

УДК 550.8.04:550.832

И.В. Ковпак, Н.Е. Титов

ГЕОКОНТРОЛЬ В ПРОЦЕССЕ СТРОИТЕЛЬСТВА И ЭКСПЛУАТАЦИИ СВАЙНЫХ ОСНОВАНИЙ ВЫСОТНЫХ СООРУЖЕНИЙ

Описан опыт организации проведённого в 2006-2007 годах на объекте «Москва-Сити» геоконтроля свайных оснований высотных зданий. Система геоконтроля включала в себя организацию гидронаблюдательных скважин, сейсмическое профилирование, ультразвуковой каротаж, оценку контакта свай с грунтом, тензометрию. Результаты позволили определить основные физико-механические, акустические и гидрологические параметры подсвайного массива.

Ключевые слова: свайные основания, методы контроля, строительство, сейсмическое профилирование, каротаж, гидронаблюдательные скважины, тензометрия.

Семинар № 3

I.V. Koupak, N.E. Titov GEOCONTROLLING FOR THE PURPOSE OF BUILDING AND MAINTENANCE OF THE PILE- SUPPORTED HIGH STRUCTURES

The article describes the managerial experience of the geocontrolling system set-up for the pile-supported high-rise structures to be built on the site of the Moscow City Complex within the period 2006-2007. The geocontrolling system includes settlement of observation wells, seismic profile shooting, ultrasonic logging, evaluation of ground-pile coupling, strain measurements. The geocontrolling results enable us to determine the main physic and mechanic, hydrological properties as well as acoustic factors of the under-pile ground.

Key words: piled foundations, control methods, building, seismic profiling, down-hole measurement, hydro-observing wellholes, tensometry.

Строение верхней части осадочного чехла подземного пространства города Москвы на глубинах заложения фундаментов высотных сооружений (25–80 м) включает перемежающиеся пласты пес-

ков/супесей, глин/суглинков и известняков. Пески и известняки обильно обводнены, а известняки по большей части сильно трещиноваты и подвержены карстообразующим процессам.

Наиболее распространенная конструкция фундаментов высотных сооружений в этих условиях включает свайное основание, выполненное из буронабивных свай диаметром от 600 до 1500 мм с цементацией подсвайного пространства на глубину до 10 м. и монолитную фундаментную плиту мощностью до нескольких метров, сооружаемую над оголовками свай.

Для такого типа сооружений задачи геоконтроля сводятся к двум этапам.

1) в период строительства (I этап):

- Оценка качества укрепительной цементации подсвайного массива горных пород;
- Контроль геометрических характеристик свай;
- Оценка контакта свай с массивом.

2) в период эксплуатации (II этап):

- Контроль основных фильтрационных характеристик - направле-

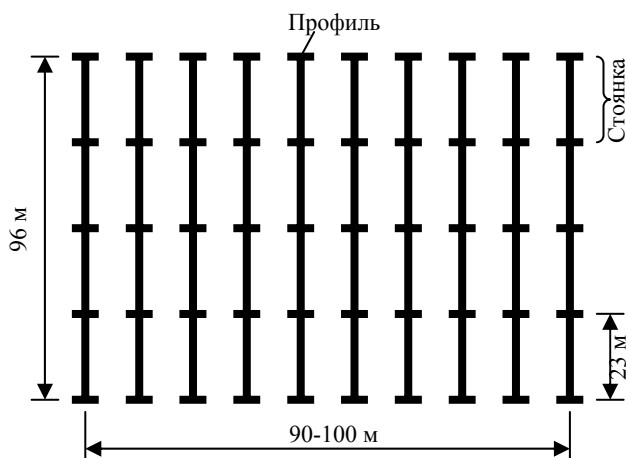


Рис. 1. Схема расположения сейсмических профилей

- контрольная откачка существующих скважин в контуре и за контуром котлована.

На втором этапе:

- устройство внешних и внутренних гидронаблюдательных скважин;
- заложение тезометрических датчиков в подушку укрепительной це-

ментации;

• установка 4-х трехкомпонентных сейсмоакустических датчиков в известняки под подушкой укрепительной цементации (глубина ~30 м);

• устройство системы сбора, передачи обработки и визуализации данных геоконтроля.

Рассмотрим практический вариант реализации такой системы на примере участка строительства «Комплекса административных зданий законодательной и исполнительной власти г. Москвы в ММДЦ «Москва - Сити», выполненный в 2006 -2007 годах.

На первом этапе:

• сейсмическое профилирование в пределах котлована методом преломленных волн;

• сейсмическое профилирование в пределах котлована методом отраженных волн в модификации общей глубинной точки (МОВ ОГТ);

• качественная оценка контакта свай с грунтом на основе спектрального анализа сигнала отклика удара кувалды, одно измерение - одна свая;

• оценка трещиноватости горных пород, ориентации трещин, оценка эффективности цементации на основе данных акустического каротажа и анализа видеоизображений полученных скважинным телевизором в технологических, гидро-наблюдательных и скважинах контрольного бурения;

ментации;

• установка 4-х трехкомпонентных сейсмоакустических датчиков в известняки под подушкой укрепительной цементации (глубина ~30 м);

• устройство системы сбора, передачи обработки и визуализации данных геоконтроля.

Рассмотрим практический вариант реализации такой системы на примере участка строительства «Комплекса административных зданий законодательной и исполнительной власти г. Москвы в ММДЦ «Москва - Сити», выполненный в 2006 -2007 годах.

• сейсмическое профилирование в пределах котлована методом преломленных волн;

• сейсмическое профилирование в пределах котлована методом отраженных волн в модификации общей глубинной точки (МОВ ОГТ);

• качественная оценка контакта свай с грунтом на основе спектрального анализа сигнала отклика удара кувалды, одно измерение - одна свая;

• оценка трещиноватости горных пород, ориентации трещин, оценка эффективности цементации на основе данных акустического каротажа и анализа видеоизображений полученных скважинным телевизором в технологических, гидро-наблюдательных и скважинах контрольного бурения;

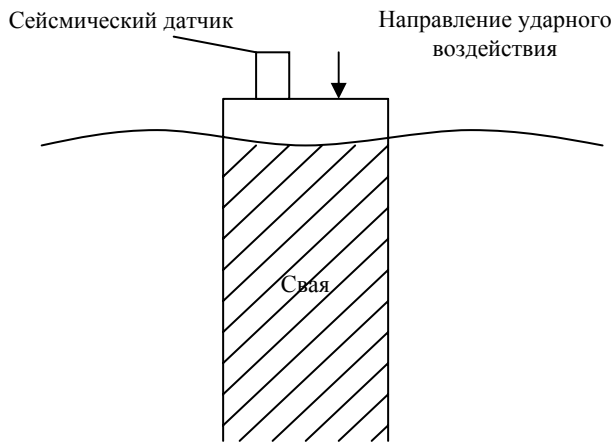


Рис. 2. Схема проведения измерений по оценке контакта свай

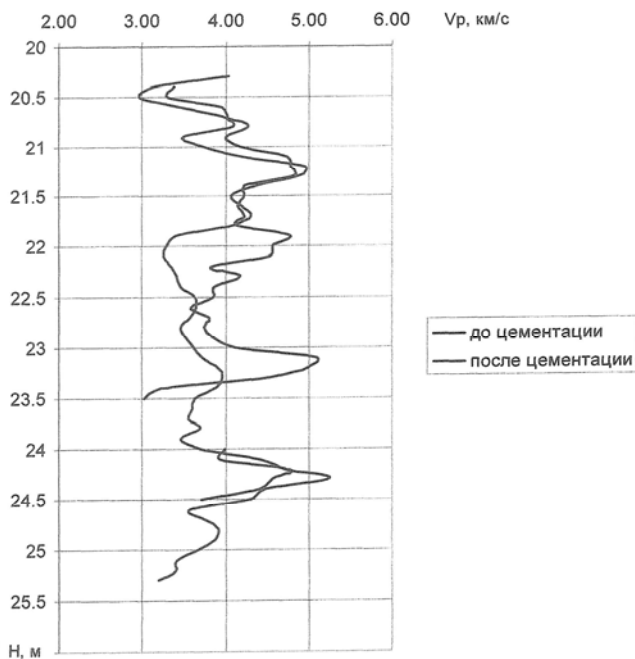
правлено на определение скоростей упругих волн и на привязку отражающих границ к глубинам. Метод отраженных волн (МОВ) применен для уточнения форм границ, более точного выявления степени цементации.

Сейсмоакустическое профилирование методом преломленных волн (КМПВ) выполнялось по десяти профилям. Длина каждого профиля 96 м. Расстояние между профилями 10 м. Шаг по профилю между сейсмоприемниками 1 м. Работы выполнены с 24-канальной сейсмической станцией. На каждом профиле отработаны по четыре стоянки по 23 м. Возбуждение упругих колебаний ударом. Система наблюдений - семиточечная с выносами, пункты ударов -24 м, -12 м, 1 СП, 12 СП, 24 СП, +12 м, +24 м. Всего: 40 стоянок пересекающих скважины контрольного бурения, 280 физ. точек;

Сеймопрофилирование методом отраженных волн (МОВ ОГТ) выполнено с регистрацией поперечных волн, поляризованных в горизонтальной плоскости. Работы выполнены по десяти профилям, проходящим через скважины контрольного бурения. Шаг

между сейсмоприемниками -1м. Длина каждого профиля 96 м. Сейсмоприемники "горизонтальные" с осью максимальной чувствительности, ориентированной перпендикулярно линии профиля. Возбуждение колебаний ударом, ориентированным перпендикулярно линии профиля. Удар производился под углом не менее 45 градусов к поверхности. Шаг между пунктами возбуждения 1 м. На каждом пункте возбуждения регистрировались сейсмограммы от ударов в противоположных направлениях. При обработке данных программно выполнялось взаимное вычитание указанных файлов, что обеспечило улучшение соотношения сигнал-шум. Пункты возбуждения располагались около каждого сейсмоприемника, а также за пределами установки с шагом 1 м до удаления 12 м от крайних сейсмоприемников. Всего на каждом профиле отобрано 48 пунктов удара. Общий объем работ при сеймопрофилировании методом МОВ составил 960 физических точек при регистрируемом частотном диапазоне от 15 до 300 Гц. При недостаточном уровне полезного сигнала в ходе регистрации использовалось накопление сигналов (суммирование). Работы выполнялись как в условиях специального режима, так и в условиях высокого уровня помех.

Качественная оценка контакта свай с грунтом (рис. 2) на основе спектрального анализа сигнала отклика удара кувалды выполнялась на всех



ис. 3. Каротажная диаграмма скоростей продольных волн. Свая №437

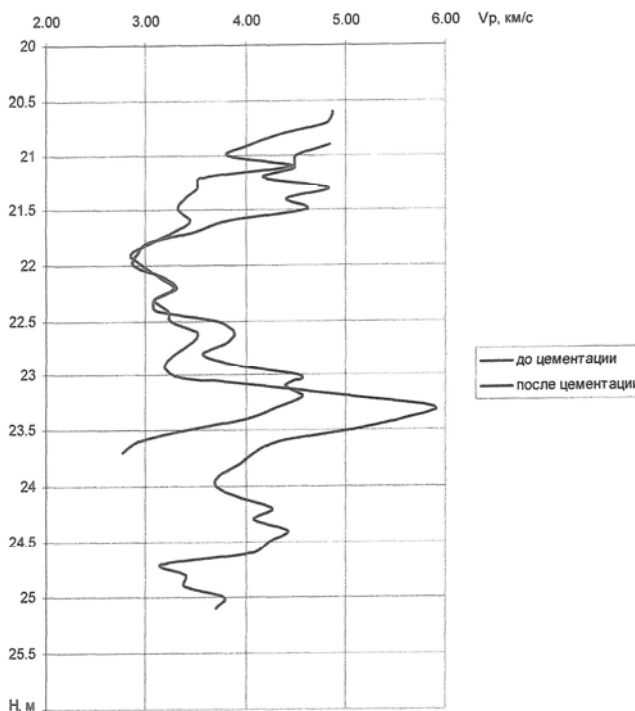


Рис. 4. Каротажная диаграмма скоростей продольных волн. Свая №540

тельной цементации. На основании данных о распределении частотного состава регистрируемого сигнала, путем

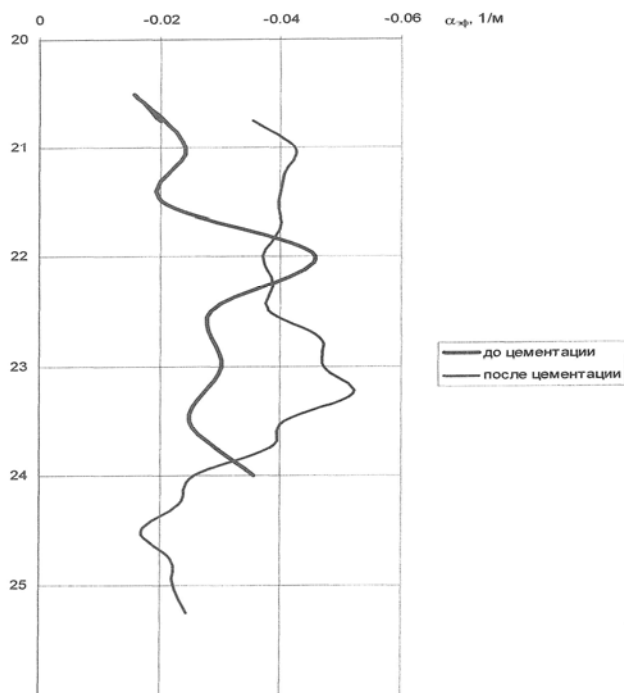
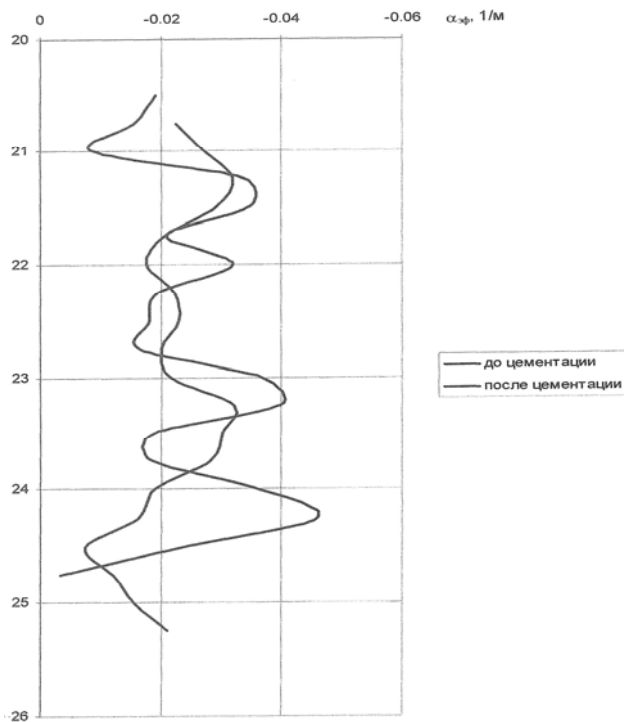
статистического анализа, сделано предварительное заключение о степени контакта свай с массивом грунта.

Критерием эталонной оценки контакта сваи являются данные об испытании двух контрольных свай на предельные нагрузки.

Ультразвуковой каротаж выполнен с шагом 0,1 м. до и после цементации. В результате обработки данных, полученных до цементации, значения скоростей продольных волн составили 2500-5500 м/с. Все скважины имеют сходный вид каротажных диаграмм. На рис. 3 и 4 приведены каротажные диаграммы скоростей упругих волн в скважинах свай №437 и №540 до и после цементации.

Участки со скоростями продольных волн более 4500 м/с можно условно отнести к относительно сохранным известнякам, мощность этих участков составляет 0,3-0,4 м.

сваях в два этапа: до и после укрепи-



На основании скоростей упругих

Рис. 5. Каротажная диаграмма эффективного коэффициента затухания. Свая №437

Рис. 6. Каротажная диаграмма эффективного коэффициента затухания. Свая №540

волн и принимаемой плотности известняков $2,2 \text{ т/м}^3$ рассчитано значение динамического модуля упругости

меняющееся в широких пределах от 16 до $30 \cdot 10^3$ МПа. Для участков относительно сохранных известняков, принимая плотность $2,4 \text{ т/м}^3$, значение динамического модуля упругости находится в пределах $40-50 \cdot 10^3$ МПа.

Схема расположения гидронаблюдательных скважин (ГНС) (пьезометры) приведена на рис. 7. Девять скважин расположены в контуре фундаментной плиты с равным шагом, четыре скважины расположены за контуром плиты на расстоянии около 50 м от ее контура. Глубина заложения двенадцати пьезометров составляет 30 м, на $1-2$ м ниже зоны укрепительной цементации. Пьезометр, размещенный в центре фундаментной плиты, расположен на глубине 15 м, между подушкой укрепительной цементации и фундаментной плитой.

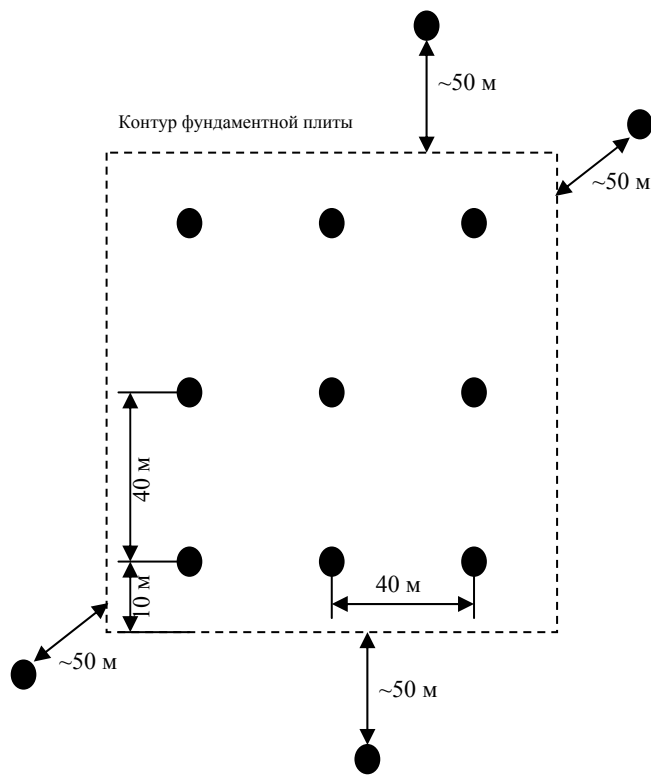


Рис. 7. Схема расположения гидронаблюдательных скважин

Рис. 8. Схема расположения тензометрических и сейсмоакустических датчиков

рических датчиков приведена на рис. 8. Три датчика в каждой группе заложены в подушку укрепительной цементации.

По одному датчику из каждой группы размещены в известняках между подушкой укрепительной цементации и фундаментной плитой (глубина -15-20 м). Тензометрические датчики установлены в скважинах контрольного бурения.

Для наблюдения за акусто-эмиссионными процессами, которые будут протекать в сохранных известняках под подушкой укрепительной цементации, размещены четыре трехкомпонентных сейсмоакустических датчика по схеме на рис. 8.

Проведенные работы первого этапа геоконтроля позволили определить основные физико-механические, акустические и гидрологические параметры подсвайного массива, осуществить эффективный технологический контроль и управление процессом укрепительной цементации пород основания и разместить в породах под основанием сооружения за-

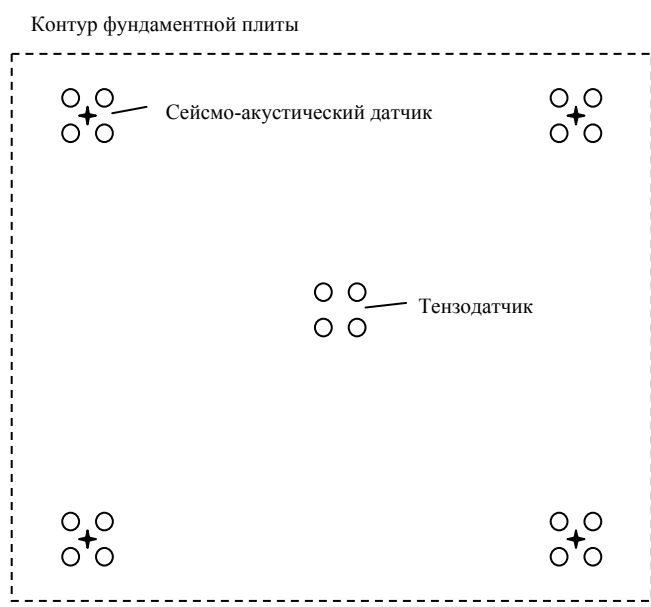


Схема расположения тензомет-

кладные элементы конструкции системы эксплуатационного геоконтроля.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Савич А.И., Коптев В.И., Никитин В.Н., Ященко З.Г. Сейсмоакустические методы изучения массивов скальных пород. – М: Недра, 1969.
2. Аверин А.П. Исследование параметров затухания при ультразвуковых наблюдениях. Горно-информационный бюллетень, №10, изд-во МГГУ, 2004.
3. Захаров В.Н., Аверин А.П. Механизмы затухания волновых процессов при ультразвуковых наблюдениях. Горно-информационный бюллетень, №7, изд-во МГГУ, 2005. **ГИИС**

Коротко об авторах

Ковпак И.В. - Президент ЗАО «Управляющая Компания «Межрегиональный Союз Строителей», office@msshholding.ru

Титов Н.Е. - Управляющий директор «Института высоких технологий освоения и эксплуатации подземного пространства», vt@bk.ru



ДИССЕРТАЦИИ

ТЕКУЩАЯ ИНФОРМАЦИЯ О ЗАЩИТАХ ДИССЕРТАЦИЙ ПО ГОРНОМУ ДЕЛУ И СМЕЖНЫМ ВОПРОСАМ

Автор	Название работы	Специальность	Ученая степень
ВНИИГалургия			
АЛЕКСЕЕВА Елена Ивановна	Интенсификация флотационной переработки высокошламистых сильвинитовых руд	25.00.13	к.т.н.
РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ГЕОЛОГОРАЗВЕДОЧНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ им. СЕРГО ОРДЖОНИКИДЗЕ			
ВИЛЬМИС	Совершенствование скважинного	25.00.14	к.т.н.

Александр Леонидович	крупнообъемного опробования плавунных титан-циркониевых россыпных месторождений		
-------------------------	---	--	--