

К ВОПРОСУ ОПРЕДЕЛЕНИЯ РАЗМЕРОВ ПОРОДНОГО МАССИВА ПРИ СОВМЕСТНОЙ СХЕМЕ РАСЧЕТА КОНСТРУКЦИЙ НА ГРУНТОВОМ ОСНОВАНИИ

*А.В. Шаповал, Приднепровская государственная академия строительства и архитектуры,
Украина*

Рассчитаны минимальные размеры области основания, позволяющие с заданной точностью определять осадки фундаментов как функции размеров подошвы фундамента в плане и глубины заложения его подошвы. Результаты расчетов протабулированы.

Методы определения НДС строительных конструкций с использованием МКЭ и совместной схемы расчета в настоящее время получили широкое распространение [1, 2, 3]. Более того, в действующих в настоящее время нормативных документах содержатся рекомендации о необходимости преимущественного применения схемы совместного расчета [4].

При совместном расчете НДС системы «основание – фундаменты – надфундаментное строение» оказывают существенное влияние на результаты расчетов. Так, рядом исследователей отмечается, что на значения расчетных усилий и деформаций в фундаментах и в надфундаментной конструкции существенное влияние оказывают размеры расчетной области основания [5, 6]. В этой связи необходимо разработать критерии определения размеров расчетной области основания.

Проблема определения расчетной области основания рассматривалась автором работы [5]. Суть изложенной в [5] методики заключается в том, что для разных размеров расчетной области основания производится сравнение усилий и напряжений в надфундаментной конструкции. Приемлемым считается результат, когда расхождение между напряжениями и деформациями, полученными при увеличении расчетной области в два раза различается не более, чем на 5%.

Помимо громоздкости и сложности такого подхода к решению данной проблемы не понятно, в какой последовательности следует увеличивать длину, ширину и толщину расчетной области основания. В этой связи проблема определения размеров расчетной области основания является актуальной и требует своего решения.

Задача исследований была сформулирована так. На грунтовом основании расположен фундамент с шириной подошвы b и длиной L .

Фундамент заглублен в грунт на глубину h (рис. 1).

Задача 1. Фактические размеры расчетной области неограниченны (т.е. имеет место расчетная схема основания в виде полупространства). Требуется определить такие минимальные размеры расчетной области основания (т.е. ее ширину b_0 , длину L_0 и глубину h_0 рис 2), для которой осадка расположенного на ней фундамента S_k будет отличаться от осадки фундамента на основании с неограниченными размерами (т.е. на полупространстве) S_∞ на некоторую малую наперед заданную величину ε :

$$\left| \frac{S_\infty - S_k}{S_\infty} \right| \leq \varepsilon. \quad (1)$$

Задача 2. Фактические размеры расчетной области неограниченны в плане (т.е. имеет место расчетная схема основания в виде слоя конечной толщины). Требуется определить такие минимальные размеры расчетной области основания (т.е. ее ширину b_0 и длину L_0), для которой осадка расположенного на ней фундамента S_k будет отличаться от осадки фундамента на основании с неограниченными размерами (т.е. на полупространстве) S_∞ на некоторую малую наперед заданную величину ε .

Искомые размеры b_0 , L_0 и h_0 определялись так. В основании выделялась область с размерам $b_0 \times L_0 \times h_0$.

Эта область разбивалась на объемные граничные элементы так, как это предлагается в работе [7].

Центру каждого из объемных граничных элементов сообщалось вертикальное единичное перемещение $W_0=1$, и с использованием изложенной в [7] методики определялось соответствующее этой внешней нагрузке НДС основания с бесконечными границами.

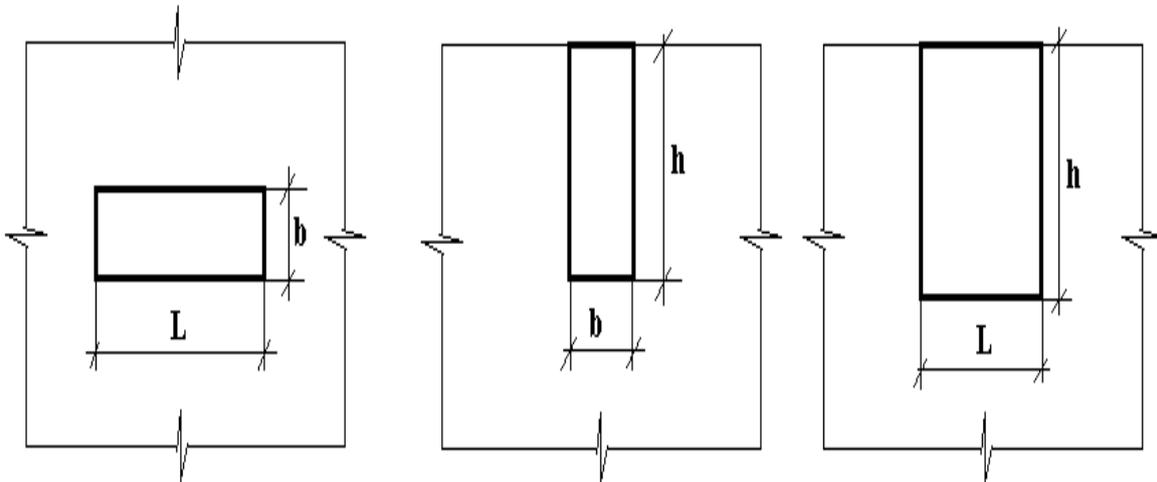


Рис. 1. Фактическая расчетная схема

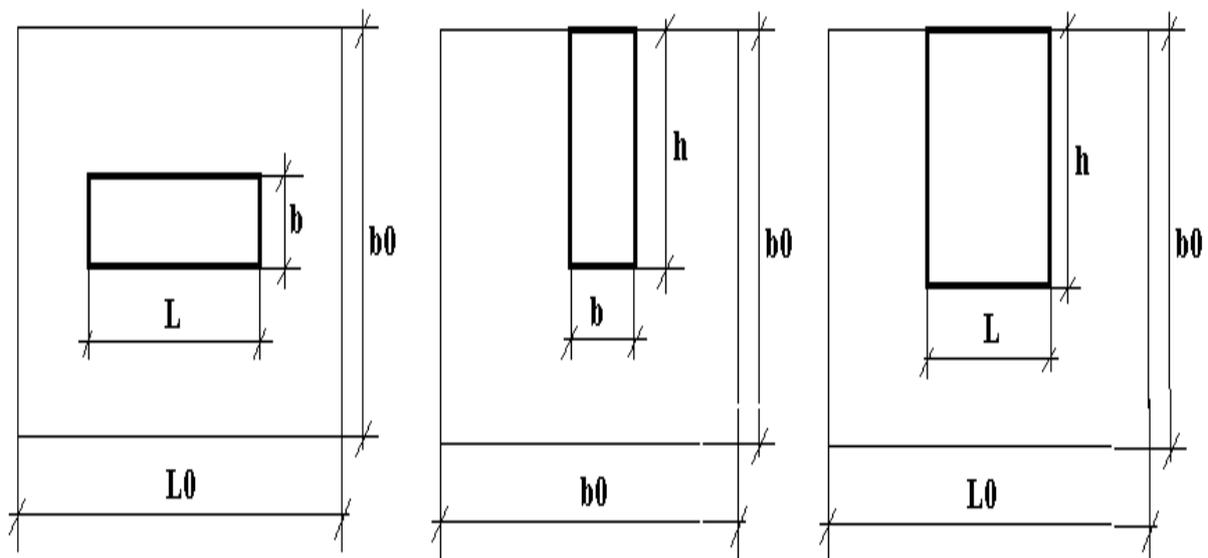


Рис. 2. Приближенная расчетная схема

Далее определялись такие размеры внутренней области основания, для которых выполняются условия вида:

$$\left. \begin{aligned}
 &U\left(\frac{b_0}{2}, y, z\right) \leq 0,1 \cdot W_0; \quad V\left(\frac{b_0}{2}, y, z\right) \leq 0,1 \cdot W_0; \\
 &W\left(\frac{b_0}{2}, y, z\right) \leq 0,1 \cdot W_0; \quad U\left(x, \frac{L_0}{2}, z\right) \leq 0,1 \cdot W_0; \\
 &V\left(x, \frac{L_0}{2}, z\right) \leq 0,1 \cdot W_0; \quad W\left(x, \frac{L_0}{2}, z\right) \leq 0,1 \cdot W_0; \\
 &U(x, y, h_0) \leq 0,1 \cdot W_0; \quad V(x, y, h_0) \leq 0,1 \cdot W_0; \\
 &W(x, y, h_0) \leq 0,1 \cdot W_0;
 \end{aligned} \right\}, \quad (2)$$

где U , V и W - перемещения в направлении осей Ox , Oy и Oz соответственно.

После этого по формулам

$$\left. \begin{aligned}
 &K_b = \frac{b_0}{b}; \\
 &K_L = \frac{L_0}{b}; \\
 &K_h = \frac{h_0}{b};
 \end{aligned} \right\} \quad (3)$$

определялись коэффициенты K_b , K_L , и K_h , с использованием которых и известных значениях ширины подошвы фундамента b , ее длины L и глубины заложения h с использованием формул:

$$\left. \begin{aligned}
 &b_0 = K_b \cdot b; \\
 &L_0 = K_L \cdot b; \\
 &h_0 = K_h \cdot b;
 \end{aligned} \right\} \quad (4)$$

следует определять размеры расчетной области основания b_0 , L_0 и h_0 , в которой расположен фундамент. Результаты этих вычислений, полученные для расчетной схемы полупространства, сведены в таблицу 1.

Таблица 1

N п.п.	Коэффициенты K_b , K_L и K_h	h/b	Значения коэффициентов K_b , K_L и K_h при $\eta = L/b$, равном:							
			круглых	1	2	3	4	5	7	∞
1	K_b	0,0	7	7	10	13	15	17	22	29
	K_L		7	7	10	13	16	19	24	30
	K_z		7	7	10	11	13	15	18	23
2	K_b	0,25	7	7	10	13	15	17	22	29
	K_L		7	7	10	13	16	19	24	30
	K_z		7	7	10	11	13	15	18	23
3	K_b	0,50	7	7	10	13	15	17	22	29
	K_L		7	7	10	13	16	19	24	30
	K_z		7	7	10	11	13	15	18	23
4	K_b	1,0	11	11	14	17	19	21	27	33
	K_L		11	11	14	17	19	21	27	34
	K_z		9	9	11	13	15	17	21	26

5	K_b	5,0	29	29	33	37	40	43	50	57
	K_L		29	29	33	37	40	43	51	58
	K_z		23	23	26	29	32	34	39	45
6	K_b	10,0	47	47	52	57	62	67	75	85
	K_L		47	47	52	57	62	67	75	84
	K_z		37	37	41	45	48	51	57	65

Аналогичные по смыслу результаты были получены нами для расчетной схемы основания в виде слоя конечной толщины (таблица 2).

Для проверки представленных в таблицах 1 и 2 данных нами решалась обратная задача – методом конечных элементов определялись осадки основания.

Таблица 2

N п.п.	Коэффициенты K_b, K_L и K_h	$\xi_1 = h_0/b$	Значения коэффициентов K_b, K_L и K_h при $\eta = L/b$, равном:							
			круглых	1	2	3	4	5	7	∞
1	K_b	0,25	7	7	10	13	15	17	22	29
	K_L		7	7	10	13	16	19	24	30
	K_z		0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25
2	K_b	0,50	7	7	10	13	15	17	22	29
	K_L		7	7	10	13	16	19	24	30
	K_z		0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50
3	K_b	1,0	11	11	14	17	19	21	27	33
	K_L		11	11	14	17	19	21	27	34
	K_z		1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
4	K_b	5,0	29	29	33	37	40	43	50	57
	K_L		29	29	33	37	40	43	51	58
	K_z		5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0
5	K_b	10,0	47	47	52	57	62	67	75	85
	K_L		47	47	52	57	62	67	75	84
	K_z		10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0

Оказалось, что рассчитанные для бесконечной области и области конечных размеров осадки основания не отличаются более, чем на 10%. Сделан вывод о том, что полученные нами таблицы могут быть использованы для практических расчетов НДС конструкций на грунтовом основании.

Список литературы

1. Городецкий А.С., Батрак Л.Г., Городецкий Д.А., Лазнюк М.В., Юсипенко С.В. Расчет и проектирование конструкций высотных зданий из монолитного железобетона. - К, 2004 – С. 37-39.
2. Стрелец - Стрелецкий Е.Б., Боговис В.Е., Гензерский Ю.В., Гераймович Ю.Д., Марченко Д.В., Титок В.П. ЛИРА 9.4. Руководство пользователя. Основы. Учебное пособие. Киев: издательство «ФАКТ», 2008. – 164 с.
3. Улицкий В. М. Основы совместных расчетов зданий и оснований. развитие городов и геотехническое строительство, №10, 2006 – с. 56...62.
4. ДБН В.2.1-10-2009. Основы та фундаменти споруд. Київ. Мінрегіонбуд України, 2009-104 с.
5. Гуслистая А. Э. Особенности статического расчета зданий и сооружений, расположенных на склонах. Днепропетровск, 2009, 148 стр.
6. Горбунов-Посадов М.И., Давыдов С.С. О совместной работе оснований и сооружений // Труды к VIII Международному конгрессу по механике грунтов и фундаментостроению. - М., 1975. - С. 383-392.