

8. Грунты. Методы полевых испытаний сваями: ГОСТ 5686–96. – Введ. 01.01.96. – Минск: Межгос. науч.-технич. комиссия по стандартизации, технич. нормированию и сертификации в строительстве: НИИОСП им. Герсеванова, 1996. – 36 с.

9. Сороко, Р.А. Деформируемость основания здания на сплошной фундаментной плите, усиленной локальными сваями: дис. маг. техн. наук: 1-70.80.01 / Р.А. Сороко. – Минск, 2015. – 65 л.

УДК 624.131.37:624.131.43

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ДИЛАТАНТНЫХ ПЕРЕМЕЩЕНИЙ В ИСПЫТАНИЯХ НА КОНТАКТНЫЙ СДВИГ

УЛАСИК Т. М.

Белорусский национальный технический университет
Минск, Беларусь

В исследованиях, посвященных влиянию дилатансии на прочность несвязного грунта [1–3] отмечается, что коэффициент упругого отпора при равномерном сжатии массива грунта отражает пропорциональность между приращением дилатантных напряжений и соответствующих дилатантных перемещений:

$$K = \Delta\sigma_d / \delta_d, \quad (1)$$

где K – коэффициент упругого отпора;

$\Delta\sigma_d$ – дилатантное напряжение;

δ_d – дилатантное перемещение.

Тогда для определения значений дилатантных перемещений в испытаниях на контактный сдвиг

$$\delta_d = f(\Delta\sigma_d, K). \quad (2)$$

Отсюда можно сделать вывод, что дилатантное напряжение, с одной стороны, является величиной, зависящей от прочностных параметров грунта, таких, как угол внутреннего трения, а, с другой стороны, зависит от упругих свойств грунтового массива, располагающегося над плоскостью сдвига. В свою очередь и дилатантная

составляющая сдвига является функцией коэффициента упругого отпора K и дилатантного перемещения δ_d .

$$\tau_d = f(K, \delta_d). \quad (3)$$

Следовательно, такая же прямо пропорциональная зависимость существует между предельными сдвигающими напряжениями и упругими свойствами грунтового массива.

На рис. 1 приведена схема контактного сдвига, где δ_d дилатантное перемещение, приращение толщины контактного слоя в процессе сдвига, σ_{no} – начальное вертикальное давление, возникающее от собственного веса грунта, $\Delta\sigma_d$ – дилатантное напряжение, возникающее при сдвиге (формулы 1, 2), σ_n – вертикальное давление с учетом дилатантного напряжения.

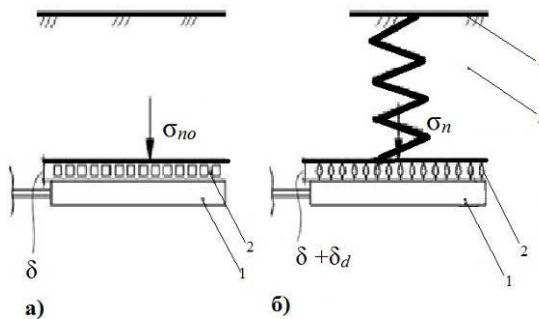


Рис. 1. Схема сдвига по контакту корня анкера в массиве грунта:
a – начальное состояние до начала сдвига; *б* – состояние предельной мобилизации контактного трения по поверхности корня анкера:
 1 – корень анкера; 2 – зона дилатансии; 3 – массив несвязного грунта;
 4 – граница зоны распределения упругих деформаций, поверхность грунта

В проведенных нами исследованиях на контактный сдвиг для различных видов несвязного грунта были определены дилатантные перемещения, составляющие, как правило, доли миллиметров. Какие же физические характеристики определяют величину дилатантных перемещений при контактном сдвиге?

При испытании несвязных грунтов зачастую возникает вопрос, к каким параметрам плотности отнести измеряемые при сдвиге прочностные параметры. Следует ли отнести их к начальному, исходному

состоянию несвязного грунта, либо к состоянию уплотненному, полученному уже в ходе опыта? Если к уплотненному состоянию, тогда параметры прочности в первую очередь должны зависеть, главным образом от гранулометрического состава, минерального состава зерен грунта, их окатанности. Такие характеристики как исходная плотность сложения, текстура, структура обычно выступают в роли второстепенных факторов [2]. Однако, для достижения несвязным грунтом состояния критической плотности и формирования дилатантных перемещений, важны, в первую очередь, именно эти второстепенные факторы, поскольку именно они определяют условия развития дилатансии при контактном сдвиге.

Если сравнить дилатантный распор, возникающий в песке пылеватом однородном, песке мелком однородном и песке крупном, то большее значение всегда фиксируется для более крупного песчаного грунта (сравнительные данные приведены в табл.1).

Таблица 1

Значения $\Delta\sigma_d$, $\Delta\tau_d$ и δ_d для песков различной крупности при изменении влажности в испытаниях

Вид грунта	$\Delta\sigma_d$, МПа	$\Delta\tau_d$, МПа	δ_d , мм	$\Delta\sigma_d$, МПа	$\Delta\tau_d$, МПа	δ_d , мм
	Образцы с влажностью до 5 %			Образцы с влажностью до 8 %		
Песок крупный среднеоднородный	0,148	0,065	0,217	0,143	0,061	0,210
Песок мелкий однородный	0,080	0,046	0,118	0,077	0,044	0,113
Песок пылеватый однородный	0,054	0,316	0,08	0,053	0,027	0,077

Известно, что за основу модели контактного сдвига принято допущение: вся зона деформаций грунта разделяется на зону упругих деформаций и область пластических деформаций [1]. Условная граница, отделяющая слой пластических деформаций скольжения зерен грунта от области упругих деформаций в массиве грунта, располагается нормально к плоскости сдвига и к вертикальной дилатантной составляющей напряжения $\Delta\sigma_d$.

Все деформации формоизменения при сдвиге, связанные с явлениями дилатансии или контракции, ведут к расширению или сужению полосы сдвига. В свою очередь, дилатантные напряжения неотъемлемо связаны с вертикальными дилатантными перемещениями δ_d и упругими деформациями, происходящими в исследуемом грунте.

Схема, показывающая начальное расположение зерен несвязного грунта, а также положение после приложения сдвигающей нагрузки с формированием дилатантного распора, который возникает непосредственно как следствие дилатантных перемещений, показана на рис. 2.

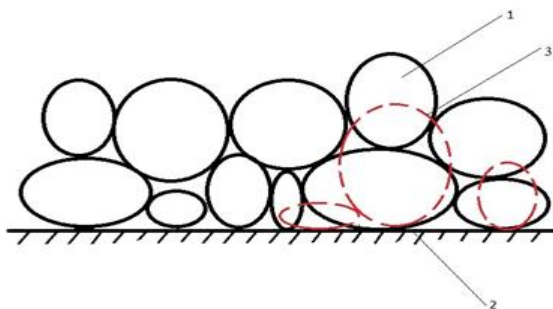


Рис. 2. Схема расположения зерен несвязного грунта у контактной поверхности: 1 – зерна несвязного грунта; 2 – контактная поверхность; 3 – положение зерен грунта после мобилизации контактного трения (разворот зерен)

Дилатантные перемещения для условий «стесненной» дилатансии, определенные нами при испытании песка крупного, среднеоднородного ($U_{max} = 6,28$) довольно незначительны и составляют $\delta_d = 0,14$ мм, $\sigma_o = 0,1$ МПа; $\delta_d = 0,19$ мм, $\sigma_o = 0,2$ МПа с коэффициентом упругого отпора $K = 420$ МН/м³. Соответствующие им дилатантные напряжения составили 0,05 МПа и 0,075 МПа.

Очевидно, что перемещения, составляющие доли миллиметров, вызывают значительный прирост нормального давления в плоскости сдвига.

В момент сдвига, как известно, грунт достигает определенной или «критической» плотности. И то, насколько близкой будет плотность грунта от начала испытания к «критической», определит дальнейшее поведение исследуемого образца [5]. Нами отмечен тот

факт, что в опытах на сдвиг несвязных грунтов при различных значениях нормального давления в диапазоне 0,1 МПа до 0,5 МПа предельные сдвигающие напряжения могут возникать как на этапе контракции, так и на этапе дилатансии.

Дилатантные перемещения в несвязном грунте влияют не только на дилатантный распор, но и на значение угла контактного трения. В сравнительных сдвиговых испытаниях нами было получены результаты, показывающие увеличение угла контактного трения при процентном увеличении содержания в образце более крупных зерен.

Так в испытаниях с коэффициентом упругого отпора $K = 680 \text{ МН/м}^3$ для песка среднеоднородного $U_{max} = 6,28$, угол контактного трения составил $24,5^\circ$, а для искусственной смеси – $33,7^\circ$ (приготовлена искусственная смесь на основе песка среднеоднородного с добавлением 8 % зерен диаметром 5–10 мм и 12 % зерен диаметром более 10 мм от общей массы грунта).

Некоторые исследователи отмечают, что «...важным фактором, определяющим несущую способность основания, является связанная с проявлением дилатантных свойств плотных песков их способность к снижению сопротивляемости сдвигу» [3]. Очевидно, что здесь речь идет об условиях дилатирования, когда отсутствуют стеснения объемных деформаций, что соответствует условиям свободного дилатирования грунта. Схожие результаты были получены и в наших опытах [4, 5]. Из этого следует, что достижение «критической» плотности [1] после этапа контракции позволяет зернам несвязного грунта переупаковаться так, что на этапе дилатансии, постепенно приближаясь к состоянию «критической» плотности, несвязный грунт проявляет большую сопротивляемость сдвигу, чем при условии только дилатансии.

Дилатансия плотного песка при сдвиге грунта практически всегда сопровождается этапом контракции, когда происходит переупаковка зерен от вертикального давления и сдвигающего усилия. Этот этап неизменно сменяется дилатансией. Глубина так называемой «петли контракции» характеризует как начальное состояние грунта (плотность, влажность, форму и размеры зерен грунта, минеральный состав их), так и изменение начального, нормального давления, степень изменения пористости от момента приложения вертикального давления до завершения испытания. Чем больше «глубина петли контракции», тем более рыхлым будет несвязный грунт до

начала сдвиговых испытаний, и чем плотнее испытываемый грунт, тем меньше «петля контракции».

Таким образом определяющей характеристикой испытаний грунтов на контактный сдвиг являются дилатантные перемещения, с формированием которых можно зафиксировать приращение вертикального давления на величину $\Delta\sigma_d$. При этом физические характеристики начального (до сдвига) состояния несвязного грунта оказывают непосредственное влияние на величину дилатантных перемещений.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Соболевский, Д.Ю. Прочность и несущая способность дилатирующего грунта / Д.Ю. Соболевский. – Минск: Навука і тэхніка, 1994. – 232 с.
2. Соболевский, Д.Ю. Прогресс геотехники и проблема дилатансии в механике грунтов / Д.Ю. Соболевский // Будаўніцтва – Строительство – Construction. – Минск, 2003. – № 1–2. – С. 40–47.
3. Малышев, М.В. Прочность грунтов и устойчивость оснований сооружений / М.В. Малышев. – М.: Стройиздат, 1980. – 136 с.
4. Уласик, Т.М. Несущая способность свайных фундаментов с учетом скорректированного значения расчетного сопротивления на боковой поверхности / Т.М. Уласик // Вестник Полоцкого гос. ун-та. Строительство. Прикладные науки. – 2010. – № 12. – С. 82–86.
5. Уласик, Т.М. Прочностные характеристики неоднородного песчаного грунта / Т.М. Уласик // Перспективы развития новых технологий в строительстве и подготовке инженерных кадров Республики Беларусь : матер. VI Междунар. научно-метод. семинара, Минск, 17–20 окт. 2000 г. / БГПА ; редкол.: Н.П. Блещик [и др.]. – Минск, 2000. – С. 470–473.