

РАСЧЕТ ПЛИТНОГО ФУНДАМЕНТА ЖИЛОГО ДОМА МЕТОДОМ КОНЕЧНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПРОГРАММ SCAD И ANSYS

Г.Г.Болдырев, А.Ю.Трегуб

Пензенский государственный университет архитектуры и строительства

В июле 2004 года Пензенская строительная компания приступила к строительству 15-ти этажного жилого дома по ул. Зои Космодемьянской в городе Пензе. Здание конструктивно выполнено с несущими продольными и поперечными стенами из кирпича и сборными железобетонными плитами перекрытия и покрытия.

1. Оценка инженерно-геологических условий площадки строительства

В результате инженерно-геологических изысканий, выполненных в 2004 г. Пензенским ТИСИЗ на площадке строительства выделено 6 инженерно-геологических элементов (табл. 1).

Насыпные грунты (ИГЭ-1) и глина элювиальная тугопластичная (ИГЭ-2) прорезаются конструкцией фундамента, а его подошва закладывается на отметке 160,85 в слое глин элювиальных полутвердых (ИГЭ-3).

Модуль деформации глины ИГЭ-2 определен по результатам лабораторных компрессионных испытаний в интервале 0,1 – 0,2 МПа с переходным коэффициентом $m = 3,1$, определенный по результатам сопоставлений полевых штамповых испытаний с лабораторными компрессионными.

Для ИГЭ-3,4,5,6 модуль деформации рассчитан с переходным коэффициентом $m = 4,6$.

Грунтовые воды находятся на отметке 158,4 – 160,1 м. По степени агрессивности грунтовые воды неагрессивны к бетонам всех марок по водопроницаемости, согласно табл. 5 СНиП 2.03.11-85.

Табл. 1. Физико-механические свойства грунтов

Наименование грунта	Характеристики грунта				
	Удель- ный вес, кН/м ³	Модуль дефор- мации, МПа	Угол внутр. трения, град	Удельн. сцепле- нии, кПа	Показ. теку- чести
Почвенный слой, глинистый (ИГЭ-1)	15,00				
Глина элювиальная, тугопластинная (ИГЭ-2)	16,50	5,5	18	37,0	0,27
Глина элювиальная полутвердая (ИГЭ-3), мощность 5,65 м	16,40	16,0	18	44,0	0,22
Глина элювиальная полутвердая, трещиноватая (ИГЭ-5), мощность 3,2 м	17,20	18,0	20	45,0	0,21
Глина коренная полутвердая (ИГЭ-6), разведанная мощность 9,0 м	17,30	26,0	20	55,0	0,12

Анализ инженерно-геологических условий показывает, что у поверхности залегают глинистые грунты, которые имеют хорошие деформационные и прочностные свойства.

Вследствие того, что конструктивно здание несимметрично относительно продольной и поперечной осей и имеет различную этажность (3 -15 этажей), было принято решение о фундаментах в виде сплошной железобетонной плиты без устройства деформационных швов в местах сопряжения различных секций здания.

2. Выбор расчетной схемы основания

Статический расчет фундаментной плиты выполнен с использованием трех расчетных схем основания.

1. Основание в виде линейно-деформируемого полупространства /1/, с осредненными в пределах сжимаемого слоя H коэффициентом Пуассона грунта и модуля деформации грунтов основания $E_{пр}$ с корректирующим множителем m_E , равным:

$$m_E = \omega'_{cp} / \omega_{cp}, \quad (1)$$

где ω_{cp} - коэффициент, определяемый по табл. 13 /1/ в зависимости от отношения сторон фундамента $n = l/b$ и толщины сжимаемого слоя основания к полуширине фундамента $m' = 2H/b$; ω'_{cp} - коэффициент, определяемый по табл. 13 для $m' = \infty$ в зависимости от отношения сторон фундамента $n = l/b$.

2. Основание (Винклера – Фусса), подчиняющееся гипотезе постоянного коэффициента постели /1/, с коэффициентом постели, определяемым по формуле

$$C_1 = \frac{P}{S_{cp}}, \quad (2)$$

где P – среднее фактическое давление на грунт под подошвой фундамента; S_{cp} – средняя осадка, определяемая по формуле (1) приложения 2 СНиП /2/.

3. Основание в виде линейно-деформируемого полупространства без осреднения коэффициента Постели по слоям грунта и модуля деформации без использования коэффициента m_E и приведения модуля деформации к среднему значению в пределах сжимаемой толщи. Значения модуля деформации слоев грунта приняты по табл. 1.

3. Расчет с использованием гипотезы коэффициента постели

Статический расчет фундаментной плиты выполнен с использованием программы Structure CAD /3/. Значение коэффициента постели определено из расчета осадки с использованием выражения (2) и принято равным 1155,44 кН/м³.

4. Расчет фундаментной плиты с использованием гипотезы линейно-деформируемого полупространства и приведенным модулем деформации

При расчете осадки методом элементарного послойного суммирования (см. п. 4.1 /1/, п. 1, приложения 2 /2/) получена сжимаемая толща грунтового основания мощностью, $H_c = 28,46$ м.

Используя рис. 6 /1/ при найденном значении H_c и отношении сторон фундамента $n = l/b = 42/24 = 1,75$ находим толщину сжимаемого слоя $H = 22,05$ м. Используя табл. 13 /1/ определяем корректирующий множитель $m_E = 1,213/0,649 = 1,87$.

Модуль деформации грунтов основания $E_{пр}$, приведенный в пределах сжимаемой толщи H_c , находим из выражения

$$E_{пр} = \frac{\sum_{i=1}^n (k_i - k_{i-1})}{\sum_{i=1}^n \frac{k_i - k_{i-1}}{E_i}} \quad (3)$$

где k_i – коэффициент, определяемый по табл. 4, приложения 2 СНиП /2/.

Используя выражение (3) находим $E_{пр} = 22,0$ МПа.

Расчетное значение модуля деформации $E = E_{пр} m_E = 41,14$ МПа.

Расчет фундаментной плиты на «условно однородном» ($E = 41,14$ МПа) основании выполнен с использованием программы ANSYS /4/. Аппроксимация грунтов основания выполнена с использованием конечных элементов SOLID45, а фундамента – конечными плитными элементами SHELL43. Выбранные конечные элементы допускают упругое и упруго-пластическое поведение грунта основания и бетона конструкции фундамента. В данной работе решение проведено по упругой схеме. Результаты расчетов приведены на рис. 1 - 3.

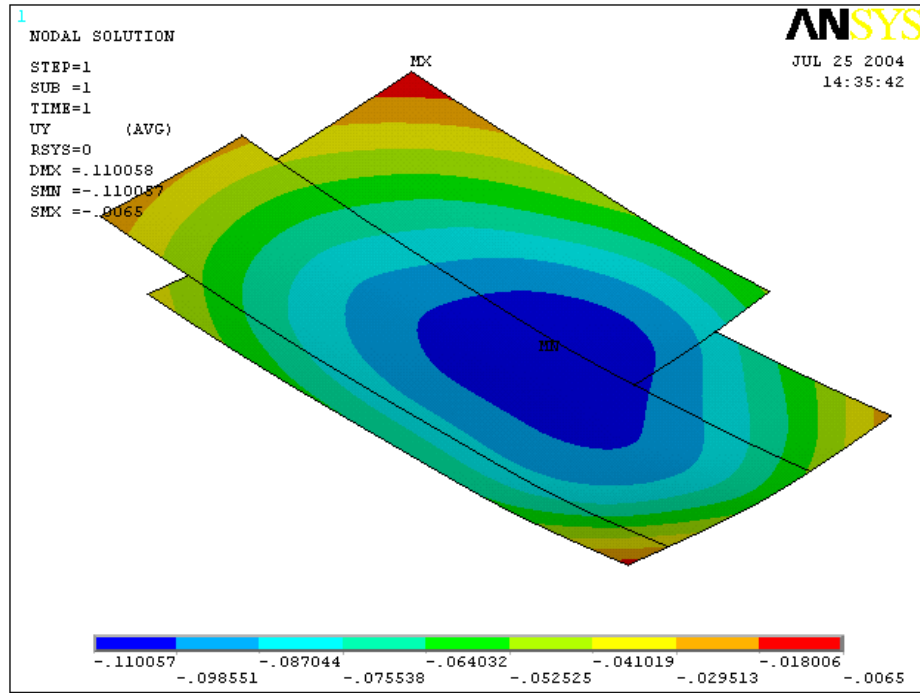


Рис. 1. Прогиб/осадка фундаментной плиты

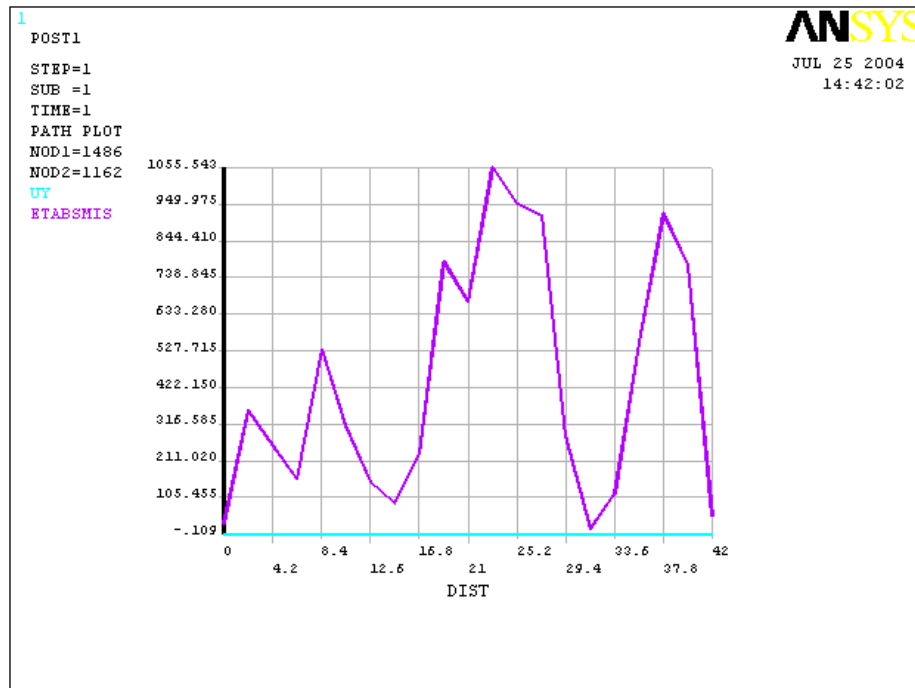


Рис. 2. Эпюра изгибающего момента M_x по продольной оси здания

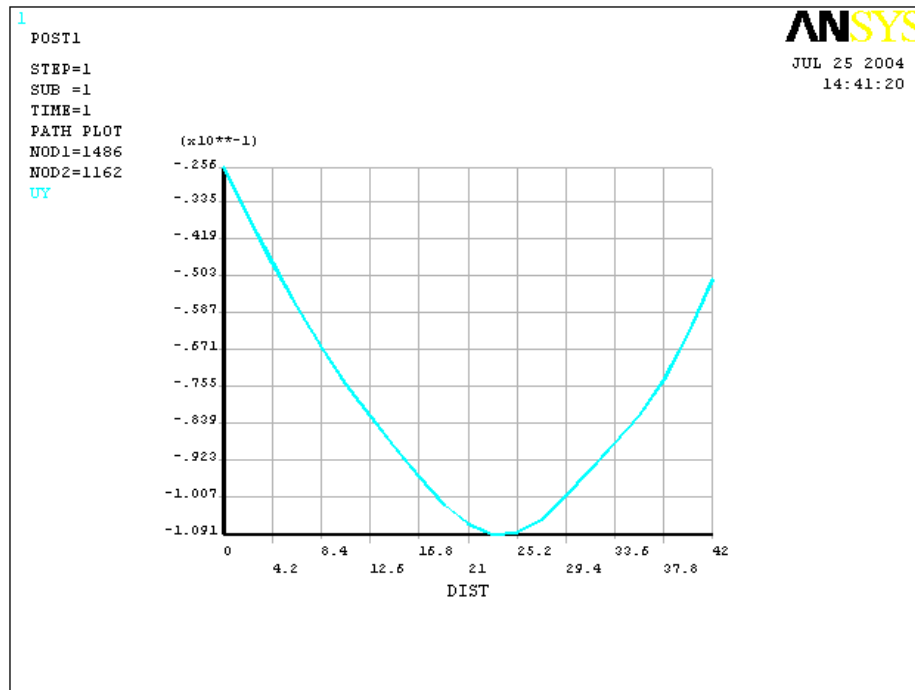


Рис. 3. Прогиб плиты вдоль продольной оси здания

5. Расчет фундаментной плиты с использованием гипотезы линейно-деформируемого полупространства на неоднородном грунтовом основании

Расчет выполнен с использованием программы ANSYS и гипотезы линейно-деформируемого полупространства, но в отличие от предыдущего случая основание рассмотрено неоднородным, так как приведено в табл. 1. Модули деформации слоев грунта приняты по табл. 1.

Результаты расчетов приведены в табл. 2 и на рис. 4. Из рис. 4 видно, что деформации уплотнения находятся в пределах выбранной сжимаемой толщи основания.

Максимальная осадка фундаментной плиты оказалась 2,8 раза менее, по сравнению с предыдущим расчетом, где использовалось постоянное значение коэффициента постели грунтов основания.

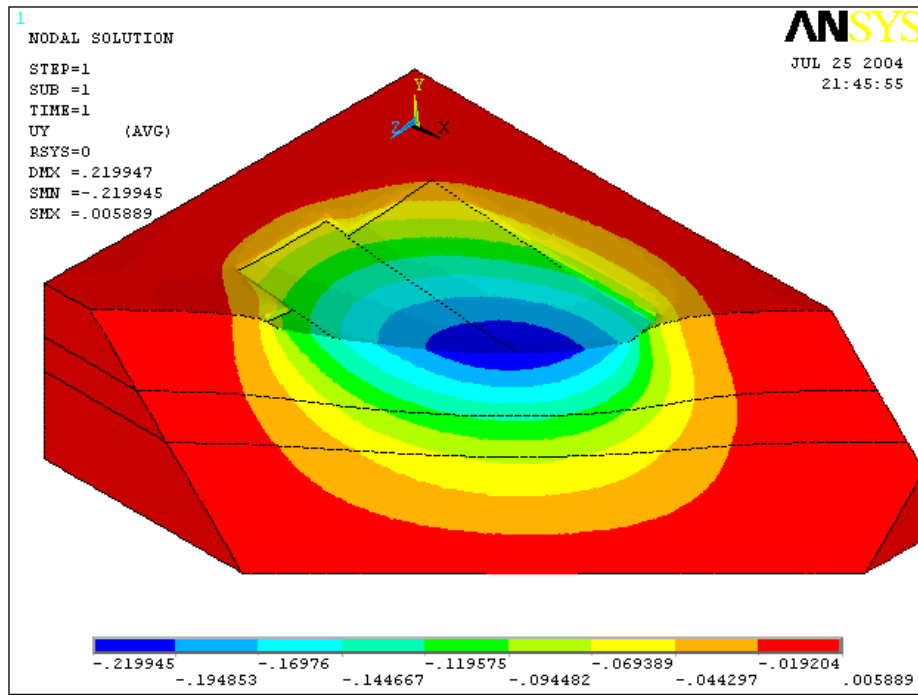


Рис. 4. Деформация основания по глубине массива

6. Сравнение результатов расчета

С целью сравнения ряд результатов расчета приведен в табл. 3.

Из табл. 3 видны различия в значениях расчетных параметров, определенных с использованием рассмотренных расчетных схем основания. Близкие значения по внутренним усилиям получены при расчете с использованием гипотезы постоянного коэффициента постели и линейно-деформируемого полупространства с приведенным модулем деформации и введением корректирующего коэффициента m_E . Однако максимальные значения осадки (прогиба) плиты различаются более чем в 2,8 раза.

Значения изгибающих моментов, определенные по двум расчетным схемам с использованием гипотезы линейно-деформируемого полупространства, отличаются не только количественно, но и качественно. На условно однородном основании с $E = m_E E_{пр}$ имеет место растяжение, как в верхней, так и нижней части поперечного сечения плиты. На неоднородном основании рас-

Табл. 3. Осадка и внутренние усилия различных вариантов расчета

Наименование расчетной схемы основания	Максимальная осадка, S, см	Момент M_x , кНм	Момент M_y , кНм	Поперечная сила Q_x , кН	Поперечная сила Q_y , кН
Винклера – Фусса /1/	31,5	-545,9 – 2278,3	-821,3 - 2872,4	-1270,0 – 2600,0	-1270,0 – 3900,0
Линейно-деформируемое полу-пространство (приведенное) /1/	11,0	-198,14 – 1929,0	8,12 – 2486,0	-1637,0 – 1205,0	-1476,0 – 1460
Линейно-деформируемое полу-пространство (неоднородное)	21,89	7,45 – 2497,0	19,54 – 3481,0	-2241,0 – 1179,0	-1484,0 – 1495,0

тяжение наблюдается только в нижней части сечения. Однако, следует заметить, что значения поперечных сил оказались практически одинаковыми.

Исходя из изложенного, при конструировании плиты выбрано наиболее неблагоприятное распределение внутренних усилий, которое получено с использованием расчетной схемы основания по гипотезе постоянного коэффициента постели.

Литература

1. Руководство по проектированию фундаментных плит каркасных зданий. М: Стройиздат, 1977, 128 с.
2. СНиП 2.02.01-83*. Основания зданий и сооружений. М., 1996.
3. Structure CAD.
4. ANSYS, www.cadfem.ru.