

Изобретение относится к строительству в частности, к упрочнению грунта путем введения в грунт затвердевающих или порозаполняющих веществ и может быть использовано для укрепления оснований зданий при аварийно-восстановительных работах.

При закреплении грунта между его частицами искусственным материалом путем создаются дополнительные связи, в результате чего возрастает прочность грунта и уменьшается его сжимаемость. Чаще всего применяют инъекционные методы закрепления грунта: силикатизация, полимеризация, цементация, глинизация и битумизация. Наибольшее распространение получили способы закрепления грунта такие как силикатизация и цементация.

Наиболее близким по совокупности общих признаков к заявляемому является способ закрепления грунта, включающий бурение скважин на расчетную глубину, приготовление закрепляющей композиции на основе цементного раствора и нагнетание закрепляющей композиции в скважины под давлением [1].

В соответствии с этим способом скважины бурят диаметром примерно 100 мм, а нагнетание в них цементного раствора ведут под давлением 2,0 МПа. Этот метод применяют главным образом для уменьшения водопроницаемости трещиновых скальных пород при проходке в них выработок. Цементация скальных пород возможна, если ширина трещин в скале превышает 0,15-0,2 мм скорость грунтовых вод не более 0,25 см/с. Этот способ можно применять и для крупнозернистых песков, гравенистых и галогениковых грунтов с целью создания противифльтрационной завесы и увеличения несущей способности грунтов.

Для увеличения радиуса распространения цементного раствора и поглощения цемента, обработку грунта осуществляют поверхностно-активным веществом - 0,2-0,5% водным раствором черного сульфатного щелока. После обработки грунта водным раствором ПАВ в грунт через скважины нагнетают цементный раствор. Состав закрепляющей композиции берут в соотношении воды и цемента 1:1.

Однако известный способ применим преимущественно для закрепления грунтов с крупными пустотами. В мелкие трещины цементный раствор не проникает, что сокращает радиус инъецирования и ограничивает области применения.

Кроме того, относительно большой диаметр скважины - 100 мм и высокое давление - 2,0 МПа определяют хаотичное - турбулентное движение закрепляющей композиции из-за чего снижается ее проникающая способность в пустоты и трещины грунта, что приводит к снижению прочности тампонажного камня.

В основу изобретения поставлена задача усовершенствовать способ закрепления грунта так, чтобы обеспечить ламинарное движение при нагнетании закрепляющей композиции в скважины и повысить ее проникающую способность в грунт, в результате чего достигается увеличение радиуса инъецирования закрепляющей композиции и повышается прочность тампонажного камня.

Поставленная задача решается тем, что в способе закрепления грунта, включающем бурение скважин на расчетную глубину, приготовление закрепляющей композиции на основе цементного раствора и нагнетание закрепляющей композиции в скважины, согласно изобретению, скважины бурят шнековым инструментом диаметром 40-50 мм, приготовление закрепляющей композиции на основе цементного раствора ведут с добавлением жидкого стекла при непрерывном перемешивании в соотношении цемента, воды и жидкого стекла 1:1:0,1 в два приема, сначала смешивают 100% расчетного количества воды и 30-50% расчетного количества жидкого стекла, а затем в полученную смесь добавляют 100% расчетного количества цемента и остальную часть жидкого стекла, а нагнетание закрепляющей композиции в скважины ведут под давлением 0,5-0,7 МПа.

Приготовление закрепляющей композиции на основе цементного раствора с добавлением жидкого стекла при непрерывном перемешивании в соотношении цемента, воды и жидкого стекла 1:1:0,1 позволяет повысить проникающую способность закрепляющей композиции в грунт. При этом твердая фаза на основе цемента заполняет крупные пустоты и трещины и фильтрует через себя жидкую фазу - жидкое стекло. Отжимаемый фильтрат проникает в мелкие трещины массива, замачивает его и, взаимодействуя с составляющими грунтов, закрепляют их, чем обеспечивается надежное закрепление грунта, содержащего как мелкие, так и крупные пустоты (трещины) за один технологический прием при значительном увеличении радиуса инъецирования и увеличении прочности тампонажного камня.

Количественное соотношение цемента, воды и жидкого стекла является оптимальным и определено экспериментально. Соотношение цемента и воды 1:1 является общеизвестным и общепринятым, а добавление в их состав 0,1 жидкого стекла определено опытным путем. При увеличении количества жидкого стекла больше 0,1 увеличивается стоимость закрепляющей композиции, и при уменьшении менее 0,1 уменьшается количество фильтрата, снижается проникающая способность закрепляющей композиции и уменьшается радиус инъецирования грунта, снижается прочность тампонажного камня.

Приготовление закрепляющей композиции в два приема, при которых сначала смешивают 100% расчетного количества жидкого стекла, а затем в полученную смесь добавляют 100% расчетного количества цемента и остальную часть жидкого стекла позволяет приготовить гелеобразную смесь пригодную для инъецирования.

Приготовление закрепляющей композиции в два приема при указанном соотношении компонентов определено многочисленными экспериментами. Так при приготовлении закрепляющей композиции в один прием с 100% расчетным количеством цемента, воды и жидкого стекла происходит загустение и схватывание закрепляющей композиции в результате чего она становится непригодной для инъецирования.

При приготовлении закрепляющей композиции в два приема, выбранное количество жидкого стекла - 30-50% смешиваемого с 100% расчетного количества воды при первом приеме определено опытным путем и является оптимальным для приготовления пригодной для инъецирования закрепляющей композиции. При уменьшении количества жидкого стекла менее 30% при первом приеме увеличивается его количество при втором приеме (70% и более), что при смешивании с 100% количеством цемента образует вязкую и быстрозатвердевающую смесь не пригодную для инъецирования.

Увеличение вводимого при первом приеме количества жидкого стекла более 50% нецелесообразно, так

как загустение смеси выше допустимой вязкости происходит уже при первом приеме.

Бурение скважин шнековым инструментом диаметром 40-50 мм и нагнетание в них закрепляющей композиции под давлением 0,5-0,7 МПа является наиболее оптимальным для организации ламинарного движения закрепляющей композиции в скважинах и при заполнении ею пустот и трещин в грунте, в результате чего увеличивается радиус инъецирования и увеличивается прочность тампонажного камня.

Бурение скважин диаметром менее 40 мм приводит к большому гидравлическому сопротивлению скважин движению закрепляющей композиции, а более 50 мм приводит к хаотическому - турбулентному движению закрепляющей композиции и снижению ее проникающей способности в грунт.

Подача закрепляющей композиции под давлением ниже 0,5 МПа не обеспечивает нормальное движение закрепляющей композиции по скважине и отжим фильтрата в полостях и трещинах грунта, а под давлением больше 0,7 МПа приводит к турбулентному движению закрепляющей композиции по скважине, неполному заполнению пустот и трещин и уменьшению радиуса инъецирования.

Способ закрепления грунта заключается в следующем.

Шнековым инструментом бурят скважины диаметром 40-50 мм. Приготавливают закрепляющую композицию на основе цементного раствора, в которую добавляют жидкое стекло при непрерывном перемешивании, например в бетономешалке, в соотношении цемента, воды и жидкого стекла 1:1:0,1 в два приема. Сначала смешивают 100% расчетного количества воды и 30-50% расчетного количества жидкого стекла, а затем в полученную смесь добавляют 100% расчетного количества цемента и остальную часть жидкого стекла. Полученную гелеобразную закрепляющую композицию насосами посредством инъециатора известного типа подают в скважины диаметром 40-50 мм под давлением 0,5-0,7 МПа.

При таком диаметре скважины и при таком значении давления нагнетания обеспечивается ламинарное движение закрепляющей композиции по скважине и хорошее заполнение ею пустот в грунте. Твердая фаза на основе цемента заполняет крупные пустоты и фильтрует через себя жидкую фазу, отжимаемый фильтрат поступает в мелкие трещины, смачивает окружающий их массив, упрочняет его, обеспечивая на большом радиусе закрепление грунта, содержащего как мелкие, так и крупные пустоты (трещины) за один технологический прием, в результате чего увеличивается радиус инъецирования и прочность тампонажного камня.

Пример. В 1987 году в результате прорывов технологических систем были выявлены сильные просадки фундамента девятиэтажного дома по Киндийскому шоссе (г.Херсон). Дом имеет свайные фундаменты, сооружен на лесовидных грунтах, их глубина достигает 12 м. В 1991 году были произведены работы по закреплению грунтов основания по предлагаемому способу. По периметру здания, на расстоянии 1,0 м от фундамента были пробурены шнековым инструментом скважины диаметром 50 мм, глубиной до 7,0 м на расстоянии 1,2 м друг от друга. Всего было пробурено до 400 скважин. Приготовленная в два приема при непосредственном перемешивании закрепляющая композиция с соотношением цемента, воды и жидкого стекла 1:1:0,1 подавалась в скважину насосом под давлением 0,5 МПа, что обеспечивало ламинарный характер движения раствора в скважине, и значит хорошую пропитываемость грунта. Всего было закачено примерно 300 куб. метров закрепляющей композиции. Радиус инъецирования составил 1,0 м, а прочность тампонажного камня 50 кг/см<sup>2</sup>. После четырех лет эксплуатации просадочные явления этого здания не наблюдались.

По предлагаемому способу закрепили также основания других зданий. Например, общежитие №6 хлопчатобумажного комбината (г. Херсон), здание таможни (г.Херсон), здание административно-бытового корпуса автобазы "Днепровская" (г.Павлоград), терапевтический корпус городской больницы (г. Павлоград) и другие.

После проведения закрепления грунтов по предлагаемому способу НПЦ "ТИОН" негативные явления (просадки грунтов) полностью прекратились, что подтверждено актами приема работ со стороны заказчиков.

Способ положительно проявил себя также и на мелкозернистых и крупнозернистых песках.

Сравнительные данные заявляемого способа аналога (силикатизация) и прототипа (цементация) при применении их на различных составах грунтов приведены в таблице.

Состав грунта	Технология закрепления грунта		
	по аналогу (силикатизация) при $P=1,5$ МПа	по прототипу (цементация) при $P=2,0$ МПа	по заявленному способу при $P=0,5-0,7$ МПа
Песок мелкозернистый	$\frac{1,5^*}{2-3}$	$\frac{0,1-0,15}{60}$	$\frac{1,5}{75-80}$
Песок крупнозернистый	-	$\frac{\text{до } 1,0}{70-80}$	$\frac{2,0}{80-90}$
Глина просадочная лесс/	$\frac{0,5-0,6}{\text{до } 3}$	-	$\frac{1,0}{50}$

Радиус инъе́ктирования закре́пляющей компози́ции, м

\* -

Прочность тампонажного камня,  $\text{кг/см}^2$