

doi: 10.5862/MCE.48.2

Подбор параметров грунтовых моделей в программном комплексе Plaxis 2D

*Магистрант О.В. Соколова,**Санкт-Петербургский государственный политехнический университет*

Аннотация. Для решения сложных геотехнических задач все чаще применяются программные комплексы на основе метода конечных элементов. Применение таких комплексов требует особого внимания к моделям грунтового основания и назначения параметров.

Рассмотрена проблема выбора модели грунтового основания при расчете осадки в тестовой задаче применительно к сложным инженерно-геологическим условиям Санкт-Петербурга. Проводилось сравнение полученных осадок в моделях Linear Elastic, Мора – Кулона, упругопластической с упрочнением Hardening Soil и упругопластической с упрочнением при малых деформациях Hardening Small Soil.

В статье представлены результаты калибровки параметров для модели основания по данным компрессионных испытаний грунта. Подтверждена необходимость проведения предварительных прикидочных расчетов для оценки корректности работы грунтовой модели при выполнении геотехнических расчетов.

Ключевые слова: численное моделирование; калибровка; параметры модели; модель Мора – Кулона; упругопластическая модель с упрочнением

Введение

В настоящее время при строительстве в условиях сложившейся исторической застройки особо важной задачей является минимизация влияния на здания, находящиеся в непосредственной близости к строительной площадке. Поскольку наибольшее воздействие происходит на этапе «нулевого цикла», особенно важно ограничивать перемещения ограждающих конструкций котлована и осадку фундаментов существующих зданий. Для решения сложных геотехнических проблем в современных условиях широко применяются программные комплексы, реализующие на конечно-элементной основе возможности моделирования задач, не имеющих точного аналитического или приближенного инженерного решений [1].

При этом важным вопросом для проектировщиков при проведении геотехнических расчетов является корректный выбор расчетной модели грунта, а также ее параметров для получения картины напряженно-деформированного состояния (НДС) основания. Перед инженером встает вопрос: использовать простую модель с известными параметрами или применять более сложную модель, но с рядом параметров, требующих дополнительного определения.

Наиболее часто для проведения геотехнических расчетов используется упругоидеальнопластическая грунтовая модель Мора – Кулона, которая определяется четырьмя расчетными параметрами, всегда имеющимися в инженерно-геологических отчетах: модулем общей деформации E , коэффициентом Пуассона ν , сцеплением c и углом трения φ [2, 3].

Однако использование данной модели для решения задач отрывки котлована некорректно, так как модуль общей деформации E не соответствует реальной работе грунта на стадии разгрузки. Из всех моделей, позволяющих учесть разгрузку грунта, наиболее широко известна упругопластическая грунтовая модель с упрочнением Hardening Soil (HS), реализованная в том числе и в программном комплексе Plaxis. Сложность использования данной модели заключается в задании дополнительных параметров жесткости, не указанных в стандартной таблице нормативных характеристик грунтов в составе инженерно-геологических отчетов. Модель HS рассматривает отдельно модуль деформации грунта при девиаторном нагружении (E_{50}^{ref}), модуль деформации при сжатии (E_{oed}^{ref}), а также модуль разгрузки и повторного нагружения грунта (E_{ur}^{ref}). Для получения указанных параметров необходимо проведение трехосных испытаний. В действительности чаще всего проектировщик имеет результаты стабилметрических испытаний только для нескольких грунтов из всего разреза, залегающих, как правило, на глубине больше 20 м. Остальные характеристики задаются исходя из рекомендаций разработчиков Plaxis [4–6]:

$$E_{50}^{ref} \approx E_{oed}^{ref} \quad (1)$$

$$E_{ur}^{ref} \approx 3 \cdot E_{50}^{ref}$$

Вопросом сравнения результатов при использовании разных грунтовых моделей, в том числе HS, занимались многие инженеры-геотехники [7–14]. Однако в подавляющем большинстве российские исследователи ограничиваются сравнением двух моделей на основе имеющихся стабиллометрических испытаний и не приводят результаты по подбору параметров для наиболее точного моделирования НДС основания, согласующегося с результатами натуральных испытаний. Более серьезным изучением выбора модели грунта и ее параметров для численного моделирования занимались А.И. Голубев, А.В. Селецкий, Л.А. Строкова и другие ученые, сделавшие серьезный вклад в развитие данной темы [15–17]. Зарубежными исследователями проводилось сравнение расчетов, выполненных в нескольких грунтовых моделях, с результатами полевых испытаний [18–21]. При этом проводились как калибровка работы модели путем решения обратной задачи и выработка алгоритма решения задачи [22, 23], так и подбор параметров на основе так называемого наследственного алгоритма оптимизации [24, 25]. В частности, результаты подбора параметров показали важность учета истории нагружения грунта [26]. Большинство работ наглядно демонстрирует преимущества усовершенствованных моделей грунта перед обычными – упругой и Мора – Кулона. Необходимо отметить, что особый интерес представляют зарубежные исследования в приложении к специфическим условиям Санкт-Петербурга и моделированию работы слабых пылевато-глинистых грунтов [15–25].

Исходные данные

В настоящей статье представлены результаты подбора параметров для моделей грунтов и сравнения результатов расчетов, проведенных для тестовой задачи, выполненной в программном комплексе Plaxis 2D. Задача выполнялась в плоской постановке. Данные по инженерно-геологическим элементам были взяты по конкретной площадке и являются характерными для центральной части Санкт-Петербурга (табл. 1).

Для оценки корректности заданных параметров грунтов произведен комплекс тестовых расчетов. В тестовой задаче был смоделирован однородный грунтовый массив размером 10x10 м, для которого поочередно назначались характеристики каждого инженерно-геологического элемента (ИГЭ) из выбранного геологического разреза, характерного для центральной части Санкт-Петербурга. Особое внимание уделялось пылевато-глинистым грунтам с низкими прочностными и жесткостными характеристиками. После первой фазы моделирования природных напряжений грунта на поверхности массива задавался фундамент с приложенной нагрузкой. Величина задаваемой нагрузки на грунтовый массив соответствовала давлению по подошве 100 кПа (рис. 1).

Первоначальный расчет данной задачи проводился с использованием трех моделей грунта:

- линейно-упругой модели (Linear Elastic – LE);
- модели Мора – Кулона (MC);
- упругопластической модели с упрочнением грунта (HS).

После проведения первых расчетов были не только откорректированы параметры задания трех исходных грунтовых моделей, но также добавлен расчет с использованием модели упрочняющегося грунта при малых деформациях – Hardening Small Soil (HSS).

Таблица 1. Основные характеристики грунтов и дополнительные параметры для моделей HS и HSS

Наименование грунта	Основные характеристики грунтов	Дополнительные параметры для модели HS	Дополнительные параметры для модели HSS
ИГЭ 4 супеси пылеватые серые с растительными остатками, с прослоями песка, текучие	$\gamma = 18.8 \frac{кН}{м^3}$ $\nu = 0.35$ $c = 7 кПа$ $\varphi = 21^\circ$ $E = 5400 кПа$	$E_{50}^{ref} = 5400 кПа$ $E_{oed}^{ref} = 5400 кПа$ $E_{oed}^{ref} = 8677 кПа$ $E_{ur}^{ref} = 16200 кПа$ $K_o = 0.642$	$G = 74644 кПа$ $\gamma_{0.7} = 0.34 \cdot 10^{-3}$

Наименование грунта	Основные характеристики грунтов	Дополнительные параметры для модели HS	Дополнительные параметры для модели HSS
ИГЭ 8 суглинки пылеватые серые неясно слоистые с растительными остатками текучие	$\gamma = 18.9 \frac{\kappa\text{H}}{\text{M}^3}$ $\nu = 0.35$ $c = 4 \text{кПа}$ $\varphi = 17^\circ$ $E = 5000 \text{кПа}$	$E_{50}^{\text{ref}} = 5000 \text{кПа}$ $E_{\text{oed}}^{\text{ref}} = 5000 \text{кПа}$ $E_{\text{oed}}^{\text{ref}} = 3940 \text{кПа}$ $E_{\text{ur}}^{\text{ref}} = 15000 \text{кПа}$ $K_o = 0.708$	$G = 75203 \text{кПа}$ $\gamma_{0.7} = 0.376 \cdot 10^{-3}$
ИГЭ 10 суглинки легкие пылеватые серые слоистые текучепластичные	$\gamma = 19.7 \frac{\kappa\text{H}}{\text{M}^3}$ $\nu = 0.35$ $c = 13 \text{кПа}$ $\varphi = 18^\circ$ $E = 6000 \text{кПа}$	$E_{50}^{\text{ref}} = 6000 \text{кПа}$ $E_{\text{oed}}^{\text{ref}} = 6000 \text{кПа}$ $E_{\text{oed}}^{\text{ref}} = 5776 \text{кПа}$ $E_{\text{ur}}^{\text{ref}} = 18000 \text{кПа}$ $K_o = 0.691$	$G = 91173 \text{кПа}$ $\gamma_{0.7} = 0.291 \cdot 10^{-3}$
ИГЭ 11 супеси пылеватые серые с гравием, галькой, с прослоями суглинка пластичные	$\gamma = 21.4 \frac{\kappa\text{H}}{\text{M}^3}$ $\nu = 0.35$ $c = 20 \text{кПа}$ $\varphi = 21^\circ$ $E = 12000 \text{кПа}$	$E_{50}^{\text{ref}} = 12000 \text{кПа}$ $E_{\text{oed}}^{\text{ref}} = 12000 \text{кПа}$ $E_{\text{oed}}^{\text{ref}} = 10478 \text{кПа}$ $E_{\text{ur}}^{\text{ref}} = 36000 \text{кПа}$ $K_o = 0.642$	$G = 136620 \text{кПа}$ $\gamma_{0.7} = 0.248 \cdot 10^{-3}$
ИГЭ 11а супеси пылеватые серые с гравием, валунами с прослоями суглинка твердые	$\gamma = 21.8 \frac{\kappa\text{H}}{\text{M}^3}$ $\nu = 0.35$ $c = 21 \text{кПа}$ $\varphi = 30^\circ$ $E = 16000 \text{кПа}$	$E_{50}^{\text{ref}} = 16000 \text{кПа}$ $E_{\text{oed}}^{\text{ref}} = 16000 \text{кПа}$ $E_{\text{oed}}^{\text{ref}} = 12544$ $E_{\text{ur}}^{\text{ref}} = 48000 \text{кПа}$ $K_o = 0.5$	$G = 149326 \text{кПа}$ $\gamma_{0.7} = 0.258 \cdot 10^{-3}$
ИГЭ 13 суглинки пылеватые серовато-коричневые с растительными остатками тугопластичные	$\gamma = 21.6 \frac{\kappa\text{H}}{\text{M}^3}$ $\nu = 0.35$ $c = 22 \text{кПа}$ $\varphi = 21^\circ$ $E = 7000 \text{кПа}$	$E_{50}^{\text{ref}} = 7000 \text{кПа}$ $E_{\text{oed}}^{\text{ref}} = 7000 \text{кПа}$ $E_{\text{oed}}^{\text{ref}} = 5966 \text{кПа}$ $E_{\text{ur}}^{\text{ref}} = 21000 \text{кПа}$ $K_o = 0.642$	$G = 144098 \text{кПа}$ $\gamma_{0.7} = 0.242 \cdot 10^{-3}$
ИГЭ 14 суглинки легкие пылеватые коричневатосерые слоистые мягкопластичные	$\gamma = 19.4 \frac{\kappa\text{H}}{\text{M}^3}$ $\nu = 0.35$ $c = 6 \text{кПа}$ $\varphi = 8^\circ$ $E = 5000 \text{кПа}$	$E_{50}^{\text{ref}} = 5000 \text{кПа}$ $E_{\text{oed}}^{\text{ref}} = 5000 \text{кПа}$ $E_{\text{oed}}^{\text{ref}} = 4453 \text{кПа}$ $E_{\text{ur}}^{\text{ref}} = 15000 \text{кПа}$ $K_o = 0.861$	$G = 83074 \text{кПа}$ $\gamma_{0.7} = 0.165 \cdot 10^{-3}$
ИГЭ 15 глины пылеватые голубовато-зеленые дислоцированные с обломками песчаника твердые	$\gamma = 21.2 \frac{\kappa\text{H}}{\text{M}^3}$ $\nu = 0.4$ $c = 177 \text{кПа}$ $\varphi = 27^\circ$ $E = 18000 \text{кПа}$	$E_{50}^{\text{ref}} = 18000 \text{кПа}$ $E_{\text{oed}}^{\text{ref}} = 18000 \text{кПа}$ $E_{\text{oed}}^{\text{ref}} = 10731 \text{кПа}$ $E_{\text{ur}}^{\text{ref}} = 54000 \text{кПа}$ $K_o = 0.546$	$G = 128411 \text{кПа}$ $\gamma_{0.7} = 0.716 \cdot 10^{-3}$

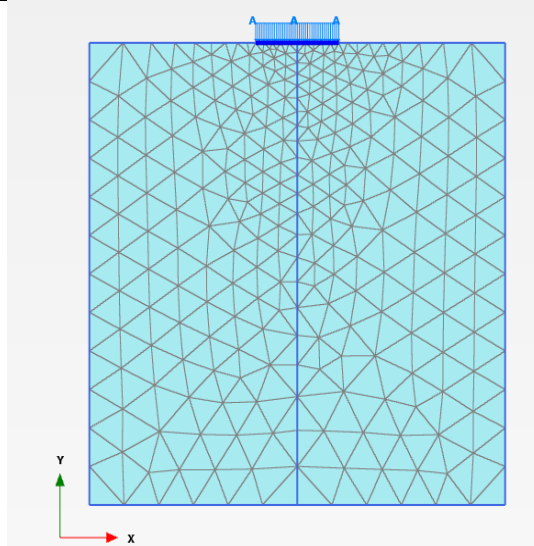


Рисунок 1. Конечно-элементная модель для тестовой задачи

Соколова О.В. Подбор параметров грунтовых моделей в программном комплексе Plaxis 2D

Моделирование тестовой задачи в моделях LE, MC и HS

В качестве критерия для определения корректной работы грунтовой модели и назначенных характеристик грунтов осадка, полученная в результате расчета тестовой задачи, сравнивалась с осадкой, посчитанной в соответствии с п. 5.6.31 СП 22.13330.2011 «Основания зданий и сооружений».

Было установлено, что для слабых грунтов осадка при давлении в 100 кПа совпадает с рассчитанными по СП значениями только для линейно-упругой модели. Для остальных моделей превышение осадки составляло от 30 до 50 % – для модели Мора – Кулона, от 100 до 170 % – для модели HS. Для отдельных грунтов в моделях с пластическими деформациями после приложения части нагрузки происходило разрушение грунта. Только для грунтов, находящихся в нижней части геологического разреза и имеющих более высокие прочностные характеристики по сравнению с другими грунтами (ИГЭ 10, 11, 11а, 13, 15), наблюдалась близкая корреляция осадок во всех моделях, кроме осадки в Hardening Soil.

Результаты тестовой задачи представлены в таблице 2.

Таблица 2. Осадка фундамента шириной 2 м в грунтовых моделях, реализованных в программном комплексе Plaxis, при давлении по подошве 100 кПа

№ грунта	s, мм (по СП)	s, мм (LE)	s, мм (MC)	s, мм (HS)
ИГЭ 4	45	46	69	123
ИГЭ 8	48	51	Достигнуто предельное состояние	
ИГЭ 10	40	42	53,2	103,5
ИГЭ 11	20	21,3	22	41,8
ИГЭ 11а	15	16	16,2	25,2
ИГЭ 13	34	36	37	70
ИГЭ 14	48	50,7	Достигнуто предельное состояние	
ИГЭ 15	13,4	12,3	12,3	16,6

Серьезные расхождения между величинами осадок для слабых грунтов объясняются тем, что заданное по подошве фундамента давление в 100 кПа сильно превосходит расчетное сопротивление и приводит к развитию значительной доли осадок, вызванных пластическим деформированием грунта. Так, на графике, представленном на рисунке 2, для текучей супеси хорошо видно, что вертикальные деформации в моделях LE и MC совпадают только в диапазоне давлений 0–30 кПа, затем начинаются расхождения между значениями осадки.

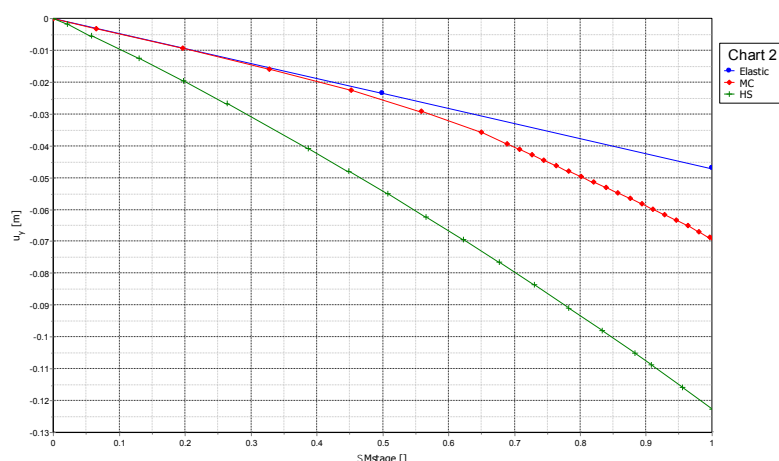


Рисунок 2. Характерный для всех инженерно-геологических элементов график зависимости давление/осадка, построенный для ИГЭ №4

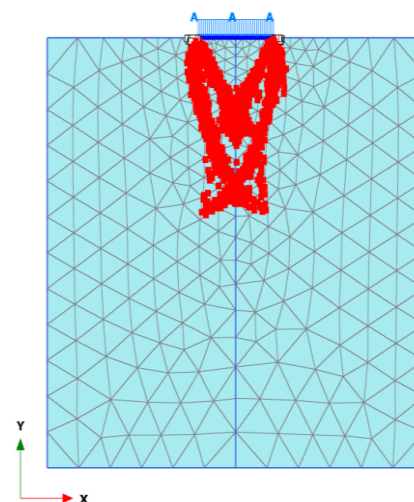


Рисунок 3. Развитие пластических точек в грунтовом массиве, смоделированном для ИГЭ №4. Величина давления по подошве фундамента – 100 кПа

Картина развития пластических точек в грунтовом массиве на рисунке 3 подтверждает данный вывод.

Соколова О.В. Подбор параметров грунтовых моделей в программном комплексе Plaxis 2D

Моделирование тестовой задачи в моделях LE, MC, HS и HSS

Поскольку все нормативные документы для оснований и фундаментов предусматривают расчет и проектирование с учетом преимущественно линейной работы грунта, было решено уменьшить давление по подошве фундамента до значения, при котором величина зон развития пластического деформирования под краями фундамента не превышала бы значения $0,4b$, где b – ширина фундамента. Такая величина зон пластики соответствует условию равенства давления по подошве расчетному сопротивлению под подошвой для всех рассматриваемых ИГЭ из разреза. Окончательно давление по подошве моделируемого фундамента было принято равным $\sim 0,5R$ (но не более 100 кПа), где R – расчетное сопротивление, посчитанное для каждого инженерно-геологического элемента в соответствии с п.5.6.7 СП 22.13330.2011 «Основания зданий и сооружений» (рис. 4).

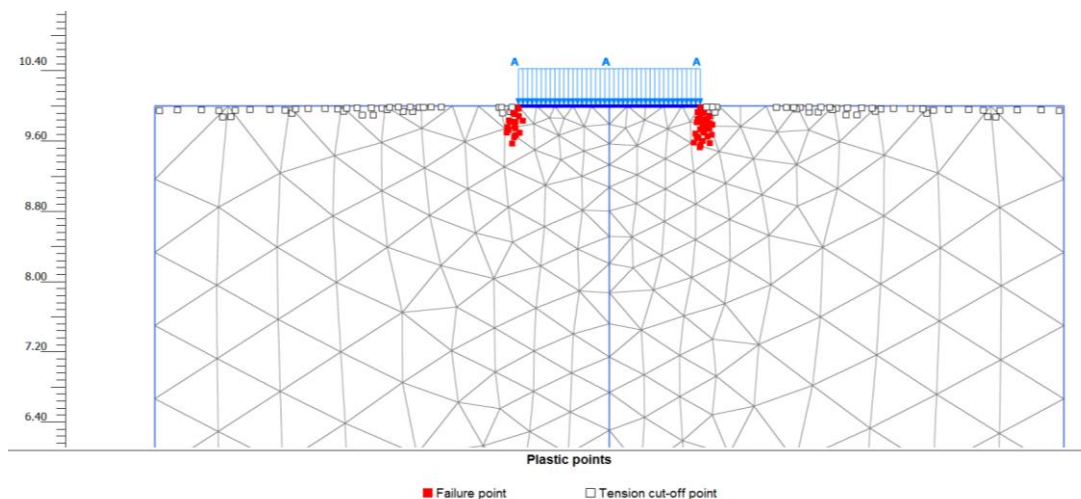


Рисунок 4. Развитие пластических точек в грунтовом массиве, смоделированном для ИГЭ №4. Величина давления по подошве фундамента $\sim 0,5R = 30$ кПа

Таблица 3. Величина расчетного сопротивления для однородного грунтового массива

№ грунта	ИГЭ 4	ИГЭ 8	ИГЭ 10	ИГЭ 11	ИГЭ 11a	ИГЭ 13	ИГЭ 14	ИГЭ 15
Величина расчетного сопротивления R , кПа	62	35	86	141	217	153	29	1302

Для определения одометрического модуля деформации, используемого в модели упрочняющегося грунта HS, были применены результаты компрессионных испытаний. Компрессионные испытания были проведены в ходе инженерно-геологических изысканий по стандартной методике по ГОСТ 12248-96. Отобранные образцы грунта последовательно нагружались ступенями по 50 кПа до максимальной нагрузки в 400 кПа. Одометрический модуль вычислялся с помощью коэффициентов пористости образца в интервале давлений 50–200 кПа.

В связи с уменьшением давления по подошве тестовая задача дополнительно была выполнена в реализации модели упрочняющегося грунта при малых деформациях (HSS). Для модели HSS дополнительно были заданы начальный модуль сдвига G_0 и уровень сдвиговой деформации $\gamma_{0,7}$, который был посчитан для глубины, соответствующей значению референсного давления 100 кПа.

Расчет в моделях HS и HSS был выполнен для двух вариантов задания модулей деформации: принятых по формуле (1) для первого случая и с учетом результатов компрессионных испытаний для второго.

Результаты моделирования представлены в таблице 4.

Таблица 4. Осадки фундаментов, полученные в различных моделях

№ грунта	Давление по подошве, кПа	s, мм				
		СП 22.13330.2011	LE	MC	HS	HSS
ИГЭ 4	30	7.4	14.1	14.4	28.9 / 19.8	22.9 / 55.8
ИГЭ 8	15	5.16	7.6	7.7	16.4 / 20.3	5.8 / 8.9
ИГЭ 10	50	17.7	21.2	21.7	42.8 / 44.3	28.9 / 30.9
ИГЭ 11	80	15.1	17	17.4	31.2 / 35.2	15.4 / 20.2
ИГЭ 11а	100	15	16	16.2	25.6 / 31.6	13.3 / 20.3
ИГЭ 13	90	30.9	32.7	33.4	60.1 / 69.2	12.8 / 10.6
ИГЭ 14	10	2.9	5.1	5.2	11.2 / 12.26	6.73 / 8.03
ИГЭ 15	100	13.4	12.3	12.3	17.7 / 29.7	2.6 / 10.7

Заключение

Приведенные результаты моделирования подтверждают важность выбора грунтовой модели и расчетных параметров при проведении геотехнических расчетов.

Можно говорить о том, что наиболее корректно осадку для слабых пылевато-глинистых грунтов, залегающих в верхней части геологической толщи, описывают модели Мора – Кулона и Hardening Small Soil. Однако необходимо с осторожностью применять модель Hardening Small Soil для грунтов, залегающих на глубине более 40 м. Так, для инженерно-геологических элементов №13, 14, 15, находящихся на глубинах 50–60 м, осадка была занижена.

Для получения более правильного поведения грунтовой модели необходимо наличие стабилметрических испытаний. Компрессионные испытания не позволяют откорректировать все входные параметры.

При отсутствии стабилметрических испытаний и задании характеристик грунтов в соответствии с рекомендациями разработчиков Plaxis модель Hardening Soil можно использовать только для первичного моделирования поведения грунта.

При создании конечно-элементной модели, решении задач и принятии проектных решений для задач «нулевого цикла» необходимо проведение предварительных прикидочных расчетов, подтверждающих корректность работы грунтовых моделей.

Литература

1. Фадеев А.Б. Метод конечных элементов в геомеханике. М.: Недра, 1987. 221 с.
2. Brinkgreve R.B.J., Broere W., Waterman D. Plaxis 2D-version 9. Finite Element Code for Soil and Rock Analyses. User Manual. Rotterdam: Balkema, 2008.
3. Vermeer P.A., Brinkgreve R.B.J. Manual of Plaxis. Rotterdam, 2001.
4. Shanz T., Vermeer P.A., Bonnier P.G. The hardening soil model: Formulation and verification // Beyond 2000 in Computational Geotechnics – 10 2014s of Plaxis. P.1–16.
5. Сливцев К.В. Определение внутренних параметров модели Hardening Soil Model // Геотехника. 2010. № 6. С. 55–59.
6. Фадеев А.Б. Параметры модели упрочняющегося грунта программы «PLAXIS». СПб.: Изд-во СПбГАСУ, 2012. С. 13–20.
7. Гаркавко А.А. Конструктивные решения крепления стен глубокого котлована. Магистерская дисс. СПб, СПбГПУ, 2011.
8. Парамонов В.Н. Экспериментальная проверка применимости некоторых моделей грунта для расчета ограждения котлованов // Вестник Томского государственного архитектурно-строительного университета. 2008. №4. С.139–145.
9. Сливцев К.В. Исследование работы ограждений котлованов, разрабатываемых в пылевато-глинистых грунтах. Дисс. канд.техн.наук, Санкт-Петербург. 2009.

10. Тер-Мартirosян А.З., Мирный А.Ю., Сидоров В.В., Соболев Е.С. Определение параметров модели Hardening Soil по результатам лабораторных испытаний // Геотехника. Теория и практика. Общероссийская конференция молодых ученых, научных сотрудников и специалистов: межвузовский тематический сборник трудов. СПб.: Изд-во СПбГАСУ, 2013. С. 141–146.
11. Шерстяных К.Э. Анкерное крепление стен глубокого котлована. Магистерская дисс. / СПбГПУ. СПб, 2011. 94 с.
12. Безгадов М. А., Калошина С. В. Выбор модели грунта при численном моделировании влияния разработки глубоких котлованов на существующую застройку // Вестник ПНИПУ. Урбанистика. 2012. №2. С. 17–27.
13. Колыбын И.В. Уроки аварийных ситуаций при строительстве котлованов в городских условиях // Развитие городов и геотехническое строительство. 2008. №12. С. 30–66.
14. Чунюк Д.Ю., Ярных В.Ф. Снижение геотехнических рисков в строительстве на примере расчета и проектирования глубоких котлованов в стесненных условиях мегаполисов // Вестник МГСУ. 2009. №2. С. 168–176.
15. Голубев А.И., Селецкий А.В. К вопросу о выборе модели грунта для геотехнических расчетов // Актуальные научно-технические проблемы современной геотехники. Том 2. СПб.: Изд-во СПбГАСУ, 2009. С. 6–10.
16. Строкова Л. А. Научно-методические основы численного прогноза деформирования грунтовых оснований. Автореферат дисс. на соискание ученой степени доктора наук. Томск, 2011.
17. Строкова Л. А. Определение параметров для численного моделирования грунтов // Известия Томского Политехнического университета. 2008. Т. 313. №1. С. 69–74.
18. Benz T., Schwab R., Vermeer P.A. On the practical use of advanced constitutive laws in finite element foundation analysis // Fondsup 2003 International Symposium. 2003. Pp. 8–16.
19. Wheeler S.J., Cudny M., Neher H.P., Wiltafsky C. Some developments in constitutive modeling of soft clays // International Workshop on Geotechnics of Soft Soils-Theory and Practice. 2003. Pp. 101–121.
20. Wiltafsky C., Scharinger F., Schweiger H.F. Results from a geotechnical benchmark exercise of an embankment on soft clay // International Workshop on Geotechnics of Soft Soils-Theory and Practice. 2003. Pp. 67–73.
21. Brinkgreve R. B. J. Selection of sil models and parameters for geotechnical engineering application // Soil Constitutive Models: Evaluation, Selection, and Calibration / Ed. J.A.Yamamuro, V.N.Kaliakin. American Society of Civil Engineers, 2005. Vol. 128. Pp. 69–98.
22. Calvello M., Finno R.J. Selecting parameters to optimize in model calibration by inverse analysis // Computers and Geotechnics. Vol. 31. Issue 5. Pp. 420–424.
23. Barla M., Barla G. Torino subsoil characterization by combining site investigations and numerical modelling // Geomechanics and Tunelling. 2012. Vol. 3. Pp. 214–232.
24. Rokonuzzaman M., Sakai T. Calibration of the parameters for a hardening-softening constitutive model using genetic algorithms // Computers and Geotechnics. 2010. Vol. 37. Issue 4. Pp. 573–579.
25. Hashash Y.M.A., Levasseur S., Osouli A., Finno R., Malecot Y.. Comparison of two inverse analysis techniques for learning deep excavation response // Computers and Geotechnics. 2010. Vol. 37. Issue 3. Pp. 323–333.
26. Sultan N., Cui Y.-J., Delage P. Yielding and plastic behaviour of Boom clay // Geotechnique. 2010. Vol. 60. Issue 9. Pp. 657–666.

Ольга Владимировна Соколова, Санкт-Петербург, Россия

Тел. моб.: +7(981)884-22-62; эл. почта: falconer87@mail.ru

© Соколова О. В., 2014

doi: 10.5862/MCE.48.2

The selection of soil models parameters in Plaxis 2D

O.V. Sokolova*Saint-Petersburg State Polytechnical University, Saint-Petersburg, Russia
+79818842262; e-mail: falconer87@mail.ru*

Key words

computational modeling; calibration; model parameters; Mohr – Coulomb model; Hardening Soil model

Abstract

Finite element method is often used to solve complex geotechnical problems. The application of FEM-based programs demands special attention to setting models parameters and simulating soil behavior.

The paper considers the problem of the model selection to describe the behavior of soils when calculating soil settlement in the check task, referring to complicated geotechnical conditions of Saint Petersburg. The obtained settlement values in Linear Elastic model, Mohr – Coulomb model, Hardening Soil model and Hardening Soil Small model were compared.

The paper presents results of calibrating parameters for a geotechnical model obtained on the data of compression testing. The necessity of prior calculations to evaluate the accuracy of a soil model is confirmed.

References

1. Fadeyev A. B. *Metod konechnykh elementov v geomekhanike* [Finite element method in geomechanics]. Moscow: Nedra, 1987. Pp. 1–221. (rus)
2. Brinkgreve R.B.J., Broere W., Waterman D. *Plaxis 2D-version 9. Finite Element Codefor Soiland Rock Analyses. User Manual*. Rotterdam: Balkema, 2008.
3. Vermeer P.A., Brinkgrive R.B.J. *Manual of Plaxis*. Rotterdam, 2001.
4. Shanz T., Vermeer P. A., Bonnier P. G. The hardening soil model: Formulation and verification. *Beyond 2000 in Computational Geotechnics – 10 years of Plaxis*. Pp. 1–16.
5. Slivets K.V. Opredeleniye vnutrennikh parametrov modeli Hardening Soil Model [Definition of the internal parameters of Hardening Soil Model]. *Geotekhnika*. 2010. No. 6. Pp. 55–59. (rus)
6. Fadeyev A.B. *Parametry modeli uprochnyayushchegosya grunta programmy «PLAXIS»* [Parameters of Hardening Soil Model realised in program PLAXIS]. Saint-Petersburg: Izd-vo SPbGASU, 2012. Pp. 13–20. (rus)
7. Garkavko A.A. *Konstruktivnyye resheniya krepleniya sten glubokogo kotlovana* [Construction solutions of deep excavation support suystems]. Master's thesis. Saint-Petersburg: SPbGPU, 2011. (rus)
8. Paramonov V.N. Eksperimentalnaya proverka primenimosti nekotorykh modeley grunta dlya rascheta ograzhdeniya kotlovanov [Experimental verification of the adaptability of some soil models for calculation of retaining walls]. *Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo arkhitekturo-stroitel'nogo universiteta*. 2008. No. 4. Pp.139–145. (rus)
9. Slivets K.V. *Issledovaniye raboty ograzhdeniy kotlovanov, razrabatyvayemykh v pylevato-glinistykh gruntakh* [Investigation of retaining walls developed in silty and clayey soils]. PhD theis. Saint-Petersburg, 2009. (rus)
10. Ter-Martirosyan A.Z., Mirnyy A.Yu., Sidorov V.V., Sobolev Ye.S. Opredeleniye parametrov modeli Hardening Soil po rezultatam laboratornykh ispytaniy [Determination of parameters of Hardening Soil model by the results of laboratory soil testing]. *Geotekhnika. Teoriya i praktika. Obshcherossiyskaya konferentsiya molodykh uchenykh, nauchnykh sotrudnikov i spetsialistov: mezhvuzovskiy tematicheskii sbornik trudov* [Geotechnics. Theory and practice. All-Russian Conference of Young Scientists, researchers and professionals: interuniversity thematic collection of works]. Saint-Petersburg: Izd-vo SPbGASU, 2013. Pp. 141–146. (rus)
11. Sherstyanykh K. E. *Ankernoye krepleniye sten glubokogo kotlovana* [Ground-anchor fencing of excavation support]. Master's thesis. Saint-Petersburg: SPbGPU, 2011. 94 p. (rus)
12. Bezgadov M. A., Kaloshina S. V. *Vybor modeli grunta pri chislennom modelirovanii vliyaniya razrabotki glubokikh kotlovanov na sushchestvuyushchuyu zastroyku* [Selecting a soil model for computational Sokolova O.V. The selection of soil models parameters in Plaxis 2D

- modeling of the influence of deep excavation on existing buildings]. *Vestnik PNIPU. Urbanistika*. 2012. No. 2. Pp. 17–27. (rus)
13. Kolybyn I.V. Uroki avariynykh situatsiy pri stroitelstve kotlovanov v gorodskikh usloviyakh [Experience of emergency accidents during the excavations in urban conditions]. *Razvitiye gorodov i geotekhnicheskoye stroitelstvo*. 2008. No 12. Pp. 30–66. (rus)
 14. Chunyuk D.Yu., Yarnykh V.F. Snizheniye geotekhnicheskikh riskov v stroitelstve na primere rascheta i proyektirovaniya glubokikh kotlovanov v stesnennykh usloviyakh megapolisov [Reducing geotechnical risks in construction on the example of calculation and design of deep excavations in cramped conditions megacities]. *Vestnik MGSU*. 2009. No 2. Pp.168–176. (rus)
 15. Golubev A. I., Seletskiy A. V. K voprosu o vybore modeli grunta dlya geotekhnicheskikh raschetov [On the selection of soil model for geotechnical calculations]. *Aktualnyye nauchno-tekhnicheskiye problemy sovremennoy geotekhniki. Tom 2* [Actual scientific and technical problems of modern geotechnics. Vol. 2]. Saint-Petersburg: Izd-vo SPbGASU, 2009. Pp. 6–10. (rus)
 16. Strokova L.A. *Nauchno-metodicheskiye osnovy chislennogo prognoza deformirovaniya gruntovykh osnovaniy* [Scientific and methodical principles of computational modeling of deformation soils]. Abstract of doctoral thesis. Tomsk, 2011. (rus)
 17. Strokova L. A. Opredeleniye parametrov dlya chislennogo modelirovaniya gruntov [Determination of parameters for computational modeling of soils]. *Bulletin of Tomsk Polytechnic University*. 2008. Vol. 313. No. 1. Pp. 69–74. (rus)
 18. Benz T., Schwab R., Vermeer P.A. On the practical use of advanced constitutive laws in finite element foundation analysis. *Fondsup 2003 International Symposium*. 2003. Pp. 8–16.
 19. Wheeler S.J., Cudny M., Neher H.P., Wiltafsky C. Some developments in constitutive modeling of soft clays. *International Workshop on Geotechnics of Soft Soils-Theory and Practice*. 2003.
 20. Wiltafsky C., Scharinger F., Schweiger H.F. Results from a geotechnical benchmark exercise of an embankment on soft clay. *International Workshop on Geotechnics of Soft Soils-Theory and Practice*. 2003. Pp. 67–73.
 21. Brinkgreve R. B. J. Selection of soil models and parameters for geotechnical engineering application. *Soil Constitutive Models: Evaluation, Selection, and Calibration*. Ed. J.A.Yamamuro, V.N.Kaliakin. American Society of Civil Engineers, 2005. Vol. 128. Pp. 69–98.
 22. Calvello M., Finno R.J. Selecting parameters to optimize in model calibration by inverse analysis. *Computers and Geotechnics*. 2004. Vol. 31. Issue 5. Pp. 420–424.
 23. Barla Marco; Barla Giovanni. Torino subsoil characterization by combining site investigations and numerical modelling. *Geomechanics and Tunneling*. 2012. Vol. 3. Pp.214–232.
 24. Rokonzaman M., Sakai T. Calibration of the parameters for a hardening-softening constitutive model using genetic algorithms. *Computers and Geotechnics*. 2010. Vol. 37. Issue 4. Pp. 573–579.
 25. Hashash Y.M.A., Levasseur S., Osouli A., Finno R., Malecot Y. Comparison of two inverse analysis techniques for learning deep excavation response. *Computers and Geotechnics*. 2010. Vol. 37. Issue 3. Pp. 323–333.
 26. Sultan Y.-J.Cui, P.Delage. Yielding and plastic behaviour of Boom clay. *Geotechnique*. 2010. Vol. 60. Issue 9. Pp. 657–666.

Full text of this article in Russian: pp. 10–16