



СТРУЙНАЯ ЦЕМЕНТАЦИЯ: ОЦЕНКА ТЕПЛООВОГО ПРОФИЛЯ

George Piscsalko, Pile Dynamics, Inc. and
Dr. Klaus Meinhard, Porr Bau GmbH

Струйная цементация - это технология улучшения качества грунта, используемая для увеличения несущей способности большинства типов рыхлых, неустойчивых или разжижаемых грунтов. Выполняется путем забуривания буровых труб малого диаметра на проектную глубину и введением жидкого цементного или строительного раствора в нижние слои грунта под давлением с использованием высокоскоростных струй. Введение жидкости на высокой скорости разрушает структуру грунта, который затем смешивается с раствором. Буровая штанга медленно вращается и поднимается, и в результате формируются грунто-цементные колонны. Эти колонны расширяются и затвердевают, укрепляя подстилающий грунт.

При выполнении струйной цементации возможность визуальной проверки отсутствует на протяжении всего процесса установки колонн. Поэтому контроль качества становится достаточно сложным: сложно определить точный диаметр колонны по всей длине.



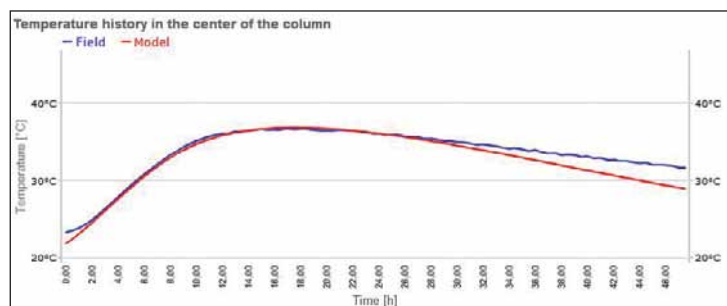
Установка кабеля THERMAL WIRE в отлитую колонну

Подрядчик из Вены Porr Bau GmbH, который является подразделением одной из крупнейших австрийских строительных компаний, the PORR Group, разработал систему измерения температур внутри отлитых колонн для определения их диаметра: TEMPJET (www.tempjet.com/about_en.ft). Pile Dynamics, Inc. заключила партнерское соглашение с Porr Bau GmbH для использования ее системы жаропрочного профилирования с использованием кабелей Thermal Wire, применяемой для измерения температуры в центре отлитых колонн. На кабелях THERMAL WIRE каждые 305 мм (12 дюймов) расположен цифровой температурный датчик. В настоящее время такие кабели регулярно применяются для обеспечения контроля качества буровых, буронабивных монолитных и буриинъекционных свай. Кабели THERMAL WIRE достаточно прочны, чтобы выдержать внедрение в бетонные конструкции как до (такой метод обычно применяется при использовании буровых свай), так и после отлива колонн (в случае применения буронабивных монолитных и буриинъекционных свай, а также колонн струйной цементации).

При использовании струйной цементации кабели THERMAL WIRE устанавливаются через буровую штангу сразу после отлива колонны (Рисунок 1). Тепловизионный порт подсоединяется к кабелям THERMAL WIRE непосредственно после их установки. Сбор и сохранение температурных данных со всех датчиков производится каждые 10 минут в процессе отверждения строительного раствора. Эти измерения пересылаются на компьютер для проведения дальнейшего анализа с помощью программного обеспечения TEMPJET.

Программное обеспечение TEMPJET позволяет сравнить температурную динамику с результатами, полученными в ходе цифрового моделирования термохимического феномена отверждения раствора. Температурная динамика зависит от диаметра отлитой колонны, состава цементного раствора и термохимических свойств раствора и окружающего грунта. При заданных свойствах грунта и раствора TEMPJET позволит смоделировать температурный профиль в зависимости от формы колонны и состава раствора.

Диаметр колонны (форма) и состав раствора оказывают совершенно разное воздействие на температурную динамику: в зависимости от состава строительного раствора изменяется период нагрева на начальном этапе отверждения, а диаметр колонны в основном влияет на снижение температуры на этапе охлаждения. С помощью TEMPJET для всех сочетаний формы колонны и состава раствора моделируется уникальная температурная динамика. Затем эти данные сравниваются с измерениями в полевых условиях. Далее программа дорабатывает ориентировочные расчеты относительно состава раствора и формы колонны до тех пор, пока различия между измеренной и спрогнозированной температурой не станут достаточно малы для дальнейших измерений. Начиная с этого момента, программа выдает результаты с использованием предполагаемого диаметра колонны и состава раствора в зависимости от глубины залива колонны.



Измеренные (синяя линия) и смоделированные (красная линия) температурные данные в зависимости от времени при заданной глубине залива колонны.

Метод определения диаметра колонны и состава раствора был применен при установке более 300 колонн струйной цементации на различных строительных площадках по всей Европе. Измерения диаметров во многих случаях были подтверждены с помощью различных методов (в том числе, путем раскапывания). Все расчеты достаточно точно соответствовали фактическим измерениям.