

УДК 624.13

КОЭФФИЦИЕНТ ПУАССОНА В ГЕОМЕХАНИКЕ

Тугаенко Ю.Ф. (Одесская государственная академия строительства и архитектуры, г. Одесса)

Приведены принципы и результаты определения коэффициента бокового расширения по результатам полевых исследований.

В строительной механике коэффициент Пуассона определяется отношением относительной поперечной деформации к относительной продольной деформации. Это показатель упругих свойств материалов.

В грунтах упругие деформации наблюдаются при напряжениях, не превышающих их структурной прочности, при которых правомерно применять коэффициент Пуассона.

Впервые в механике грунтов связь между коэффициентом бокового давления и коэффициентом Пуассона установлена теоретически [1]. Коэффициент бокового давления определен косвенно, а не прямыми измерениями. Постоянство пористости принятое в полученных зависимостях предполагает отсутствие остаточных деформаций.

Фактически боковое расширение является следствием необратимых (остаточных) деформаций, возникающих при напряжениях превышающих структурную прочность. В этом случае применение коэффициента Пуассона неправомерно. Оценивать боковые деформации следует коэффициентом бокового расширения, значение которого зависит от многих параметров определяющих совместное деформирование системы фундамент – грунты основания.

В геомеханике пока еще не разработаны методы определения коэффициента бокового расширения, а их значения отождествляются с коэффициентом Пуассона.

Под влиянием внешней нагрузки в грунтах основания, в пределах объема зоны деформации, возникают упругие и остаточные деформации. Остаточные деформации нарастают в пределах объема зоны упругих деформаций при давлениях превышающих структурную прочность [6]. На рис. 1 приведена схема деформирования грунтов в основании фундамента. Зона остаточных деформаций ограничена поверхностью, по которой напряжения от приложенной нагрузки и веса грунта в пределах зоны деформации уравниваются структурной прочностью.

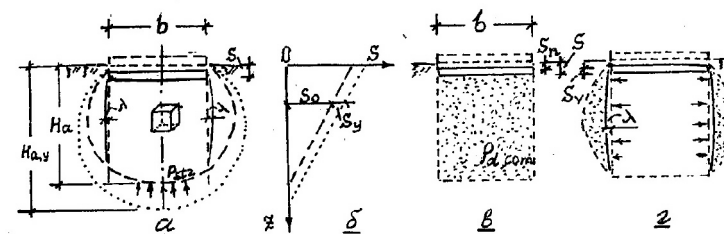


Рис. 1. Схема деформирования грунтов в основании фундамента: а) границы зон упругих и остаточных деформаций; б) эпюры упругих и остаточных деформаций; в, г) деформации за счет уплотнения и бокового расширения

Под площадью подошвы фундамента, в пределах объема грунта на глубину зоны деформации, ограниченного вертикальными поверхностями по его периметру наблюдается два вида необратимых деформаций: *уплотнения* и *бокового расширения*. Внешним их проявлением является осадка фундамента являющаяся суммой осадок вызванных уплотнением и боковым расширением. Оба вида деформаций нарастают одновременно.

Деформации уплотнения являются следствием уменьшения пористости грунта. Значение относительной деформации за счет снижения пористости (ϵ_n) можно получить по результатам определения плотности сухого грунта до, и после уплотнения.

На рис.2 приведена схема деформирования элементарного единичного объема грунта находящегося в пределах зоны деформации на центральной оси фундамента (см. рис.1)

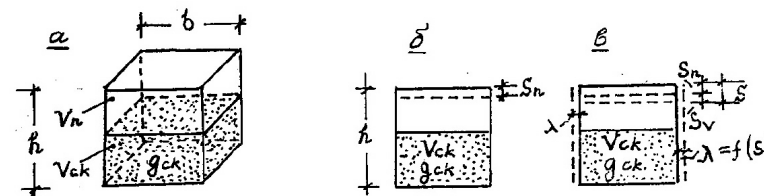


Рис. 2. Схема изменения параметров единичного объема грунта в процессе его деформирования

В процессе уплотнения сокращается объем пор при сохранении объема и веса минеральных частиц. В результате повышается плотность сухого грунта от природного значения ρ_d до уплотненного $\rho_{d,com}$. Их значения определяются по зависимостям:

$$\rho_d = g_{ck} / V \quad (1)$$

$$\rho_{d,com} = g_{ck} / (V - V_s) \quad (2)$$

где: g_{ck} – вес частиц грунта в единице объема V ; $V_s = s_n \cdot b^2$ – объемная осадка.

Относительная деформация за счет уплотнения равна отношению объемной осадки к начальному объему:

$$\varepsilon_n = V_s / V \quad (3)$$

Подставляя в (3) значения V_s и V определенные из (1) и (2) получим:

$$\varepsilon_n = 1 - \rho_d / \rho_{d,com} \quad (4)$$

Деформации бокового расширения возникают в результате расклинивающего эффекта возникающего в процессе уплотнения при взаимном перемещении минеральных частиц. Следствием бокового расширения является изменение формы единичного объема – увеличение размеров поперечного сечения за счет уменьшения высоты.

В результате боковых деформаций происходит расширение объема грунта под подошвой фундамента в стороны, за пределы вертикальной поверхности по его периметру [2;3;4;6].

На рис. 3 приведена схема деформирования единичного объема грунта за счет уплотнения и бокового расширения.

Допуская, что в единичном объеме грунта, расположенном в основании вдоль центральной вертикальной оси, его расширение от боковых деформаций λ равномерно и симметрично во все стороны получим:

$$\lambda = s_v \cdot b / 4h \quad (5)$$

Относительную деформацию в поперечном сечении (ε_λ) можно определить отношением приращения поперечного сечения (2λ) к начальному размеру сечения (b)

$$\varepsilon_\lambda = 2\lambda / b = s_v / 2h \quad (6)$$

Коэффициент бокового расширения ν является отношением относительной деформации в поперечном сечении к относительной деформации в продольном направлении:

$$\nu = \varepsilon_\lambda / \varepsilon, \quad (7)$$

подставляя в формулу (7) значение ε_λ из (6) и $\varepsilon = s / h$ получим:

$$\nu = s_v / 2s \quad (8)$$

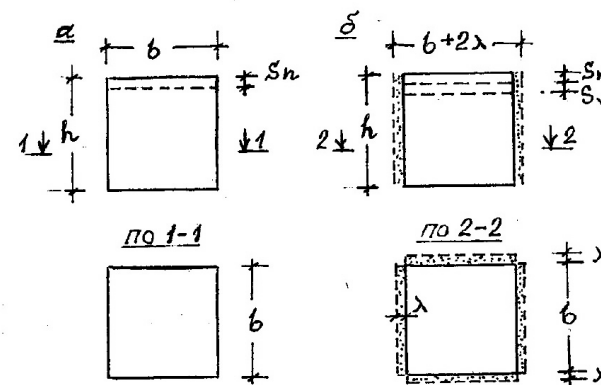


Рис. 3. Схема изменения параметров единичного объема грунта в процессе его деформирования

Результаты исследований процессов развития деформаций в основаниях опытных фундаментов свидетельствуют о влиянии их размеров, давления по подошве, состава грунтов, их состояния и показателей сжимаемости на значение коэффициента бокового расширения.

На рис. 4 и в табл. 1 приведены результаты исследований деформаций в грунтах основания опытных фундаментов площадью 0,04...0,5 м² [3]. Из двух серий испытаний, для каждой пары фундаментов с равной площадью подошвы определены значения глубины зоны деформации по эпюрам деформаций построенным по значениям перемещений фиксаторов (рис.4,б). По полученным данным и измеренным значениям осадок построены зависимости глубины зоны деформации и осадки от

размера фундамента (рис.4,г), по которым определены их средневзвешенные значения.

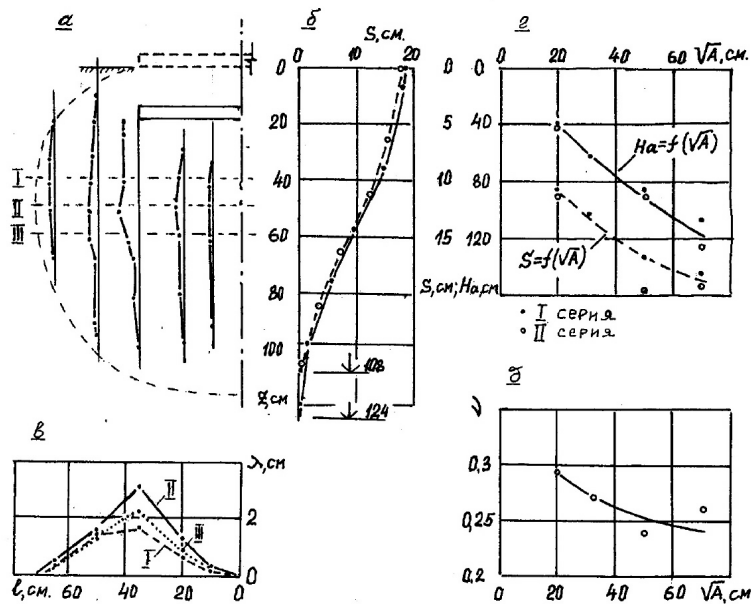


Рис. 4. Результаты измерений деформаций в основании опытного фундамента площадью 0,5 м² [3].

Таблица 1

Средневзвешенные значения деформаций в испытаниях [3]

№	A м ²	p МПа	осадки, см			глубина зоны деформации, см		
			s _I	s _{II}	s _{ср}	H _{a,I}	H _{a,II}	H _{a,ср}
1	0,04	0,3	10,7	11,2	10,9	38	41	39
2	0,1	0,3	12,9	-	14,0	62	-	62
3	0,25	0,3	16,8	20,1	16,8	86	90	88
4	0,5	0,3	17,9	19,0	18,5	108	124	116

Примечания: 1. s_I; s_{II} и H_{a,I}; H_{a,II} - осадки и глубины зоны деформации в первой и второй сериях испытаний;

2. s_{ср}; H_{a,ср} - значения, определенные по графикам рис.4,г.

Наряду с эпюрами деформаций по вертикали построены эпюры перемещений в трех горизонтальных сечениях по результатам перемещений вертикальных фиксаторов (рис. 4, в). Эпюра горизонтальных деформаций состоит из двух ветвей. Горизонтальные перемещения в пределах первой ветви возрастают от нуля – на вертикальной оси фундамента до максимума у вертикальной плоскости по его грани. Максимумом является величина горизонтального перемещения λ от деформаций вызванных изменением объема грунта под подошвой в пределах контура фундамента. Вторая ветвь – от поверхности по периметру фундамента к внешней границе зоны деформации является эпюрой деформаций от бокового расширения грунта под площадью подошвы. Деформации выпора на вертикали по грани фундамента распределены неравномерно. Их максимальные значения наблюдаются начиная с глубины равной половине размера фундамента.

В табл. 2 приведены значения коэффициентов бокового расширения рассчитанные по результатам исследований, в которых получены параметры, необходимые для их определения. При прочих равных условиях значения коэффициента бокового расширения: а) снижаются при увеличении площади подошвы (№ 1...4); б) повышаются с увеличением давления (№ 6 и 8); в) зависят от свойств грунтов (№ 7 и 9).

Таблица 2

Результаты исследований деформаций в основаниях опытных фундаментов

№	A м ²	p МПа	H _a см	s см	ρ _d г/см ³	ρ _{d,co} г/с м ³	s _n см	s _v см	v -	лите- рат.
1	0,04	0,3	39	10,9	1,45	1,64	4,5	6,4	0,29	[3]
2	0,10	0,3	62	14,0	1,45	1,62	6,5	7,5	0,27	
3	0,25	0,3	88	16,8	1,44	1,60	8,8	8,0	0,24	
4	0,5	0,3	116	18,5	1,46	1,58	8,8	9,7	0,26	
5	0,5	0,2	110	17,0	1,43	1,54	7,8	9,2	0,27	[5]
6	1,0	0,2	125	22,7	1,38	1,55	13,7	9,0	0,20	[6]
7	1,0	0,3	120	21,9	1,39	1,57	13,8	8,1	0,18	
8	1,0	0,35	162	38,4	1,42	1,62	20,0	18,4	0,24	[4]
9	1,0	0,25	85	8,0	1,41	1,53	6,7	1,3	0,08	
10	2,0	0,2	148	17,4	1,39	1,49	9,9	7,5	0,21	[6]

Выводы

1. Коэффициент Пуассона является характеристикой упругих деформаций материала. В грунтах преобладают остаточные деформации. Оценивать их деформативные свойства в поперечном направлении следует коэффициентом бокового расширения.

2. Боковые деформации нарастают от нуля на центральной оси фундамента до максимума на оси проходящей по его периметру, а затем убывают к внешней границе зоны деформации.

3. Коэффициент бокового расширения является показателем деформирования грунта при сохранении его объема. При прочих равных условиях его значение снижается при увеличении площади подошвы фундамента и повышается при увеличении давления по подошве. Его значение зависит от состава и состояния грунтов.

Литература

1. Герсеванов Н.М., Польшин Д.Е. Теоретические основы механики грунтов и их практические применения. М.: Стройиздат. – 1948. – 247 с.

2. Крутов В.И. Исследование деформаций просадочных грунтов в основании фундаментов // Основания фундаменты и механика грунтов. - 1962. - № 3. - С. 12-14.

3. Раевский И.Е. Влияние размеров штампов на характер просадки лёссовых грунтов // Основания фундаменты и механика грунтов. - 1962. - № 5. - С. 14-18.

4. Григорян А.А., Кулаченко В.Г. Полевые исследования деформаций просадочного грунта под опытными штампами // Основания фундаменты и механика грунтов. - 1965. - № 3.- С. 7-8.

5. Лёссовых породы как основания зданий сооружений / В.П.Ананьев, Я.Д. Гильман, В.И. Коробкин, Л.В. Передельский. - Изво Ростовского университета. - 1976. - 216 с.

6. Тугаенко Ю.Ф. Развитие деформаций в основаниях фундаментов, способы их ограничения и методы оценки. – Одесса: “Астропринт”, 2003. – 222с.