

Исследование зависимости прочности контакта цементного камня с различными типами анкерных трубчатых тяг

Малинин Алексей Генрихович

Кандидат технических наук, член Тоннельной ассоциации России, академик МАУ, технический директор группы компаний «ИнжПроектСтрой».

Основное направление научной деятельности – применение специальных технологий в подземном строительстве.

Автор более 70 опубликованных работ, 6 патентов и 1 монографии.

Малинин Дмитрий Алексеевич

Аспирант ПГТУ, член РОМГГиФ, ведущий инженер группы компаний «ИнжПроектСтрой».

Основные направления научной деятельности – освоение, разработка и применение современных технологий подземного строительства.

Автор 16 опубликованных работ и 3 патентов.

В настоящее время при строительстве глубоких котлованов и креплении автодорожных откосов все более широко применяются самозабуриваемые грунтовые анкера типа ТИТАН или Атлант. Вопросы, связанные с оценкой их несущей способности по грунту достаточно подробно изучены [1]. Между тем, существуют вопросы, связанные с оценкой прочности контакта между цементным телом анкера и его металлической тягой. Именно этой теме и были посвящены лабораторные испытания, представленные в настоящей работе.

Полюе трубчатые анкерные тяги, выполненные из высокопрочной стали, применяются не только для анкеров Атлант, но и для устройства микросвай при усилении фундаментов, а так же для армирования свай, выполненных по технологии струйной цементации грунтов [2].

Прочность сцепления армирующего элемента с цементным камнем определяется сопротивлением выдергиванию или вдавливаю металлического элемента, установленного в цементный образец. Прочность сцепления между металлическим элементом и цементным камнем зависит от следующих факторов:

- сцепление, формируемое за счет шероховатости и выступов на поверхности армирующего элемента;
- силы трения, возникающие под влиянием усадки цемента в процессе его твердения;
- адгезия цементного камня к металлу.

Наибольшее воздействие на прочность контакта оказывает первый из перечисленных факторов. Для исследования его влияния и была выполнена серия лабораторных испытаний по определению прочности контакта (адгезии) между металлической трубой и цементным камнем.

Для изготовления образцов, моделирующих работу трубчатого элемента в цилиндрическом цементном теле анкерной сваи, были разработаны специальные формы, схема которых представлена на рис.1(а), а внешний вид на рис. 2.

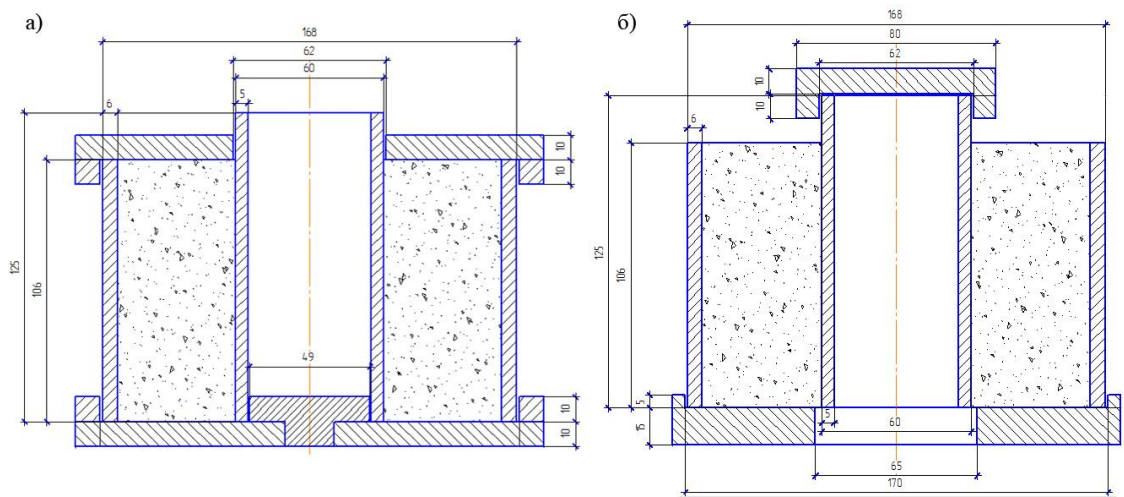


Рис.1. а) Схема формы для заливки образцов.
б) Схема оснастки для прессы.



Рис.2. Внешний вид форм заливки образцов

В центр формы устанавливали армирующие трубы различного типа:

- новая труба с гладкой поверхностью;
- труба вторичного использования с корродированной поверхностью;
- труба с окрашенной поверхностью;
- труба с приваренными по всей длине 4-мя арматурами АШ Ø10 мм;
- труба с накатанной винтовой поверхностью.

Диаметр армирующих труб составлял 60 мм, а трубы с накатанной резьбой 57 мм. Высота формы равнялась 108 мм, что соответствует расчетной площади контакта трубы с цементом 200 см^2 . Внешний диаметр образца равнялся 168 мм, что примерно соответствует диаметру реальной анкерной сваи.

Для заливки образцов использовались портландцемент марки ПЦ 500, песок и вода, смешиваемые в соотношении 1/0,1/0,5 соответственно.

Первоначальная серия испытаний была направлена на исследование влияния состава цементно-песчаной смеси. В этих образцах была установлена труба с гладкой поверхностью и варьировалось только соотношение воды, цемента и песка ($V/C/P = 0,4/1/0; 0,5/1/0,1; 0,5/1/1$). Для набора статистики образцы всех типов были выполнены по 6 шт.

После заливки образцы набирали прочность в течение 28 суток при комнатной температуре 20°C во влажной среде.

Испытания проводились на гидравлическом прессе с максимальной силой 500 кН. Для испытаний применялась специальная оснастка для прессы (рис.1 б), представляющая

из себя диск толщиной 20 мм с внутренним отверстием 62 мм, труба выдавливалась из цемента до срыва по контакту. Испытательный стенд показан на рис.3.



Рис.3. Испытательная установка на выдавливание трубы из цемента

Прочность адгезии определялась отношением разрушающей нагрузки к площади части поверхности трубы, находящейся в цементе.

$$\sigma_a = \frac{F_{lim}}{S_k}$$

Результаты испытаний приведены на графике 1.

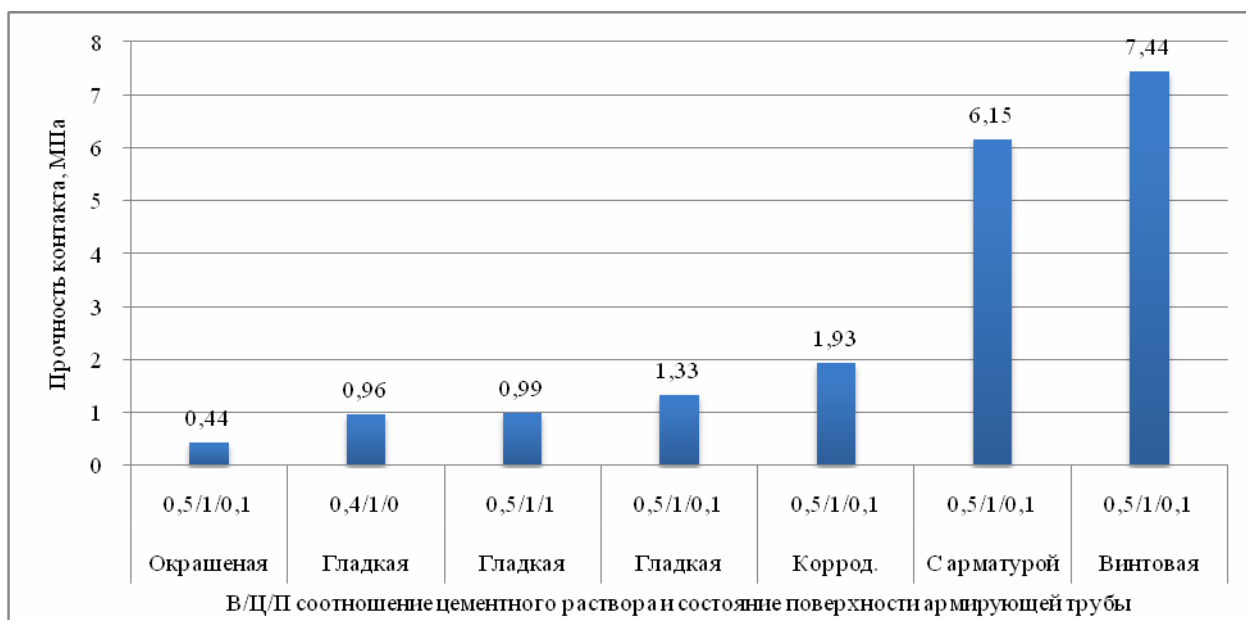


График 1. Результаты испытаний прочности контакта армирующего элемента с цементным камнем

Серия испытаний, в которой в образцах варьировался соотношения цементно-песчаной смеси, показала незначительное влияние состава цементного тела анкера на его адгезионные свойства.

Из результатов экспериментов следует, что прочность контакта в значительной степени зависит от характера поверхности армирующего элемента. Самый низкий результат показал эксперимент с окрашенной трубой в силу существования

разделительного лакокрасочного слоя. А вот труба с корродированной поверхностью имеет прочность контакта в 1,5-2 раза превышающую прочность контакта с гладкой поверхностью.

В образцах с винтовой трубой и приваренными арматурными отрезками адгезионная прочность превысила когезию, т.е. произошло разрушение самого цементного камня, а не контакта между телами (рис.4-6).



Рис.4. Характер разрушения образца с гладкой трубой



Рис.5. Характер разрушения образца с арматурными элементами



Рис.6. Характер разрушения образца с винтовой тягой

Для оценки полученных результатов нужно отметить, что, к примеру, несущая способность по грунту одного погонного метра анкера ТИТАН или Атлант с диаметром цементного камня 150 мм в глинах составляет 30 кН согласно расчетам по DIN 1054-2005, а согласно полевым испытаниям, проводимыми авторами, от 35 кН до 40 кН [1, 2].

При этом один погонный метр армирующей трубы диаметром 89 мм имеет площадь контакта с цементом $0,28 \text{ м}^2$. При прочности контакта корродированной трубы с цементом 1,98 МПа, труба выдержит нагрузку 553 кН, что в 18 раз превышает расчетную нагрузку на анкер. Армирование новой трубой даст превышение прочности контакта с цементом почти в 10 раз в сравнении с несущей способностью анкера по грунту. Нужно отдельно сказать, что в этих расчетах не принимается во внимание наличие муфт, соединяющих

штанги и выступающих за диаметр труб, которые дают дополнительное «зацепление» с цементным телом анкера.

Безусловно, винтовая накатанная поверхность трубчатых штанг дает большую несущую способность контакта в сравнение с гладкими штангами «Атлант». Но накатка существенно удорожает стоимость анкерных штанг. А использование вторичных труб в качестве армирующих элементов свай или грунтовых анкеров при устройстве только временных конструкций снижает затраты на металл приблизительно в 2 раза.

Дополнительно были проведены испытания образцов в форме кубиков 100x100 мм, выполненных из цемента-песчаного раствора для определения зависимости прочности от соотношения компонентов смеси. Испытания проводили согласно ГОСТ 10180-90. График 2 отражает результаты испытаний.

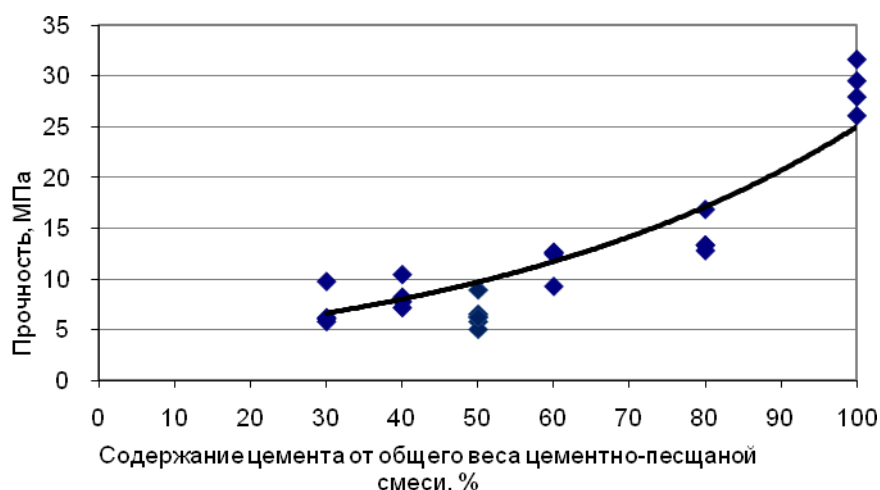


График 2. Зависимость прочности грунтобетона в зависимости от состава

Результаты испытаний показали, что прочность контакта труб с винтовой накатанной поверхностью и с приваренными арматурными отрезками соответствует прочности цементного камня.

В ходе экспериментальных исследований было установлено, что при армировании анкерных свай трубчатыми тягами наибольшую прочность контакта с цементным камнем дает винтовая поверхность и тяги с анкерными элементами, а наименьшую – гладкая окрашенная поверхность. При этом прочность контакта между цементом и гладкой трубой соответствует прочности анкеров и микросвай по грунту.

Литература:

1. Малинин А.Г., Малинин Д.А. Анкерные сваи «Атлант»// Жилищное строительство – 2010. – №5. – С. 60-62.
2. Малинин А.Г., Малинин Д.А. Технология устройства анкерных свай «Атлант»// Основания фундаменты и механика грунтов – 2010. – №1. – С. 17-20.
3. Малинин А.Г. Струйная цементация грунтов. – М.: Стройиздат, 2010. – 226 с.
4. ГОСТ 10180-90 «Бетоны. Методы определения прочности по контрольным образцам»