

РАСЧЕТ И ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ОБОСНОВАНИЕ НЕСУЩЕЙ СПОСОБНОСТИ БУРОНАБИВНЫХ СВАЙ В ИЗВЕСТНЯКЕ

Новский А.В.

кандидат технических наук

Одесская государственная академия строительства и архитектуры

Одесса, Украина

novskiv@mail.ru

Новский В.А.

кандидат технических наук

Одесская государственная академия строительства и архитектуры

Одесса, Украина

novskiv@mail.ru

Бичев И.К.

кандидат технических наук

Одесская государственная академия строительства и архитектуры

Одесса, Украина

bichev.od@mail.ru

CALCULATION AND EXPERIMENTAL RATIONALE FOR CARRYING CAPACITY BORED PILES IN THE LIMESTONE

Novsky, A.V.

Ph.D., Odessa State Academy of Construction and Architecture

Odessa, Ukraine

novskiv@mail.ru

Novsky, A.V.

Ph.D., Odessa State Academy of Construction and Architecture

Odessa, Ukraine

novskiv@mail.ru

Bichev I.K.

Ph.D., Odessa State Academy of Construction and Architecture

Odessa, Ukraine

bichev.od@mail.ru

Аннотация

В статье приведены результаты натурных испытаний известняка-ракушечника буронабивными сваями на площадке строительства Торгово-офисного центра по ул. Генуэзской, 5 в г. Одессе. Выполнено сравнение экспериментальных значений несущей способности свай со значениями, полученными расчетом различными методиками.

Объект исследований – известняк-ракушечник, являющийся основанием буронабивных свай.

Цель исследований – определение несущей способности буронабивных свай в известняке-ракушечнике стандартным и предлагаемым методами и подтверждение ее статическими испытаниями.

Методы исследований – стандартные и разработанные с участием авторов методы определения механических характеристик известняка-ракушечника в лабораторных и полевых условиях.

В настоящее время при строительстве зданий повышенной этажности в прибрежной части г. Одессы, где кровля известняка-ракушечника находится близко к дневной поверхности, используют фундаменты из буронабивных свай. При проектировании таких фундаментов возникают трудности, поскольку известняк-ракушечник одесского региона не является скальной породой, а в нормативных документах отсутствуют данные для определения их несущей способности как висячих свай. Результаты статических испытаний значительно выше значений аналитических расчетов свай - стоек, поскольку среднее значение предела прочности на одноосное сжатие известняка низкой прочности $R_c = 0,3$ МПа. Решить проблему позволяют новые подходы к определению несущей

способности свай с использованием реальных характеристик местных известняков и проведение статических испытаний натуральных образцов свай.

Результаты статьи могут быть использованы при расчете и проектированию буронабивных свай в известняке-ракушечнике.

Прогнозные предположения о развитии объекта исследования – накопление базы данных с целью повышения достоверности расчета буронабивных свай в известняке-ракушечнике.

Ключевые слова: известняк-ракушечник, предел прочности на одноосное сжатие, структурная прочность, несущая способность, буронабивная свая.

ABSTRACT

The article presents the results of field tests of shell limestone bored piles at the site of construction of retail and office center on the street. Genoa, 5 in Odessa. The comparison of the experimental values of bearing capacity of piles with the values obtained by different methods of calculation.

The object of research - the limestone-shell rock, which is the basis of bored piles.

The purpose of research - the definition of the bearing capacity of bored piles in the limestone-shell rock standard and the proposed methods and confirmation of its static tests.

Research Methods - standard and designed with the participation of the authors of methods for determining the mechanical characteristics of the shell limestone in laboratory and field conditions.

At the moment in the construction of high-rise buildings in the coastal part of Odessa, where the roof shell limestone is close to the surface, use a foundation of bored piles. When designing the foundations of difficulties arise because the limestone-shell rock Odessa region is not a rock, and in the regulations there are no data to determine the bearing capacity of piles as a suspension. Static test results significantly above the values of analytical calculations of piles - racks, since the average value of the tensile strength of the uniaxial compressive strength of limestone low R_c

= 0.4 MPa. To solve the problem enable new approaches to the determination of the bearing capacity of piles using real characteristics of local limestone and conducting static tests of specimens of piles.

Our results can be used in the calculation and design of bored piles in the limestone-shell rock.

Projected assumptions about the development of the object of study - the accumulation of the data base in order to increase the reliability of the calculation of bored piles in the limestone-shell rock.

KEYWORDS: limestone, shell rock, the tensile strength in uniaxial compression, structural strength, carrying capacity, bored piles

Опытных данных о строительных свойствах понтических известняков не так много. В материалах изысканий для этих пород обычно приводят сведения только о пределе прочности на одноосное сжатие. Параметры, определяющие сопротивление сжатию и сдвигу до недавнего времени отсутствовали. Изучением этих вопросов занимается ряд ученых кафедры оснований и фундаментов ОГАСА, результаты которых изложены в работах [1, 2, 3 и 4]. Разработаны и апробированы методики определения механических свойств известняка, как в лабораторных, так и полевых условиях, а также определения несущей способности буронабивных свай. Осуществляется накопление и обработка экспериментальных данных, в том числе полевых испытаний свай, с целью формирования региональных норм.

На основании выполненных полевых и лабораторных испытаний известняка-ракушечника буронабивными сваями предложена методика определения их несущей способности, которая дает результаты наиболее близкие результатам натурных исследований.

Определение механических характеристик в лабораторных и полевых условиях выполнено по специальной методике, позволившей учитывать сопротивление породы, окружающей сжимаемый объем при приложении нормаль-

ных и касательных нагрузок [1, 2]. Сравнение значений характеристик прочности при сжатии и сдвиге, определенных в лабораторных условиях, подтвердило их близкую сходимость с данными полевых исследований. По результатам выполненных исследований построены графики зависимости значений структурной прочности при сжатии и сдвиге, а также сопротивления трению от предела прочности на одноосное сжатие.

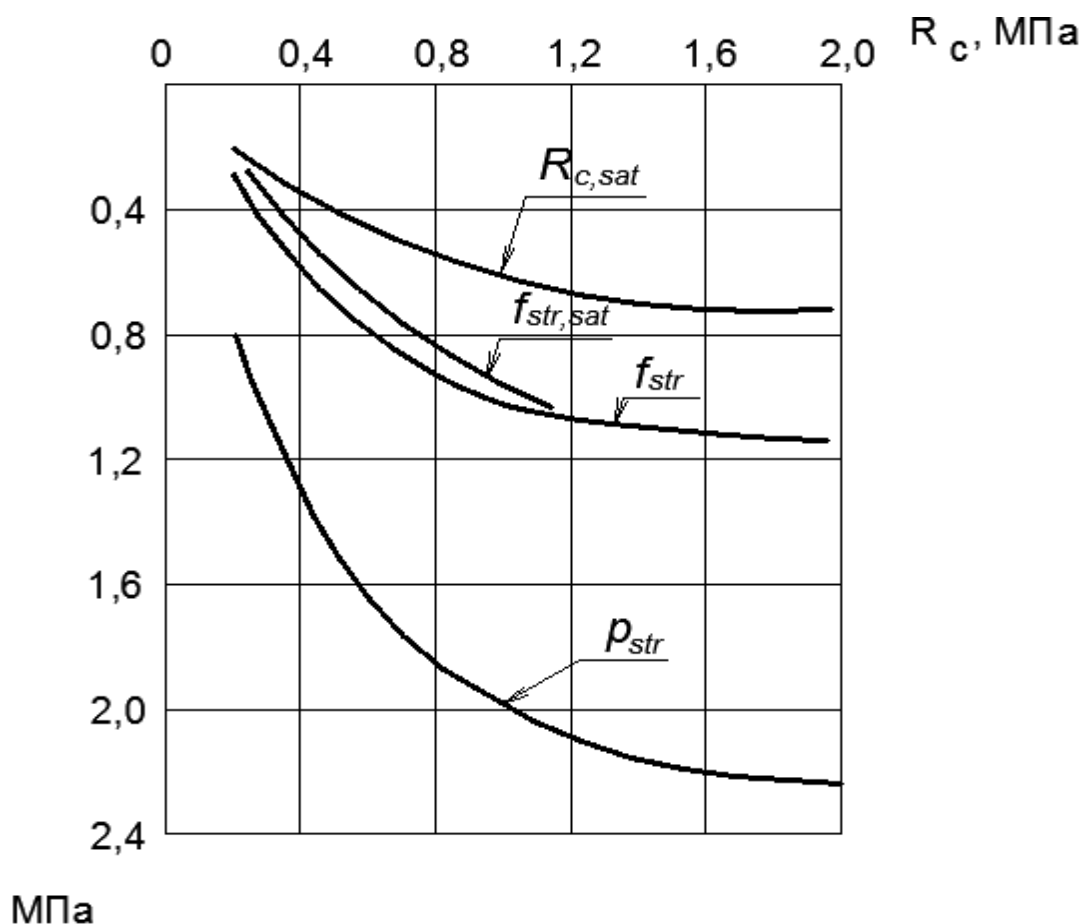


Рис..1. Корреляционные зависимости предельных значений механических свойств известняка-ракушечника от предела прочности на одноосное сжатие.

На рис..1 представлены корреляционные зависимости показателей механических свойств известняка-ракушечника от предела прочности на одноосное сжатие образцов в воздушно-сухом и водонасыщенном состоянии по результатам лабораторных определений. Графики дают возможность при одной известной характеристике, при необходимости, определить все остальные.

Экспериментальными исследованиями [4] также установлено, что при загрузке буронабивных свай, расположенных в известняке-ракушечнике, вдоль боковой поверхности ствола возникают два вида сопротивления: сопротивление разрушению структурных связей, которое после «срыва» трансформируется в сопротивление трению. Сопротивление разрушению происходит при напряжениях, превышающих структурную прочность при сдвиге f_{str} , которая является предельным значением прочности при сдвиге. Сопротивление трению f возникает по поверхности, образовавшейся после «срыва». Это явление необходимо учитывать при определении несущей способности буронабивных свай. Средневзвешенное значение коэффициента снижения сопротивления сдвигу вдоль ствола составляет 0,69, при расположении свай поперек слоистости.

Ниже приведены рекомендации по расчету буронабивных свай, частично либо полностью заглубленных в слой известняка-ракушечника. В основу расчета на вертикальную вдавливающую нагрузку положена формула Н.3.1 [5]. В эту формулу введены характеристики, 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: γ_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 $\gamma_c = 1,0$; γ_{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 [5], кПа; A – площадь опирания свай, м²; u – периметр поперечного сечения ствола свай, м; γ_{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 [5]; $f_{c,i}$ – предельное

сопротивление сдвигу i -го слоя грунта вдоль боковой поверхности ствола сваи в пределах известняка-ракушечника $f_{c,i} = f_{str}$ и принимается по графику рис.1, в остальных случаях $f_{c,i} = f_i$ - расчетному сопротивлению i -го слоя грунта на боковой поверхности сваи, кПа, принимаемому по табл. Н.2.2 [5]; h_i – толщина i -го слоя грунта, соприкасающегося с боковой поверхностью сваи, м.

С целью уточнения несущей способности буронабивных свай, принятых в качестве фундаментов корпусов Торгово-офисного центра по ул. Генуэзская, 5 в г. Одессе, были выполнены статические испытания пяти свай с разной заделкой в известняк-ракушечник. Графики зависимости перемещения голов свай от нагрузки приведены на рис. 2, а фрагмент испытаний на рис. 3.

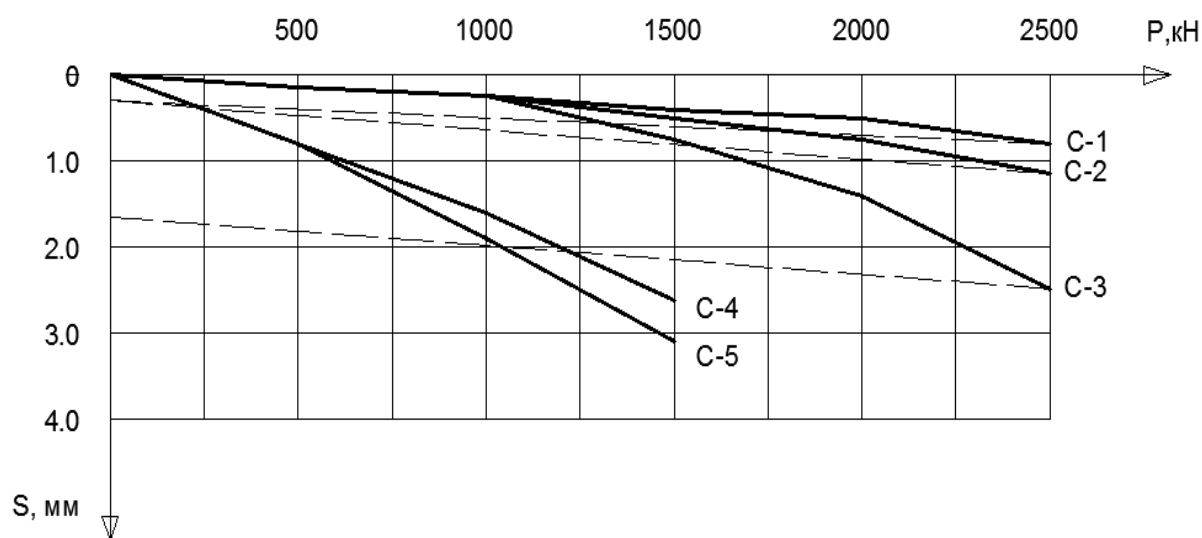


Рис. 2. Результаты испытания буронабивных свай $\varnothing 600$ с заглублением в известняк 9,0 м (С-1, С-2 и С-3) и 5,5 м (С-4 и С-5)

Следует отметить, что испытанные сваи имеют резерв несущей способности, так как нагрузка на С-1, С-2 и С-3 была ограничена 2500 кН, при этом перемещение голов свай составило 0,85 - 2,48 мм, а нагрузка на С-4 и С-5 была ограничена 1500 кН, при этом перемещение голов этих свай составило 2,55 и 3,10 мм.



Рис. 3. Фрагмент испытания известняка буронабивной сваей.

Результаты определения несущей способности буронабивных свай С-1, С-2, С-3, С-4 и С-5 по предлагаемой методике, а также по ДБН [5] как сваи-стойки и результатам полевых испытаний приведены в табл. 1. Осредненное значение предела прочности R_c на одноосное сжатие известняка низкой прочности в расчетах принято равным 0,30 МПа.

Таблица 1 – Результаты определения несущей способности буронабивных свай различными методами

№ сваи	Глубина заделки сваи \varnothing 600 мм в известняке, м	Несущая способность сваи, кН, определенная по:		
		ДБН В.2.1-10-2009	Предлагаемой методике	Результатам испытаний
С-1, С-2, С-3	9,0	990	3600	2500
С-4, С-5	5,5	640	2200	1500

Выводы.

Выполненные комплексные исследования позволили установить значения механических характеристик известняка-ракушечника одесского региона, соотношение между ними, а также разработать рекомендации по определению несущей способности буронабивных свай в этих грунтах при действии вертикальной вдавливающей нагрузки, основываясь на формулах расчета в глинистых и песчаных грунтах. Результаты расчета по предлагаемой методике дают хорошую сходимость с результатами статических испытаний.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Новский В.А. Исследование прочностных и деформативных свойств известняка-ракушечника в лабораторных условиях /В. А. Новский// Вісник Одеської державної академії будівництва та архітектури.- Одеса, 2008. - Вип. 29, ч. 2. - С. 289-295.

2. Новский А.В. Известняк-ракушечник. Исследование и использование в качестве основания фундаментов / Новский А.В., Новский В.А., Тугаенко Ю.Ф./ Астропринт. Одесса, 2014. 92 с.

3. Kornienko Mechanical Properties of Semi-Rocks Soils and Methods of Their Determination / N. U. Kornienko, A. V. Novsky, A. P. Tkalich, Y. F. Tugaenko / Proceedings of the 15th European Conference on Soil Mechanics and Geotechnical Engineering / Part 1.Athens, 2011. P. 43-49.

4. Новский А.В. Трансформирование сопротивления известняков вдоль боковой поверхности буронабивных свай при их перемещении /Новский В.А., Кирсанова О.В./ Вісник Одеської державної академії будівництва та архітектури.- Одеса, 2015. - Вип. 58. - С. 283-287.

5. ДБН В.2.1-10-2009. Основи та фундаменти споруд. Зміна №1 Мінрегіонбуд України, 2010,

REFERENCES

1. Novsky V.A. The study of strength and deformation properties of limestone-rakushchnika and laboratory /V.A. Novsky// News Bulletin of the Odessa State Academy of Construction and Architecture. - Odessa, 2008. - Vip. 29 hours. 2. - P. 289-295.

2. Novsky A.V. Shell limestone. The exploration and use as a base foundation /Novsky A.V., Novsky V.A., Tugaenko Y.F. /Astroprint. Odessa, 2014. 92 p.

3. Kornienko Mechanical Properties of Semi-Rocks Soils and Methods of Their Determination /N. U. Kornienko, A. V. Novsky, A. P. Tklich, Y. F. Tugaenko / Proceedings of the 15th European Conference on Soil Mechanics and Geotechnical Engineering / Part 1. Athens, 2011. P. 43-49.

4. A. V. Novsky. Transforming resistance limestones along the side surface of the bored piles as they move / Novsky V.A., Kirsanova O.V. / News Odeskoï derzhavnoï Academy budivnitstva that arhitekturi.- Odessa, 2015. - Vip. 58. - P. 283-287.

5. DBN V.2.1-10-2009. Basis is the foundation sporud. Zmina №1 Minregionbud Ukraine, 2010