

ОСОБЕННОСТИ ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИХ И ГЕОТЕХНИЧЕСКИХ ИЗЫСКАНИЙ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ СВАЙ-СТОЕК

Шокарев В.С.

Запорожское отделение ГП «Государственный научно-исследовательский институт строительных конструкций»
г. Запорожье, Украина

АНОТАЦИЯ: Правильно визначена несуча здатність паль є одним з критеріїв безпечної експлуатації будівель і споруд. Результати виконаних статичних випробувань паль, опорним шаром для яких є скельні породи, показали, що розрахункове навантаження на палю може відрізнятись більш, ніж в 3 рази. Виконані геофізичні дослідження на майданчику показали, що причиною цього явища є наявність в опорному шарі окремих груп паль розломно-тріщинних зон.

АННОТАЦИЯ: Правильно определенная несущая способность свай является одним из критериев безопасной эксплуатации зданий и сооружений. Результаты выполненных статических испытаний свай, опорным слоем для которых являются скальные породы, показали, что расчетная нагрузка на сваю может отличаться более, чем в 3 раза. Выполненные геофизические исследования на площадке показали, что причиной этого явления является наличие в опорном слое отдельных групп свай разломно-трещинных зон.

ABSTRACT: One of criteria of safe operation of buildings and constructions is the correct definition of bearing capacity of piles. The technique of geophysical works execution for definition of cracked zones in hard rock is offered. The results of the executed static tests of piles on hard rock have shown that the design load on a pile can differ more than in 3 times. The executed geophysical researches on the platform have shown that the reason of this phenomenon is the presence in a basic layer of some piles of cracked zones.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: скальные грунты, трещиноватость, геофизические исследования, несущая способность свай.

ВВЕДЕНИЕ

В последние 10...15 лет в Украине началось многоэтажное строительство в горных районах (Карпаты, Крым), а также увеличивается использование скальных грунтов в качестве основания высотных и сложных сооружений в районах распространения Украинского кристаллического щита.

Принципиальной особенностью скальных пород является их масштабная неоднородность. В связи с трещиновато-блочным строением скальных пород характеристики свойств, которые определяются для разных объемов пород в массиве, могут отличаться в несколько раз. Масштабная неоднородность скальных пород во многих случаях исключает определение свойств скальных пород на площадке строительства по данным непосредственного испытания образцов небольших размеров. Скальные породы в большинстве случаев пористые или трещиноватые. Если трещины в массиве распространены системно, возникает четко выраженная анизотропия деформационных и прочностных свойств скальных пород [1].

Механика трещиноватых скальных массивов имеет существенное значение для инженеров, которые проектируют высотные и сложные сооружения. Изучение структурно-тектонических особенностей скальных грунтовых массивов является актуальным вопросом для принятия правильных проектных решений, которые гарантируют безопасные условия строительства и эксплуатации зданий и сооружений.

Достаточного нормативного обеспечения инженерных изысканий для проектирования зданий и сооружений на скальных грунтах Украины до настоящего времени не разработано.

Целью настоящей работы является показать возможность использования биолокационного метода для решения задач связанных с изучением структурно-тектонических особенностей скальных грунтовых массивов.

КРАТКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ПЛОЩАДКИ ИССЛЕДОВАНИЙ И МЕТОДИКА ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТ ПО ОПРЕДЕЛЕНИЮ РАЗЛОМНО-ТРЕЩИННЫХ ЗОН В СКАЛЬНЫХ ПОРОДАХ

Площадка исследований расположена в центральной части г. Запорожья (Украина) на месте бывшего карьера и представляет собой котлован в скальном массиве длиной до 100 м и шириной до 30 м.

Запорожским отделением НИИСК выполнены комплексные инженерно-геофизические изыскания по оценке трещиноватости данного

скального массива [2]. Основной задачей работы являлась оценка степени трещиноватости скального массива и элементов инженерно-геологического строения участка с учетом вероятной природной (естественной) и техногенной составляющих. Для решения поставленных целей и задач был выполнен комплекс работ, включающий два этапа.

Первый этап включал в себя выполнение инженерно-геофизических изысканий по оценке трещиноватости скального массива; второй этап - экспериментальные исследования разломно-трещинных зон.

ИНЖЕНЕРНО-ГЕОФИЗИЧЕСКИЕ ИЗЫСКАНИЯ ПО ОЦЕНКЕ ТРЕЩЕВАТОСТИ СКАЛЬНОГО МАССИВА

Дистанционные биолокационные исследования

Дистанционные биолокационные исследования выполнялись в здании Запорожского отделения НИИСК по адресу г. Запорожье, ул. Новостроек 4, расположенном на расстоянии 8°км от площадки исследований. Основой для выполнения работы служила топографическая съемка участка в масштабе 1:250. Целью работ являлось выявление разломно-трещинных зон на топографической съемке и нанесение их планового расположения на съемку. Индикатором эффекта служил маятник каплевидной формы, выполненный из горного хрусталя и подвешенный на нити длиной 13...14 см.

Реализация этой методики позволила выявить все существующие разломно-трещинные зоны, определить их ширину и длину и нанести эти зоны на топографическую основу. Выявленные разломно-трещинные зоны располагаются под углом к откосу; зоны повышенной трещиноватости, образовавшаяся в результате разработки карьера, с использованием энергии взрыва глубинных зарядов взрывчатого вещества, располагаются параллельно уступу. Общее время, затраченное оператором на дистанционные биолокационные исследования, составило 3 часа.

Прямые биолокационные исследования

Прямые биолокационные исследования выполнялись тем же оператором непосредственно на площадке исследований по традиционной методике. Индикатором эффекта являлась рамка Г-образной формы. Выявленные контуры разломно-трещинных зон наносились краской на поверхность массива. Общее время, затраченное оператором на выявление разломно-трещинных зон, составило около 4 часов. Контуры разломно-

трещинных зон и их плановые положения, определенные прямым и дистанционным биолокационными методами, получились полностью идентичными (рис. 1).

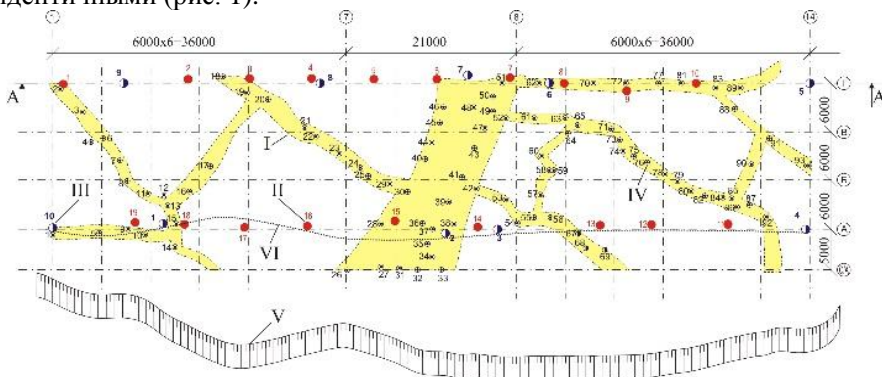


Рис. 1. Схема расположения разломно-трещинных зон, точек зондирования и цементационных скважин на площадке строительства культурно-туристического комплекса в г. Запорожье: I-разломно-трещинные зоны, определенные с помощью дистанционных и прямых биолокационных методов; II-точки электрического зондирования; III- точки магнитно-резонансного зондирования; IV-цементационные скважины; V-уступ карьера; VI- граница зоны повышенной трещиноватости скального массива, образовавшейся в связи с разработкой карьера

Инженерно-геофизические исследования

Для решения поставленных выше задач был выполнен комплекс инженерно-геофизических работ, включающий:

- электроразведочные работы методом вертикального электрического зондирования (ВЭЗ);
- работы методом пассивной магнитно-резонансной локации недр (ПМРЛН).

Электрическое зондирование выполнялось с использованием комплекта электроразведочной аппаратуры низкой частоты АНЧ-3. При этом измерялось кажущееся сопротивление на земной поверхности при постепенном увеличении глубины исследований за счет последовательного увеличения длины питающей линии до 50 м. Работы выполнялись симметричной установкой Шлюмберже при максимальных разностях питающей линии свыше 50м и приемной линии 1,0 м. Общее число точек ВЭЗ составляло 19 (рис. 1), при шаге 7...16 м и глубине исследований до

15м. Относительная погрешность единичного измерения на точке ВЭЗ не превышала $\pm 5\%$.

Глубинные зондирования по технологии ПМРЛН на площадке исследований проведены для изучения мощности и условий залегания разломно-трещинных зон в разрезе, а также изучения изменения плотности гранитов по глубине в естественном залегании. Всего проведено 10 зондирований до глубины 50м. Для подсечения разломно-трещинных зон в разрезе и изучения условий их залегания точки зондирования располагались вблизи шовной линии разлома, в его висячем крыле. Для изучения плотности гранитов вне разломно-трещинных зон часть зондирований выполнено в ненарушенных блоках. Расположение точек зондирования показано на рис. 1. Измерения плотности гранитов при зондированиях выполнялись с шагом 10см вдоль вертикальной оси. При этом, согласно применяемой технологии ПМРЛН, каждый выполненный замер характеризует среднюю плотность гранита в объеме цилиндра диаметром 10см и высотой 6см, т. е., если бы были встречены пустоты больше этого размера, замер был бы нулевым.

Выполненные приборные геофизические исследования подтвердили правильность нанесения на карту разломно-трещинных зон с использованием дистанционных и прямых биолокационных методов. В точках ВЭЗ, расположенных непосредственно в разломно-трещинных зонах, например №№1, 8 - 10, удельное электрическое сопротивление гранитов меньше (110...200 Ом·м), чем в точках №№4, 5, где не были зафиксированы разломно-трещинные зоны (700...800 Ом·м).

Если в пределах разломно-трещинных зон плотность гранитов изменяется в пределах 1,8...2,74 г/см³ (точки ПМРЛН №№1, 2, 6, 7, 10), то в неразломных зонах плотность гранитов изменяется в пределах 2,22...2,76г/см³ (точки ПМРЛН №№4, 5, 8, 9).

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ РАЗЛОМНО-ТРЕЩИННЫХ ЗОН

На основании выполненных исследований был разработан проект цементации скального массива. Данный проект предусматривал закрепление скального массива путем укрепительной цементации гранитов в разломно-трещинных зонах. Цементационные скважины располагались непосредственно в разломно-трещинных зонах (рис. 1).

Работы по закреплению скального массива выполнялись в следующей последовательности:

А. Подготовительные работы:

- разбивка и привязка цементационных скважин;

- установка технологического оборудования и разводка трубопроводов.

Б. Буровые работы:

- бурение скважин $\varnothing 105\text{мм}$ глубиной 8...11м; бурение осуществлялось с продувкой скважин воздухом для удаления шлама с последующей промывкой водой.

В. Гидравлическое опробование:

- после установки тампона в скважину исправность и герметичность цементационной системы проверяли путем нагнетания воды в скважину;

Г. Цементация скважин:

- производилось нагнетание цементного раствора растворомасосом с регулируемым приводом;

- цементацию скважин осуществляли цементным раствором с применением шлакопортландцемента марки 400;

- приготовление раствора осуществлялось в рабочем узле путем смешивания цемента с водой до получения однородной массы, до поступления в скважину раствор постоянно перемешивался;

- за отказ поглощения раствора принимали снижение расхода раствора до 5л/мин. при давлении 0,3МПа.

Цементации массива предшествовала опытная цементация. Опытный участок располагался в осях «1 - 3» рядах «А - Г» (рис. 1). При цементации скважин №№4, 12, расположенных вне разломно-трещинных зон, поглощение цементного раствора было незначительным (60л, 20л) при максимальном расходе 10 л/мин. При бурении скважин №№6, 7, 15 в разломно-трещинных зонах поглощение составило 320...546 л при максимальном расходе 24 л в минуту.

Дальнейшая цементация массива производилась по проекту. Поглощение раствора в скважинах составляло 1000...200 л при давлении 0,5...3,0 атмосферы. При закреплении скального массива в основании культурно-туристического центра было пробурено 93 цементационные скважины.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ РАЗРАБОТАННОЙ МЕТОДИКИ ИНЖЕНЕРНО-ГЕОТЕХНИЧЕСКИХ ИЗЫСКАНИЙ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ СВАЙ-СТОЕК НА СКАЛЬНЫХ ГРУНТАХ

При строительстве многоэтажного жилого дома в г. Запорожье в качестве фундамента были запроектированы буронабивные сваи $\varnothing 500\text{мм}$, выполняемые под глинистым раствором. Опорным слоем для буронабивных свай являются скальные породы средней прочности (15...50МПа).

Вертикальная проектная вдавливающая нагрузка на одну сваю была принята 180 т.

На площадке строительства жилого дома скальные породы были испытаны статической вертикальной вдавливающей нагрузкой двумя буронабивными сваями $\text{Ø}500$ мм и длиной 39,5 м (рис. 2). Расчетная нагрузка на сваю по результатам испытаний, с учетом наличия на площадке 15-метровой толщи лессовых просадочных грунтов, составила 66 т, что почти в три раза меньше проектной нагрузки.

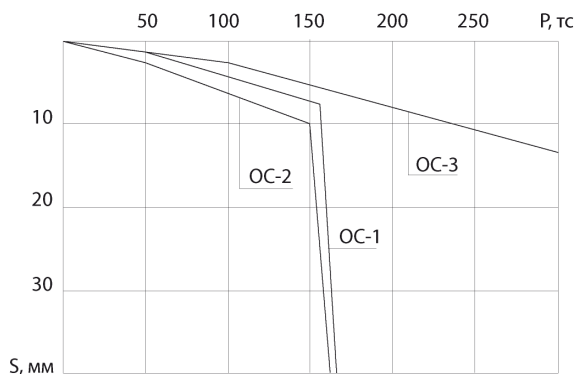


Рис. 2. График зависимости осадки (S) опытных свай от нагрузки (P).
ОС 1,2 – опорный слой свай – разломно-трещиноватая зона скальных пород;
ОС-3 – опорный слой свай – скальные породы средней прочности

Для выяснения причин полученных результатов испытаний были выполнены дополнительные инженерно-геотехнические изыскания с целью выявления разломно-трещинных зон в скальных породах. Инженерно-геотехнические изыскания выполнялись по приведенной выше методике с использованием биолокационных и геофизических методов. Выполненные исследования показали, что скальные породы, являющиеся опорным слоем для свай на данной площадке, на 40% представлены разломно-трещинными зонами, в т. ч. в основании двух опытных свай.

Были выполнены повторные испытания скальных пород статической вдавливающей нагрузкой буронабивной свайей $\text{Ø}500$ мм. В основание этой сваи отсутствовала разломно-трещиноватая зона. Расчетная нагрузка на сваю по результатам испытания составила 175 т.

ВЫВОДЫ

1. Достаточного нормативного обеспечения инженерных изысканий для проектирования зданий и сооружений на скальных грунтах Украины до настоящего времени не разработано.

2. Выполненный комплекс изыскательских работ, включающий дистанционные (на карте) и прямые (на местности) биолокационные исследования, а также электроразведочные работы методом вертикального электрического зондирования, работы методом пассивной магнитно-резонансной локации недр, цементация разломно-трещинных зон, позволили разработать методику выполнения геофизических работ по определению разломно-трещинных зон в скальных породах.

3. Использование данной методики для изучения структурно-тектонических особенностей грунтовых массивов при проектировании свай-стоек позволяет принимать правильные проектные решения, которые гарантируют безопасные условия строительства и эксплуатации высотных и сложных сооружений.

4. В связи с использованием скальных грунтов Украинского кристаллического щита в качестве основания строительных объектов необходима разработка норм для инженерных изысканий и проектирования оснований и фундаментов зданий и сооружений для данных геологических условий.

ЛИТЕРАТУРА

1. Повелецкий В.І. Про актуальність нормування інженерних вишукувань та проектування для цивільно-промислового будівництва на скальних грунтах / Повелецкий В.І., Повелецкий В.В. // Світ геотехніки. - 2013. - №3. - С.16 - 18.
2. Шокарев В.С. Исследование взаимозависимости карты и изображенной на ней местности при инженерно-геологических изысканиях в строительстве / Шокарев В.С., Шокарев А.С., Солонец А.К. // Світ геотехніки. - 2008. - №4. - С. 22 - 26.

REFERENCES

1. Poveletskyy V.I. The relevance of rationing engineering survey and design for civil and industrial construction in rock soils / Poveletskyy V.I., Poveletskyy V.V. // World heotehnics. - 2013. - №3. - P. 16 - 18.
2. Shokarev V.S. Research interdependence maps and images on it areas with geological engineering surveys in construction / Shokarev V.S., Shokarev A.S., Solonets A.K. // World heotehnics. - 2008. - №4. - P. 22-26.

Статья поступила в редакцию 03.08.2015 г.