

АНАЛИЗ НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ ФУНДАМЕНТНОЙ ПЛИТЫ НА ПРОСАДОЧНЫХ ГРУНТАХ ПРИ СЕЙСМИЧЕСКИХ ВОЗДЕЙСТВИЯХ

В.И. Обозов, М.А. Толстых

ОАО НИЦ «Строительство», ЦНИИСК им. В.А. Кучеренко
Москва, Россия

В статье приведены исследования результатов расчета фундаментной плиты каркасного здания, при сейсмических воздействиях на территории с просадочными грунтами. Дана оценка влияния замоченного просадочного грунта на напряженно-деформированное состояние фундаментной плиты.

Ключевые слова: сейсмическая активность, просадочные грунты, деформативные свойства.

Территории в предгорьях Кавказа характеризуются, с одной стороны, сейсмической активностью [1], а с другой стороны, значительные площади сложены просадочными грунтами. На таких площадках расчет зданий и их фундаментов должен учитывать эти две особенности. Как известно, просадочные грунты до их замачивания ведут себя, как обычные грунты, деформативные свойства которых проявляются в зависимости от их физико-механических характеристик в незамоченном состоянии.

При проектировании зданий на сейсмически активных территориях, сложенных просадочными грунтами, должны рассматриваться три расчетные ситуации.

Первая ситуация характеризует начальный период эксплуатации здания, когда замачивание просадочного основания еще не произошло. В этой ситуации расчет здания и фундаментов должен производиться на сейсмические воздействия как на обычных грунтах.

Вторая возможная ситуация: в процессе эксплуатации здания происходит замачивание просадочных грунтов основания. В принципе, после замачивания основания не обязательно должно сразу же произойти землетрясение, т.е. здание какое-то время будет эксплуатироваться, получив повреждения только от просадки грунтов. И, наконец, при третьей ситуации в случае землетрясения на рассматриваемой территории могут находиться здания с замоченным просадочным основанием.

В настоящей статье исследуется напряженно-деформируемое состояние фундаментной плиты 9-этажного каркасного здания с подвалом применительно к описанным выше расчетным ситуациям. В качестве объекта исследования выбрана монолитная железобетонная плита толщиной 800 мм, армированная стержнями периодического профиля класса А-III. Фундаментная плита запроектирована из бетона класса В20.

Сечение колонн принято 40×40 см, шаг колонн в продольном и поперечном направлениях составляет 6 м. Количество пролетов в поперечном направлении — два, в продольном направлении — 10. Несущие конструкции здания — колонны, диафрагмы жесткости и перекрытия запроектированы монолитными железобетонными.

Для колонн предусмотрен бетон класса В30, для диафрагм жесткости — В20, плит перекрытий — В35. Армирование всех надземных конструкций принято из стержневой арматуры периодического профиля класса А-III.

Расчет фундаментной плиты выполнялся совместно с расположенным на ней каркасом. Расчеты выполнены с использованием автоматизированного вычислительного комплекса ЛИРА 9.4. В расчетной модели здания фундаментная плита разбивалась на четырехугольные и треугольные конечные элементы с линейными размерами сторон 1 м. Использован оболочечный конечный элемент с шестью степенями свободы в каждом узле. Такие же конечные элементы использовались в междуэтажных перекрытиях. Для колонн использовались стержневые конечные элементы.

Расчеты были выполнены при сейсмичности 7, 8 и 9 баллов. Каждый вариант рассчитывался дважды при различной жесткости просадочного основания. Жесткость основания характеризовалась коэффициентом постели. В одном случае жесткость основания принималась равной 1 кГс/см^3 , в другом — 4 кГс/см^3 .

Рассматривалось незамоченное просадочное основание и случай, когда у торца фундаментной плиты происходило замачивание грунта основания из линейного источника. Эти ситуации возникают при аварии водонесущих коммуникаций, проложенных вблизи торца здания. При замачивании основания принималось, что увлажненная зона в сечении представляет собой конус с вершиной в источнике замачивания со сторонами расположенными под углом 45° к вертикали. Соответственно распространению увлажнения принята и схема изменения жесткостной характеристики основания под торцом фундаментной плиты, расположенной в зоне замачивания.

В расчетной модели коэффициент постели в зоне замачивания изменялся от нуля непосредственно под торцом фундаментной плиты до значения жесткости незамоченного грунта в точке, где наклонная линия, ограничивающая увлажненную зону грунта пересекает подошву слоя, сложенного просадочным грунтом. В рассматриваемом случае длина зоны снижения жесткости основания составляла 10 м.

Поскольку расчетная конечно-элементная модель фундаментной плиты является системой дискретной, также дискретно задавались значения жесткости основания. В зоне замачивания эти значения изменялись от нуля до конечного значения ступенчато.

В результате выполненных расчетов во всех приведенных выше случаях получена полная картина напряженно-деформированного состояния фундаментной плиты.

В качестве критериев сопоставимости рассмотренных вариантов расчета фундаментной плиты приняты максимумы (минимумы для отрицательных значений)

усилий M_x , Q_x , перемещений и реактивных давлений под подошвой фундаментов. Соответствующие значения для всех вариантов приведены в табл. 1—4, C означает жесткость грунта основания.

Таблица 1

Сейсмическое воздействие направлено вдоль здания ($C = 4 \text{ кг/см}^3$)

Усилия, перемещения	Балльность	M_x , тм		M_y , тм		Q_x , тс		Q_y , т		Rz , т/м ²	Wz , мм
		max	min	max	min	max	min	max	min		
Расчетная ситуация											
Сейсмическое воздействие (до замачивания)	9	85,1	71,4	77,2	51,3	95,2	102,75	142,9	97,7	23,5	6,06
	8	47,6	37,0	45,3	19,6	59,3	55,54	83,1	59,7	19,5	4,94
	7	28,9	19,7	33,1	16,5	41,8	40,22	59,1	41,4	17,6	4,41
Только замачивание основания		40,1	23,3	36,3	20,7	57,8	52,52	135,7	49,9	19,9	11,2
Сейсмическое воздействие (после замачивания)	9	101,5	87,6	87,5	65,5	111,6	125,02	175,8	111,2	25,9	18,4
	8	61,3	50,4	53,7	30,9	73,1	73,98	109,9	70,7	21,7	14,8
	7	41,3	31,78	36,7	21,2	53,8	51,08	116,3	50,4	20,8	13,0

Таблица 2

Сейсмическое воздействие направлено вдоль здания ($C = 1 \text{ кг/см}^3$)

Усилия, перемещения	Балльность	M_x , тм		M_y , тм		Q_x , тс		Q_y , тс		Rz , тс/м ²	Wz , мм
		max	min	max	min	max	min	max	min		
Расчетная ситуация											
Сейсмическое воздействие (до замачивания)	9	98,5	85,9	87,1	56,9	100,8	108,0	139,3	110,7	20,0	20,3
	8	55,3	45,2	56,0	26,0	63,4	58,4	85,2	58,9	17,3	17,5
	7	36,2	24,8	44,6	22,9	44,71	43,59	64,66	46,61	16,06	16,1
Только замачивание основания		62,2	31,6	49,8	30,6	70,1	58,1	180,1	57,5	20,1	32,6
Сейсмическое воздействие (после замачивания)	9	133,6	119,5	97,6	81,2	133,1	151,3	209,2	108,8	23,9	50,3
	8	85,8	74,2	61,0	42,3	91,2	95,9	155,9	71,0	21,8	41,4
	7	61,8	51,6	45,6	31,4	70,2	68,2	168,0	56,9	20,9	37,0

Таблица 3

Сейсмическое воздействие направлено поперек здания ($C = 4 \text{ кг/см}^3$)

Усилия, перемещения	Балльность	M_x , тм		M_y , тм		Q_x , т		Q_y , тс		Rz , т/м ²	Wz , мм
		max	min	max	min	max	min	max	min		
Расчетная ситуация											
Сейсмическое воздействие (до замачивания)	9	65,7	47,3	60,7	39,7	82,8	90,8	94,0	68,2	35,0	8,9
	8	38,1	18,7	38,8	20,6	64,6	57,5	66,5	37,3	23,8	6,0
	7	24,3	11,8	27,9	18,3	55,5	42,0	52,8	25,7	18,2	4,6
Только замачивание основания		40,1	23,3	36,3	20,7	57,8	52,5	135,7	49,9	19,9	11,2
Сейсмическое воздействие (после замачивания)	9	68,1	42,6	65,3	31,0	82,2	77,2	86,6	67,8	36,6	16,5
	8	39,4	31,4	42,4	25,8	68,9	47,8	81,8	43,2	24,8	13,4
	7	28,9	25,8	30,9	23,3	63,4	45,4	108,8	40,2	19,4	11,9

Таблица 4

Сейсмическое воздействие направлено поперек здания ($C = 1 \text{ кг/см}^3$)

Усилия, перемещения	Балльность	M_y , тм		Q_x , т		Q_y , тс		Rz , т/м ²		Wz , мм	M_x , тм
		max	min	max	min	max	min	max	min		
Расчетная ситуация											
Сейсмическое воздействие (до замачивания)	9	64,4	58,0	65,1	47,3	94,0	101,0	91,6	90,6	27,1	27,5
	8	40,5	25,2	43,9	25,0	71,7	65,0	67,8	37,8	19,4	19,6
	7	30,1	14,8	33,4	23,4	60,5	47,0	55,9	34,6	15,6	15,7
Только замачивание основания		62,2	31,6	49,8	30,6	70,1	58,1	180,1	57,5	20,1	32,6
Сейсмическое воздействие (после замачивания)	9	68,6	52,4	71,8	37,2	87,6	89,8	95,3	66,2	20,0	45,4
	8	51,8	40,6	51,4	33,9	78,8	55,1	137,7	47,4	21,8	37,9
	7	50,7	34,7	41,2	32,3	74,4	53,1	158,9	50,5	19,2	34,1

На основании анализа полученных результатов можно сделать следующие выводы.

1. Выполненные исследования показали, что напряженно-деформированное состояние фундаментной плиты при землетрясении после замачивания просадочного основания не является результатом простого сложения напряженных состояний каждого из этих воздействий. Усилия в фундаментной плите с замоченным просадочным основанием при возникновении землетрясения возрастают, но во всех случаях остаются меньшими суммы усилий, которые бы возникли в фундаментной плите при этих воздействиях по отдельности.

2. При замачивании основания вблизи торца здания, усилия в фундаментной плите независимо от жесткости основания и сейсмичности площадки, возникают большими при направлении сейсмического воздействия вдоль здания, чем при направлении воздействия поперек здания.

3. Усилия в фундаментной плите только от замачивания просадочного основания II типа больше усилий только от сейсмических воздействий, если площадка строительства относится к 7-балльной зоне. Усилия только от землетрясения 8 и 9 баллов превышают значения усилий от просадки основания.

4. Во всех случаях сейсмическое воздействие на здание, под которым до землетрясения произошло замачивание просадочного основания, вызывает увеличение имевшихся в фундаментной плите усилий.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] СНиП II-7-81* «Строительство в сейсмических районах».

ANALYSIS OF STRAIN CONDITIONS BASEPLATES ON GROUND SUBSIDING SEISMIC RESPONSE

V. Obozov, M. Tolstoyh

JSC NIC «Construction», TsNIISK. V.A. Kucherenko
Moskow, Russia

The article presents the research results of calculation base plate frame buildings under seismic effects of subsidence in the soil. The estimation of the influence of wetted soil subsidence on the stress-strain state of a base plate.

Key words: filtering receivers, a fence of water.