

серьезное ухудшение широкого использования металлической арматуры для предварительно напряженного железобетона. Свойства композитов, такие как высокая прочность на растяжение и высокая устойчивость к коррозии, делают композитную арматуру хорошим вариантом армирования для предварительно напряженного железобетона. Преимущество применения полимеркомпозитной арматуры в качестве преднапряженной состоит в том, что такие стержни обладают высокой прочностью на разрыв с умеренным модулем упругости и менее чувствительны к старению бетона, не подвержены коррозии. Однако, проблема в том, что свойства полимеркомпозитных материалов зависят от времени эксплуатации конструкций, в которых они установлены. Под постоянной нагрузкой они показывают различную степень пластических деформаций: углепластик не пластичен, стеклопластик показывает незначительную пластику, арамидопластик показывает длительные пластические деформации вследствие ползучести. Кроме того, стекловолоконные стержни под устойчивой нагрузкой на растяжение могут разрушаться без каких-либо деформаций. При действии постоянной нагрузки на стеклопластиковые стержни, её предел прочности при растяжении может упасть на 20 %, что может приводить к внезапному разрушению конструкции, что недопустимо. Учитывая эти обстоятельства, углепластик является наиболее подходящим композитным материалом для предварительно напряжения. Тем не менее, стоит отметить еще один немаловажный вопрос применения полимеркомпозитной арматуры в предварительно напряженном железобетоне, а именно надежная анкеровка стержней, в большинстве случаев с установкой специальных устройств – анкеров, что обусловлено низкой прочностью композитных стержней в поперечном направлении волокон.

The article describes a composite reinforcement with different types of reinforcing fibers, provides its basic properties, positive qualities compared with metal reinforcement. The article deals the question of anchoring rod reinforcement in composite prestressed concrete structures, presents different types of anchors.

Список литературы

1. Di Ludovico Marco "Experimental behavior of prestressed concrete beams with FRP", Dipartimento di Analisi e Progettazione Strutturale, Anno Accademico 2001 – 2002
2. ASTM D3039/D 3039M-00. "Standard Test Method for Tensile Properties of Polymer Matrix Composite Materials." American Standards of Testing and Materials
3. Design recommendations for concrete structures prestressed with FRP tendos, FHWA CONTRACT
4. DTFH61-96-C-00019, Final Report August 1, 2001
5. Burgoyne, C.J., (1988) "Structural Applications of Parafil Rope, "Symposium on Engineering Applications of Parafil Rope," C. J. Burgoyne, Ed., Imperial College, London, 6 January, pg. 39 – 47.
6. Nanni, A., C.E. Bakis, E. O'Neil, and T.O. Dixon, (1996) "Short – Term Sustained Loading of FRP Tendon – Anchor Systems," Construction & Building Materials, Vol. 10, No. 4, pp. 255 – 266.

УДК 624.132.315

Г. П. ДЁМИНА

ФАКТОРЫ, ВЛИЯЮЩИЕ НА СОПРОТИВЛЕНИЕ СДВИГУ ПЕСЧАНЫХ ГРУНТОВ

Приведены результаты исследований прочностных характеристик грунтов в зависимости от физического состояния и их геоморфологии. Установлено, что на величину сопротивления сдвигу влияет окатанность частиц и влажность.

При проектировании оснований и фундаментов зданий и сооружений большое значение имеют прочностные характеристики грунтов: угол внутреннего трения φ и удельное сцепление c . Значения этих характеристик определяют в лабораторных условиях при испытании образцов грунта в условиях одноплоскостного сдвига. Результатом таких испытаний является сопротивление грунта сдвигу, характеризующееся касательными напряжениями в предельном состоянии, т.е. когда наступает разрушение грунта. Соотношение между предельными касательными τ и нормальными к площади сдвига σ напряжениями выражается условием прочности Кулона-Мора [1]:

$$\tau = \sigma \cdot \operatorname{tg} \varphi + c, \quad (1)$$

где φ – угол внутреннего трения; c – удельное сцепление.

Правильный выбор показателей сопротивления сдвигу имеет очень важное значение для практики, так как они обуславливают точность инженерных расчетов по определению предельной нагрузки на грунт, устойчивость массивов грунта и давления грунтов на ограждения.

Исследование закономерностей сопротивления грунтов сдвигу в зависимости от влияния таких факторов, как плотность, влажность, окатанность частиц имеет большой теоретический интерес. Значение таких исследований возрастает в случаях, когда требуется применение эффективных способов уплотнения грунтов, либо использование намывных грунтов в качестве оснований фундаментов. Учитывая это, нами были выполнены исследования сопротивления сдвигу песчаных грунтов средней крупности, однородных. При этом в первой серии опытов были изучены песчаные грунты природного сложения, взятые на одной из строительных площадок г. Бреста, а во второй серии – намывные пески, взятые с откоса намыва [2]. Результаты определения гранулометрического состава грунтов приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Гранулометрический состав грунтов

| Серия опытов | Наименование грунтов | Содержание частиц различной крупности, % | | | | |
|--------------|-----------------------------------|--|---------|------------|------------|-------|
| | | > 2 мм | 2 – 0,5 | 0,5 – 0,25 | 0,25 – 0,1 | < 0,1 |
| I | Песок средней крупности | 1,23 | 26,45 | 48,23 | 22,15 | 1,94 |
| II | Песок средней крупности, намывной | 1,25 | 26,23 | 48,39 | 22,21 | 1,92 |

Преобладающей, как видно из таблицы 1, является фракция с размером частиц 0,5 – 0,25 мм. Для произведения испытаний были подобраны образцы грунта для обеих серий опытов, содержание частиц в каждой фракции которых практически одинаково. По результатам испытаний для выявления характера изменения прочности песка при сдвиге от степени влажности были построены графики (рис. 1), из которых видно, что для сухих песков с увеличением плотности τ возрастает. При этом для песков с одинаковой плотностью зависимость τ от S_r имеет криволинейный характер. Для плотных песков характерны более резкие изменения τ от S_r и w , чем для рыхлых. Характерным является то, что во всем диапазоне изменения S_r , w и ρ_d предельное сопротивление сдвигу намывных песчаных грунтов (серия опытов II) меньше, чем для песков природного сложения (серия опытов I). И чем больше плотность исследуемых грунтов, тем больше различие в величине τ при одинаковом значении S_r . Как показывают результаты исследований, сопротивление песков сдвигу резко снижается при степени влажности $S_r \approx 0,6$. На подобное значение степени влажности указывают в своих исследованиях К. Терцаги и Р. Пек и др. [3, 4]. Для плотных песков характерны более резкие изменения τ от S_r .

Формирование прочности во влажных песках И.П.Иванов, Н.П. Иваникова и О.П. Коробкова [5] объясняют формированием капиллярного натяжения. Для сухого песка сопротивление сдвигу — величиной трения, зависящей от состава, структуры, плотности и величины приложенного нормального давления. Это выражено в законе Кулона:

$$\tau = \sigma \cdot \operatorname{tg} \varphi \quad (2)$$

При увлажнении песка создается контактная прочность и формируется капиллярное натяжение, в результате чего величина τ увеличивается и может быть выражена следующим образом:

$$\tau = (\sigma + \sigma_K) \cdot \operatorname{tg} \phi + c_K, \quad (3)$$

где σ_K – контактное напряжение;

c_K – сцепление, обусловленное контактной прочностью.

При полном водонасыщении песка происходит потеря капиллярной прочности, а в некоторых случаях и к формированию порового давления U_m . Тогда сопротивление сдвигу будет равно:

$$\tau = (\sigma_n + U_m) \cdot \operatorname{tg} \varphi. \quad (4)$$

Приведенное выше объяснение характерно для песков серии опытов I и серии опытов II. Однако величина τ во всем диапазоне изменения плотности и степени водонасыщения для грунтов, испытанных в серии опытов меньше, чем для грунтов природного сложения. И это различие объясняется окатанностью частиц грунта, что существенным образом влияет на величину сопротивления грунта сдвигу.

Как известно формирование намывной толщи грунта происходит в результате транспортировки пульпы по трубопроводу. При хаотичном движении частицы грунта сталкиваются между собой, со стенками трубопровода, что существенным образом влияет на их окатанность, т.е. частицы грунта приобретают более округлую форму [2]. Именно форма частиц грунта оказывает существенное значение на величину τ . Учитывая, что по данным испытаний грунтов на сдвиг определяют параметры прочности грунта, угол

внутреннего трения и удельное сцепление, необходимо иметь ввиду, что для намывных грунтов эти параметры будут меньше, чем для грунтов природного сложения одинаковой плотности и влажности.

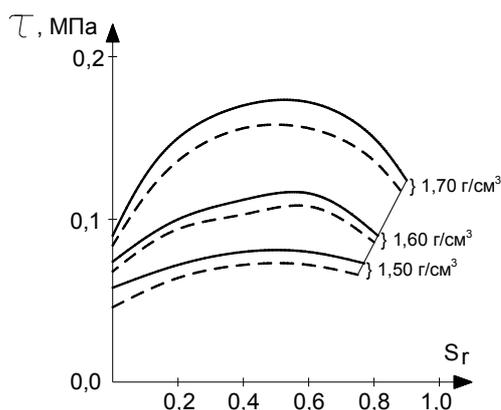


Рисунок 1 – Зависимость сопротивления песков сдвигу при $\sigma = 0,1$ МПа от степени влажности, плотности: пески (серия опытов I); пески (серия опытов II)

Таким образом, очевидно, что на намывные грунты нельзя переносить зависимости, характерные для природных песков естественного сложения, так как структура таких техногенных отложений целиком обусловлена литолого – петрографическими особенностями карьерных пород и технологией их намыва.

The research results show the dependence of strength characteristics of soils on their physical condition and geomorphology. It is found that the shear resistance value is affected by the particle roundness and humidity.

Список литературы

1. Мангушев, Р. А. Механика грунтов / Р. А. Мангушев, В. Д Карлов, И. И. Сахаров // Учебник. – М.: Издательство строительных вузов, 2009. – 264 с.
2. Винокуров, Е.Ф. Строительство на пойменно – намывных основаниях / Е.Ф. Винокуров, А.С Карамышев // – Минск: Вышэйшая школа, 1980. – 208 с.
3. Терцаги К. Механика грунтов в инженерной практике / К. Терцаги, Р. Пек // М.: Госстройиздат, 1958.
4. Гольдштейн, М. Н. Внезапное разжижение песка / М. Н Гольдштейн // – В книге «Вопросы геотехники». – М. : Госстройиздат, 1953.
5. Иванов, И.П. О влиянии плотности и влажности на сопротивление сдвигу песков / И.П. Иванов, Н.П. Иваникова, О.П. Коробкова // Основания, фундаменты и механика грунтов. – Ленинград, 1978.

УДК 624.014.27

В. И. ДРАГАН, К. К. ГЛУШКО

ИССЛЕДОВАНИЕ НАПРЯЖЁННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ СТЕРЖНЕЙ СТАЛЬНЫХ СЕТЧАТЫХ КУПОЛОВ С ЖЁСТКИМИ УЗЛАМИ ПРИ ДЕЙСТВИИ УЗЛОВОЙ НАГРУЗКИ

Получены зависимости для определения напряжённо-деформированного состояния фрагмента сетчатого купола. В работе развит принцип возможных перемещений, применённый В. А. Савельевым [8, 9, 10], для упруго-податливых узловых соединений для сетчатых куполов с произвольными типами сечений. Полученные формулы справедливы для случая постоянной по величине узловой нагрузки на сетчатый купол.

Введение. Существующие приближенные методы расчёта куполов как сплошных оболочек [1, 2, 3], так и аналитические, реализуемые при помощи МКЭ в расчётных программных комплексах в большинстве случаев не описывают геометрически нелинейный процесс деформирования сетчатых куполов. Таким образом необходима проверка местной устойчивости и изменения усилий в стержнях при деформировании сетчатого купола вне зависимости от выбранного метода расчёта.