k_4^2 = 1 - \dfrac{\frac{e_y}{l} - [0{,}1]}{[0{,}1]} \le 1$	

1	2	3	4
5	**Шаг и размеры стен**		k_5-коэф., учета влияния на сейсмостойкость макс. пролетов, мин.размеров простенков и их прочности: l_S - макс. пролет попер.стен
	5.1 Шаг стен	$k_5^1 = 1 - (l_S - \bar{l}_S) / \bar{l}_S$	
	5.2 Мин. размеры простенков	$k_5^2 = 1 + (b_s - \bar{b}_s) / \bar{b}_s$	
	5.3 Прочность матриала несущих конструкций	$k_5^3 = 1 + (B - \bar{B}) / \bar{B} \succ 0$	b_S, B- ср.знач. размеров и проч. простенков
6	**Регулярность конструктивной системы**		k_6-коэф., учета влияния выступов в плане и перепадов высот уступа: $b_V, \bar{b}_V$- факт.и норм. размеры уступа; $h1, h2$ - мин. и макс. отметки на перекр. уступа.
	6.1 Наличие «выступов» в плане	$k_6^1 = 1 - (\lvert b_v - \bar{b}_v \rvert - [0,3]) / [0,3]$	
	6.2 Наличие в здании (между верт.швами) «перепада высот» более 5 м.	$k_6^2 \leftarrow 0 \;\; if \lvert h1 - h2 \rvert > 5$ $k_6^2 \leftarrow 1 \;\; otherwise$	

Продолжение таблицы 1

1	2	3	4
7	**Наличие противосдвиговых конструктивных решений**		
	7.1 Количество диафрагм жесткости в каждом направлении	$k_7^1 = 1 + (n - \bar{n}) / \bar{n} \succ 0$	$n, \bar{n}$ - кол-во диафрагм в каждом направлении
	7.2 Относительная протяженность по высоте вертикального сечения «среза»	$k_7^2 = 1 - \frac{\sum h_f^i}{h} \succ 0$	
8	**Соответствие принятой расчетной сейсмической интенсивности действующим нормативным документам**		
	8.1 Превышение проектной сейсмической нагрузки	$k_8^1 \leftarrow 0$ if $(I_n - I_{pr}) \geq 1$ $k_8^1 \leftarrow 1$ otherwise	I_n - нормативная и I_{pr} - проектная сейсмичность

Как видно из таблицы 1 все описанные параметры, которые могут характеризовать принятые проектные и строительные решения с точки зрения их соответствия требованиям норм, представлены в форме, аналогичной выражению (1). Далее, с точки зрения решения поставленной задачи с помощью методов линейного программирования [2] выражения (1-3) могут быть записаны, как

$$k_i + \xi_i \geq 1 \qquad (4)$$

или

$$\begin{cases} a_{11}x_1 + a_{12}x_2 \ge a_1 \\ \bullet\ \bullet\ \bullet \\ a_{m1}x_1 + a_{m2}x_2 \ge a_m \end{cases}, \quad x_{1,2} > 0, \qquad (5)$$

где a_i, c_j, a_{ij} ($i = 1,2,...m;\quad j = 1,2$) - заданные действительные числа.

При этом целевая функция

$$f(x_1, x_2) = c_1x_1 + c_2x_2 \Rightarrow \max, \qquad (6)$$

отыскиваемая как оптимум канонической задачи линейного программирования, является вполне определенным числом.

Если ввести обозначения

$$\{c\} = \begin{Bmatrix} c_1 \\ c_2 \end{Bmatrix}, \qquad [A] = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} \\ ... & \\ a_{m1} & a_{m2} \end{bmatrix}, \qquad \{x\} = \begin{Bmatrix} x_1 \\ x_2 \end{Bmatrix},$$

$$\{A_0\} = \begin{Bmatrix} a_1 \\ ... \\ a_m \end{Bmatrix}, \qquad (7)$$

то каноническая задача линейного программирования для рассматриваемого случая будет выглядеть следующим образом:

$$\{c\}^{\mathrm{T}}\{x\} \Rightarrow \max, \ [A]\{x\} = \{A_0\}, \quad \{x\} \ge 0. \qquad (8)$$

или

$$\max_{x}(c \cdot x \mid A \cdot x = A_0; \quad x \ge 0) \qquad (8')$$

Такая постановка соответствует (в терминологии, известной в литературе по математическому программированию [2]) задаче определения наилучшего состава смеси или шихты, а также аналогична задаче об оптимальном плане выпуска продукции некоторого промышленного предприятия. При этом представление целевой функции в форме (6) не является обязательным условием. При составлении математической модели целевая функция выбирается исходя из смысла решаемой задачи [2].

Так при определении максимально возможного объема выпускаемой продукции обычно используется так называемая технологическая производственная функция

$$y = a x_1^{\alpha_1} x_2^{\alpha_2} .. x_n^{\alpha_n} , \tag{9}$$

где $a, \ \alpha_1,... \ \alpha_n$ - известные числовые параметры, которые определяются на основе статистических данных. При этом целевая функция имеет вид

$$f(x) = a \prod_{i=1}^{n} x_i^{\alpha_i} \Rightarrow \max , \tag{10}$$

из которого можно данную модель отнести к линейному типу. В частном случае, когда $\alpha_i = 1 (i = 1 \ . \ . \ n)$ такая модель будет уже линейной.

Геометрический смысл рассматриваемой задачи. Пусть в декартовой системе координат каждой паре чисел (x_1, x_2) соответствует точка с координатами x_1 и x_2. Кроме этого рассмотрим одно линейное неравенство с двумя переменными

$$a_1 x_1 + a_2 x_2 \le a . \tag{11}$$

Данное неравенство определяет на плоскости одну из двух частей (полуплоскостей), на которые прямая $a_1 x_1 + a_2 x_2 = a$ разбивает плоскость. При этом соответствующая полуплоскость включает и граничную прямую $a_1 x_1 + a_2 x_2 = a$ (замкнутая полуплоскость). Чтобы определить, какую из двух замкнутых полуплоскостей определяет данное неравенство, достаточно подставить в него координаты одной какой-либо точки, не лежащих на граничной прямой. Если неравенство удовлетворяется, то искомая полуплоскость та, в которой лежит взятая точка. В противном случае она является «пустой».

Итак, каждое из ограничений задачи линейного программирования (8) задает на плоскости некоторую полуплоскость. Представляют интерес те точки плоскости, которые принадлежат одновременно всем m полуплоскостям, определяемым отдельными ограничениями. Следовательно, допустимое множество задачи линейного программирования геометрически изображается пересечением (общей частью) полуплоскостей, определяемых отдельными ограничениями. Такое пересечение называется допустимой областью задачи линейного программирования.

Допустимая область задачи согласно [2] может быть пустой, непустой и ограниченной, непустой и неограниченной. Если допустимая область непустая, то она представляет собой некоторый многоугольник (может быть и неограниченный). В некоторых частных случаях допустимая область может выродиться в полосу, прямую или точку. Во всех случаях отрезок, соединяющий любые две точки допустимой области, целиком содержится в ней. Области с такими свойствами называются выпуклыми.

Однако в частном случае системы ограничений (5) при $a_{i1}, a_{i2}\ (i=1..m)=1$ с учетом (4) будет иметь место область решения задачи, показанной на рис.1:

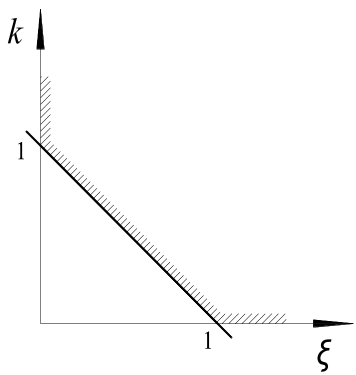


Рис.1. Схема допустимой области решения задачи

- при условии (2) система ограничений будет иметь вид:

$$\begin{gathered} k_1 + \xi_1 \geq 1 \\ \cdots \\ k_m + \xi_m \geq 1, \end{gathered} \tag{4'}$$

а координаты (0,0) после подстановки в (4’) приведут к выводу о том, что область решения задач представляет собой полуплоскость, ограниченной прямой, и является непустой и незамкнутой;

- при условии (3) допускаемая область задачи представляет собой нижнюю полуплоскость. Обращая внимание на систему неравенств (4’), на их линейный характер можно считать, что область решения представляет собой граничную прямую, показанную на рис.1.

Таким образом, исходя из выше изложенного, оценку сейсмостойкости при проведении паспортизации бескаркасных зданий можно представить в виде:

$$0 \succ \prod_{i=1}^{n} k_i \geq 1 + \beta\,, \tag{12}$$

где k_i - относительные значения коэффициентов из табл.1; β - прогнозный коэффициент "запаса ресурса несущей способности" для различных типов зданий.

Выражение (12) при равенстве в (1) параметров $p_i = \overline{p_i}$ приводит к выполнению условия (12): $\prod_{i=1}^{n} k_i = 1,$ что не вызывает сомнения.

Выводы

1. Изложенное основное содержание экспресс-методики определения сейсмостойкости бескаркасных зданий обосновано с позиций принципов линейного программирования и может быть положено в основу методологии проведения паспортизации массовой застройки населенных мест.

2. Предлагаемая методика может быть использована для паспортизации малоэтажных зданий со стенами из местных строительных материалов.

Summary

In this article the technique of determination of seismic stability of frameless buildings of mass building is offered.

Литература

1. Поляков С.В. Сейсмостойкие конструкции зданий / Учеб. пособие для студ. инж. строит. вузов. М.:"Высш. школа", 1969, 336 с.

2. Кириков Б.А. Древнейшие и новейшие сейсмостойкие конструкции. - М.: Наука, 1990. - 72 с.

3. Кукунаев В.С. Регламентация использования существующих конструкций в сейсмостойком строительстве// Межвідомчий науково-технічний збірник "Будівельні конструкціі". - вип.60. - К.: НДБІК, 2004.

4. Дорофеев В.С., Клименко Е.В. Залишковий ресурс будівельних конструкцій// Вісник ОДАБА. - Одеса: Зовнішрекламсервіс, 2011. - вип.43. - ч.2. - с.111-117.

5. Ляшенко И.Н., Карагодова Е.А, Черникова Н.В, Шор Н.З. Линейное и нелинейное программирование. - К.:"Вища школа", 1972. - 372 с.