

## **ОПРЕДЕЛЕНИЕ НЕСУЩЕЙ СПОСОБНОСТИ БУРОНАБИВНЫХ СВАЙ В ИЗВЕСТНЯКЕ-РАКУШЕЧНИКЕ НА ОСЕВЫЕ НАГРУЗКИ**

**Новский В.А.** , к.т.н., ст. препод.

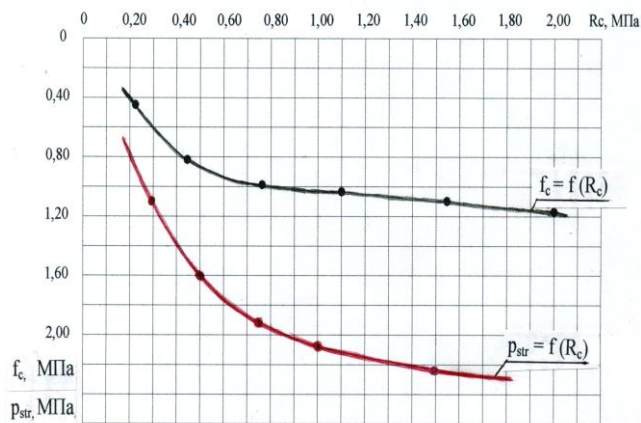
*Одесская государственная академия строительства и архитектуры.  
Украина*

В связи с развитием высотного строительства и необходимостью устройства многоуровневых подземных объемов, возникает необходимость глубокого изучения строительных свойств известняка-ракушечника, а также особенностей совместной работы буронабивных свай с этой породой. В нормативных документах отсутствуют данные о сопротивлении сдвигу вдоль боковой поверхности буронабивных свай и расчетному сопротивлению под их пятой, если основанием является известняк. Имеющиеся отдельные данные о поведении известняка-ракушечника под нагрузкой свидетельствуют о том, что он не является скальным основанием. Поэтому, использовать методы расчета свай в этой породе как сваи-стойки не отвечает реальным процессам деформирования среды. В связи с этим, изучение вопросов, связанных с исследованием параметров, определяющих несущую способность буронабивных свай в известняке-ракушечнике при действии сжимающих и выдергивающих нагрузок, является актуальной проблемой.

На основании исследований, выполненных в ОГАСА [1, 2], установлены особенности совместной работы буронабивных свай с известняком-ракушечником, а также значения структурной прочности  $p_{str}$  и сопротивление сдвигу вдоль боковой поверхности  $f$ , в зависимости от предела прочности на одноосное сжатие. Обобщенные данные по известнякам одесского региона приведены на графиках рис. 1.

Установлено, что в процессе изготовления сваи цементный раствор проникает в поры и пустоты известняка-ракушечника за пределы поверхности стенок скважины, образуя вокруг ствола цементно-известковую прослойку. Сопротивление по боковой поверхности определяется прочностью породы ненарушенной структуры на сдвиг по внешней поверхности образовавшейся прослойки. «Срыв» на элементарном участке длины сваи является следствием разрушения в его пределах известняка-ракушечника по цилиндрической поверхности, диаметр которой превышает диаметр скважины. Зона «срыва» распро-

страняется к подошве сваи по мере перемещения ее ствола, в том числе и в результате упругого сжатия. При повторном нагружении сваи после «срыва» сопротивление определяется силами трения вдоль поверхности разрушения, что установлено испытаниями известняка-ракушечника в лабораторных условиях модельными сваями, которые по длине можно считать элементарным участком натурной сваи.



*Рис. 1. Совмещенный график зависимости структурной прочности и сопротивления сдвигу вдоль боковой поверхности свай от предела прочности на одноосное сжатие*

Экспериментально установлено, что при перемещениях порядка 0,3 мм сопротивление трению  $f$  снижается до 40 % по сравнению со значением предельного сопротивления сдвигу  $f_c$ . Поэтому, при определении несущей способности буронабивной сваи, частично или полностью заглубленной в слой «пыльного» известняка-ракушечника, необходимо учитывать трансформацию сопротивления по боковой поверхности, принимая его с учетом коэффициента снижения в результате перемещения ствола сваи. Выполненные исследования позволили дать рекомендации по определению несущей способности буронабивных свай в известняке-ракушечнике при действии вертикальной вдавливающей и выдергивающей нагрузок и осуществить внедрение результатов в практику строительства.

В сваях, воспринимающих вертикальную вдавливающую нагрузку, усилия, передаваемые боковой поверхностью, направлены поперек слоистости. Ствол буронабивной сваи может быть частично или полно-

стью заглублен в слой «пильного» известняка-ракушечника. В основу расчета на вертикальную вдавливающую нагрузку положена формула Н.3.1 ДБН В.2.1-10-2009, Зміна №1 [3]. В эту формулу введены коэффициенты, определяющие особенности работы буронабивных свай в известняке-ракушечнике.

$$F_d = \gamma_c (\gamma_{cR} RA + u \sum \gamma_{cf} f_{c,i} h_i) \quad (1)$$

где:  $\gamma_c$  – коэффициент условий работы свай; в случае опирания свай на пылевато-глинистые грунты со степенью влажности  $S_r < 0,9$  и на лессовые грунты  $\gamma_c = 0,8$ , в остальных случаях  $\gamma_c = 1,0$ ;

$\gamma_{cR}$  – коэффициент условий работы грунта под нижним концом свай;  $\gamma_{cR} = 1$ ;

$R$  – расчетное сопротивление грунта под нижним концом свай, при опирании на известняк-ракушечник равное его структурной прочности  $p_{str}$  и принимаемое по графику рис. 1, в остальных случаях - по таблице Н.2.1 [3], кПа;

$A$  – площадь опирания свай,  $m^2$ ;

$u$  – периметр поперечного сечения ствола свай, м;

$\gamma_{cf}$  – коэффициент условий работы грунта вдоль боковой поверхности свай в пределах известняка-ракушечника, принимаемый  $\gamma_{cf} = 0,65$ , в остальных случаях - по табл. Н.3.1 [3];

$f_{c,i}$  – предельное сопротивление сдвигу  $i$ -го слоя грунта вдоль боковой поверхности ствола свай в пределах известняка-ракушечника принимается по графику рис. 1, в остальных случаях  $f_{c,i} = f_i$  – расчетному сопротивлению  $i$ -го слоя грунта на боковой поверхности свай, кПа, принимаемому по табл. Н.2.2 [3];

$h_i$  – толщина  $i$ -го слоя грунта, соприкасающегося с боковой поверхностью свай, м.

### Заключение

На основании экспериментальных данных, полученных в ОГАСА [1, 2], установлены значения сопротивления сдвигу вдоль боковой поверхности буронабивных свай  $f$ , как поперек, так и вдоль слоистости. Осредненные значения этого показателя по пяти сериям из 20 опытов приведены в табл. 1.

Из приведенных данных следует, что сопротивление сдвигу поперек слоистости больше, чем вдоль слоистости, коэффициент анизотропии равен 0,86.

Таблица 1

*Соотношения показателей сопротивления сдвигу известняка-ракушечника по боковой поверхности буронабивных свай вдоль и поперек слоистости*

Серия	№№ опытов	Значение показателей, МПа				
		Поперек слоистости, f <sub>c</sub>		Вдоль слоистости, f <sub>c,a</sub>		k <sub>a,f</sub>
		Ед.	Ср.	Ед.	Ср.	
1	1.1	0,76	0,93	0,76	0,81	0,87
	1.2	0,76		0,65		
	1.3	1,08		0,87		
	1.4	1,11		0,97		
2	2.1	0,75	0,86	0,78	0,71	0,82
	2.2	0,97		0,65		
	2.3	0,86		0,76		
	2.4	0,86		0,65		
3	3.1	1,30	1,46	1,08	1,11	0,76
	3.2	1,73		1,08		
	3.3	1,30		1,30		
	3.4	1,51		0,97		
4	4.1	0,86	0,97	1,08	1,11	1,14
	4.2	0,86		1,30		
	4.3	1,08		1,08		
	4.4	1,08		0,97		
5	5.1	1,08	1,24	0,66	0,90	0,73
	5.2	1,08		0,87		
	5.3	1,51		0,97		
	5.4	1,30		1,08		
Среднее по 5 сериям			1,09		0,93	0,86

В основу расчета на выдергивающую нагрузку положена формула ДБН В.2.1-10-09. Основи і фундаменти будівель та споруд. Зміна №1 [3] для определения несущей способности буронабивных свай в песча-

ных и глинистых грунтах, в которую введены коэффициенты, учитывающие особенности работы буронабивных свай в известняке-ракушечнике и его анизотропные свойства.

$$F_{du} = \gamma_c k_{af} u \sum \gamma_{cf} f_{c,i} h_i \quad (2)$$

где:  $\gamma_c$  – коэффициент условий работы свай, принимаемый в соответствии с требованиями табл. Н.4.1 [3];

$k_{af}$  – коэффициент анизотропии, используемый в пределах известняка-ракушечника и принимаемый  $k_{af} = 1$  при нормальном расположении свай к слоистости и  $k_{af} = 0,86$  при касательном; при промежуточном угле наклона  $k_{af}$  определяется по интерполяции;

$u$  – периметр поперечного сечения ствола свай, м;

$\gamma_{cf}$  – коэффициент условий работы грунта вдоль боковой поверхности свай в пределах известняка-ракушечника  $\gamma_{cf} = 0,6$ , в остальных случаях  $\gamma_{cf}$  принимается по табл. Н.2.3 [3];

$f_{c,i}$  – предельное сопротивление сдвигу  $i$ -го слоя грунта вдоль боковой поверхности ствола свай в пределах известняка-ракушечника принимается по таблице 2, в остальных случаях  $f_{c,i} = f_i$  – расчетному сопротивлению  $i$ -го слоя грунта на боковой поверхности ствола свай, кПа, принимаемому по табл. Н.2.2 [3]

### *Литература*

1. Новский В.А. Исследование прочностных и деформативных свойств известняка-ракушечника а лабораторных условиях / В.А. Новский // Вісник Одеської державної академії будівництва та архітектури. Випуск №29 частина 2. Одеса, 2008. с. 289-295.

2. Тугаенко Ю.Ф. Исследование свай анкером при реконструкции подпорной стенки на Приморском бульваре в г.Одессе. Будівельні конструкції. Міжвідомчий науково-технічний збірник. Механіка ґрунтів та фундаментобудування / Ю.Ф Тугаенко, В.А. Новский // Збірник наукових праць Випуск 71. книга 1. – К. : НДІБК, 2008. – С. 334 – 339.

3. ДБН В.2.1-10-09. Основи і фундаменти будівель та споруд. Зміна №1. К., 2011, с. 51.

4. ДСТУ Б.В.2.1-27:2010 (ГОСТ 5686-94). Палі. Визначення несучої здатності за результатами польових випробувань К., Мінрегіонбуд України, 2011, с.11.