

N2, 2000

К вопросу об адаптации манжетной технологии для целей укрепительной инъекции оснований зданий.

И.И.Сахаров

При использовании для целей укрепительной инъекции метода манжетной технологии (ММТ) спектр закрепляемых грунтов практически неограничен. Эта технология выгодно отличается от традиционного способа инъекции нисходящими зонами, когда последовательно заливают раствором скважины и разбуривают их после схватывания с уменьшением диаметра. В этом случае цементный столб выше зоны инъекции играет роль тампона [1], в то время как при использовании ММТ применяется переносной двойной тампон, перемещаемый в трубах с манжетами. Однако при закреплении связных грунтов, как было показано в [2], необходим учет ряда обстоятельств, отражающих специфику их разрушения при действии локальных инъекционных давлений. В противном случае инъекция может вызвать ухудшение физико-механических характеристик основания по сравнению с первоначальными.

Используемая для целей противодиффузионного закрепления конструкция манжетной колонны показана на рис. 1. Все детали этой конструкции выполняют определенные функции. Стальная труба, внутри которой перемещается двойной тампон, имеет минимальный внутренний диаметр 50...60 мм. Труба снабжена отверстиями по высоте, перекрытыми манжетой из литой резины толщиной 3...5 мм и шириной 100 мм, которая играет роль клапана, препятствующего обратному поступлению в трубу раствора (обойменного и закачиваемого в грунт). Манжета фиксируется на трубе двумя приваренными кольцами. Раствор нагнетается в грунт с помощью двойного тампона одновременно через 4 отверстия диаметром 5...6 мм. Отверстия располагаются по высоте обычно с шагом 330 мм, однако это расстояние может быть и большим, вплоть до 1 м. Обойма толщиной 3...5 см герметизирует затрубное пространство, не позволяя раствору подниматься вдоль трубы вверх.

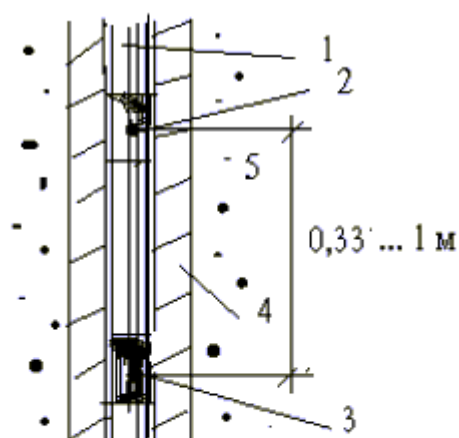


Рис. 1. Конструкция манжетной колонны
1- труба, 2 - отверстие,
3 - манжета, 4 - обойма,
5 - грунт

В последние годы ММТ используется в Петербурге для закрепления грунтов оснований зданий и сооружений под фундаментами мелкого заложения. При этом практически

полностью используется описанная выше технологическая оснастка и метод ведения работ. Конструктивные изменения заключаются лишь в замене стальных труб пластмассовыми, на наружной поверхности которых для фиксации манжет устроены прорезы. Шаг отверстий по вертикали постоянен и не зависит от особенностей инъектируемых грунтов и напряженного состояния основания. Технологическим отличием применяемой в Петербурге укрепительной инъекции от противofильтрационной является способ заливки обойменного раствора. В наиболее распространенном случае бурения насухо этот раствор заливается сверху, а не через нижний манжет, что вполне оправданно, учитывая малую глубину скважин (обычно не более 3 - 4 м от дневной поверхности или пола подвала).

Вместе с тем очевидно, что цели противofильтрационной и укрепительной инъекции различны. В последнем случае основание после отвердевания раствора должно обладать существенно большей прочностью и меньшей деформативностью. Однако в отличие от пропитки, когда раствор заполняет до 70% объема пор, для ММТ характерна большая вариация свойств закрепляемого массива в разных точках, так как линзы затвердевшего раствора соседствуют с непропитанным грунтом. При этом согласно опытным данным общий объем раствора в пересчете на 100% выхода тампонажного камня составляет обычно не более 5...15% от объема закрепляемого грунта [3].

Таким образом, для повышения общей прочности заинъектированного массива, в связи с малым объемом твердых растворных включений следует применять для них весьма прочные растворы. И наоборот, для укрепительной инъекции по ММТ нецелесообразно применение тонких слабопрочных растворов, используемых для однорастворной силикатизации. Обеспечивающие большую прочность смолы различного состава токсичны и не могут быть рекомендованы при инъекции непосредственно под фундаментами зданий. Следовательно, при укрепительной инъекции естественных оснований зданий возможно использование лишь относительно высокопрочных цементных растворов. Однако эти растворы даже при введении различных стабилизирующих добавок способны проникать только в относительно крупные пустоты, что и будет определять требуемые размеры образуемых при гидроразрывах трещин.

Отметим, что исследования инъекции через манжетные трубы очень немногочисленны. В опытах, изложенных в работе [4] элемент манжетной колонны воспроизводился полностью. Инъекция производилась в крупные пески глиносиликатным раствором и в мелкие пески - алюмосиликатным. Несмотря на очевидные недостатки этого метода испытаний, связанные, в первую очередь, с отсутствием пригрузки инъектируемого массива, полученные картины разрушения обоймы и гидроразрывов в грунте должны быть внимательно изучены.

Исследования показали, что обойма разрушается от краев манжет, откуда раствор через многочисленные тонкие трещины внедряется в грунт (рис. 2) [4]. Сама манжета, изготовленная из эластичной резины, не рвется и фактически создает экран для распространения раствора по меньшей мере в зоне ее ширины. Не подлежит сомнению то обстоятельство, что такая картина трещинообразования вытекает не из особенностей инъектируемых грунтов, закачиваемых растворов и прочностных характеристик обоймы, а является следствием наличия широкой неразрушаемой манжеты. Очевидно, что в случае закрепления при этой оснастке практически любых грунтов достаточно грубыми цементными растворами большая часть трещин не будет заполнена.

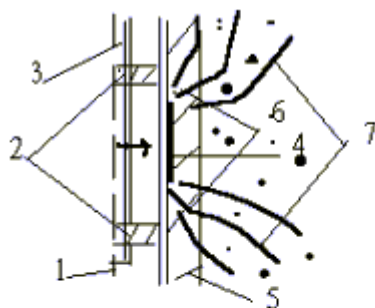


Рис. 2. Разрушение обоймы при наличии прочной резиновой манжеты

1 - ось симметрии манжетной трубы, 2 - кольца тампона, 3 - инъекционная трубка, 4 - манжета, 5 - обойма, 6,7 - трещины в обойме и грунте

Исследования инъекции цементного раствора в глинистые грунты, методика которых кратко была описана в [2] показали, что оптимальным является случай, когда раствор инъецируется в грунт в виде одной сплошной линзы толщиной 2- 4 см. При этом обеспечивается наилучшее армирование и уплотнение грунта (рис. 3). Такая текстура инъецируемого массива будет иметь место либо при очень узкой манжете, либо при той ее конструкции, которая допускает разрыв сразу же после начала закачки раствора. В случае же препятствия на пути горизонтального распространения раствора в грунтах возникает текстура, аналогичная рис. 2. При этом раствор не проникает в большинство трещин и упрочнение грунта будет слабым. В связи с этим, для укрепительной инъекции любых грунтов относительно грубыми цементными растворами желательным явится такая конструкция манжеты, которая не препятствовала бы распространению раствора в грунт по кратчайшему горизонтальному направлению.

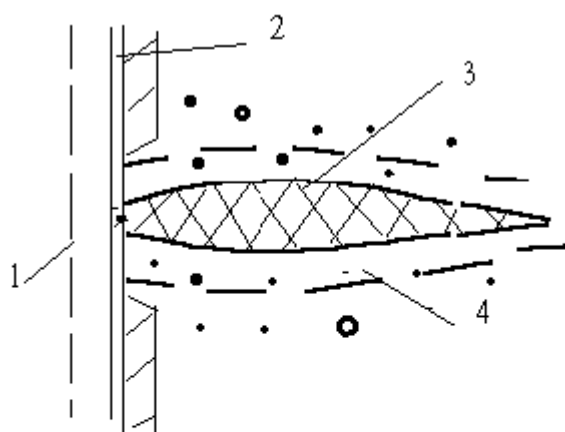


Рис.3. Распространение раствора в грунте в случае разрушаемой в ходе гидроразрыва манжеты

1 - ось симметрии, 2 - манжетная труба
3 - линза раствора, 4 - границы зоны сильного уплотнения грунта

Наиболее простое конструктивное решение при этом будет обеспечено в случае

использования в качестве манжеты нескольких слоев изоляционной ленты, как это рекомендовано для цементации анкеров [5]. Очевидно, что после разрушения манжеты опасаться обратного проникновения раствора в трубу ввиду малого сечения отверстий не следует. По тем же причинам также исключено поступление в трубу грунтовых вод ввиду малости в пределах глубины инъекции гидростатических давлений и незначительной длительности процесса инъекции через одну трубу вплоть до ее окончательной заливки цементным раствором.

Описанная конструкция манжеты будет выполнять только функции герметизации трубы при заливке обойменного раствора. После затвердевания обоймы и начала инъекции манжета необратимо разрушается. Подобный "однократный" срок службы манжеты с соответствующим участком обоймы до изобретения манжетной технологии реализовывался при взрывных перфораторах, применяемых нефтяниками [6]. Очевидно, при заливке обойменного раствора сверху все манжеты на трубе могут выполняться описанным образом. В случае бурения первичных скважин в неустойчивых грунтах под защитой глинистого раствора стандартная манжета из литой резины устраивается только в самом низу, так как через нее в скважину подается обойменный раствор, вытесняющий буровой.

"Однократный" срок службы манжеты, по-видимому, не позволит производить многократную инъекцию в те или иные зоны основания. Однако повторное внедрение раствора в грунт спустя некоторое время неизбежно вызывает разрушение образовавшихся при первичном инъектировании структурных связей. В большинстве случаев это нежелательно, в связи с чем при укрепительной инъекции следует стремиться закрепить грунт при однократной обработке скважин, двигаясь снизу вверх.

В отношении устраиваемой на трубах прорези следует отметить, что она изначально предназначалась для фиксации манжеты от смещения вдоль трубы. Это явление, безусловно, имеет место при горизонтальном вдавливании труб из технологических колодцев (так называемая "горизонтальная технология" [7]), однако полностью отсутствует в случае опускания трубы с манжетами в готовую скважину с последующей заливкой (сверху или снизу) обойменным раствором. В связи с этим манжетная труба может быть совершенно гладкой снаружи, что упростит ее изготовление.

Количество выпускных отверстий в трубе, традиционно равное четырем для более равномерного распределения раствора в горизонтальной плоскости, очевидно, может быть увеличено до 6 или даже до 8. Окончательное решение по этому поводу должно приниматься на основе прочностного расчета ослабленного сечения пластмассовой манжетной трубы на ожидаемые максимальные давления гидроразрыва и инъекции.

Шаг перфорации в вертикальном направлении определяется, вообще говоря, целым рядом обстоятельств (особенностью напластования грунтов под подошвой фундамента, напряженно-деформированным состоянием основания в ходе инъекции, а также требуемыми конечными значениями прочности и деформативности закрепленного массива). Исходя из опыта укрепительной инъекции, расстояния между отверстиями по высоте обычно варьируют от 0,5 до 1 м. Окончательное расположение отверстий, а также давлений инъекции в разных горизонтах целесообразно устанавливать в ходе численного моделирования.

Таким образом, конструкция манжетной колонны для целей укрепительной инъекции оснований зданий и сооружений может быть упрощена по сравнению с существующими аналогами. Эти упрощения касаются, в основном, конструкции манжеты, которая должна разрушаться с началом подачи давлений в грунт. Помимо простоты устройства, присутствие разрушаемой манжеты будет обеспечивать максимальное раскрытие трещин в плоскости разрыва, что будет способствовать их заполнению достаточно грубыми цементными растворами. С другой стороны, при большем раскрытии заполняемых раствором трещин

вокруг последних будут увеличиваться размеры зон уплотняемого грунта.

Как уже отмечалось, шаг отверстий в трубе по вертикали следует в каждом конкретном случае закрепления увязывать, прежде всего, с напряженно-деформированным состоянием системы "фундамент - усиливаемое инъекционными давлениями основание". Следовательно, предпроектные работы должны включать в себя операции по численному моделированию геотехнических ситуаций, возникающих при гидроразрывах в грунтах и инъекции. Моделирование позволит оценить также несущую способность и деформативность закрепленного основания, а следовательно и резервы догрузки фундаментов. Совокупность перечисленных операций даст возможность минимизировать расход раствора и общее количество инъекционных скважин на объекте.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Справочник проектировщика. Основания, фундаменты и подземные сооружения. М.: Стройиздат. 1985.
2. Сахаров И.И. Особенности инъекционного закрепления оснований, сложенных связными грунтами//**Интернет-журнал № 1. 1999.**
3. Руководство по физико-химическому укреплению грунтов при строительстве Северо-Муйского железнодорожного тоннеля. М.: ВНИИ тр. стр.-ва. 1989.
4. Кулеев М.Т., Марголин В.М. Некоторые особенности разрушения обоймы и характер распространения растворов в песчаных грунтах при методе инъекции через манжетную колонну//Матер. VI Всес. совещ. по закр. и уплотн. грунтов. М.: 1968.
5. Свайные фундаменты и заглубленные сооружения. Под ред. Е.М.Перлея. Л.: Стройиздат. 1989.
6. Камбефор А. Инъекция грунтов. М.: Энергия. 1971.
7. Руководство по производству и приемке работ при устройстве оснований и фундаментов. М.: Стройиздат. 1977.