

ПРОЧНОСТЬ И НЕСУЩАЯ СПОСОБНОСТЬ ПЕСЧАНЫХ И СУПЕСЧАНЫХ ГРУНТОВ ПРИ ОГРАНИЧЕННЫХ ОБЪЕМНЫХ ДЕФОРМАЦИЯХ

In this article is devoted to the problems connected with an establishment of durability and bearing ability of soil automobile forest roads, arranged on sandy and sandy грунтах. The analysis of the existing theory of durability soils and theories of limiting balance soils as a result of which it is noted is lead, that durability and bearing ability are equivalent and do not depend neither on deformation properties soils, nor from deformation a soil file under concrete boundary conditions. The road design in which the ground works in conditions of the limited volumetric deformations, as though in the «holder» having the characteristic of rigidity, depending from deformation properties of a ground, boundary conditions of a problem and conditions drainage is offered. Possible methods of an estimation of a condition soils on bearing ability with research of trajectories diration are considered.

Введение. Грунтовые покрытия дорожных одежд лесных транспортно-технологических путей и дорог являются наиболее уязвимыми с точки зрения зависимости от погодно-климатических факторов и воздействия подвижной нагрузки. Для обеспечения гарантированной проезжаемости лесотранспортных путей предприятия лесного комплекса, как правило, ведут отсыпку поверх дорожного полотна дополнительного слоя покрытия из дорогостоящих песчано-гравийных материалов, что экономически нецелесообразно, особенно при освоении небольших лесосек. Поэтому необходимо разрабатывать способы усиления и стабилизации уже существующих грунтовых оснований и покрытий, позволяющие повысить несущую способность дорог и тем самым обеспечить круглогодичную вывозку заготовленной древесины. Однако учесть все многообразие факторов, влияющих на работоспособность дорожных конструкций, задача сложная. Поэтому она должна решаться для каждого конкретного случая в отдельности. Исследования, проведенные в этом направлении, позволили в определенной степени обосновать процессы передачи и распределения нагрузок от подвижного состава в грунтовых основаниях. Усилению и ре-

конструкции подвергаются уже частично разрушенные тяжелой лесозаготовительной и лесовозной техникой лесные автомобильные дороги. Основным признаком необходимости проведения усиления является, как правило, наличие глубоких колеи, которые делают лесотранспортный путь практически непроезжаемым и, соответственно, неработоспособным. С целью устранения данного дефекта и усиления грунтовых путей нами разработана дорожная колеиная конструкция с использованием синтетических рулонных материалов (рис. 1).

Данная дорожная конструкция представляет собой покрытие колеиного типа, состоящее из оболочки синтетического материала (например, полотна из полипропилена), внутри которого находится песчаный или супесчаный грунт. Поверх такой дорожной конструкции отсыпается слой износа.

Для определения необходимой толщины материала оболочки разработана методика его расчета на прочность, предложен метод соединения материала оболочки в глухую «обойму», а также проведены исследования конструкции дорожной одежды с применением тканых рулонных материалов в лабораторных условиях на экспериментальном стенде БГТУ.

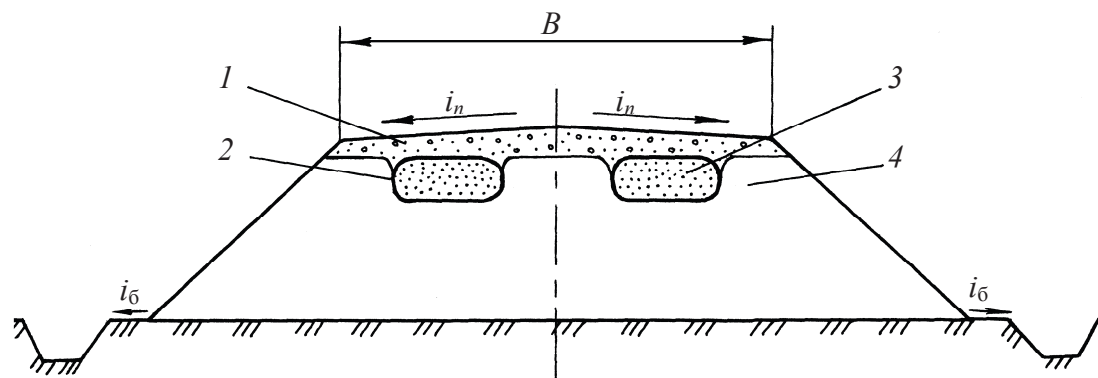


Рис. 1. Дорожная конструкция:

1 – оптимальная, или песчано-гравийная смесь; 2 – синтетическая оболочка;
3 – грунт в оболочке; 4 – грунт земляного полотна

Однако несущие способности грунтов оснований, определенные экспериментально и методами теории предельного равновесия, нередко различаются. Нам представляется возможным в данной работе рассмотреть причины этих расхождений.

Основная часть. Существующие теории прочности грунтов основаны на положении о том, что разрушение, как процесс нестабилизированного накопления остаточных деформаций, наступает при превышении предела прочности. Естественно, что неразрушимость рассматривается как состояние, которое характеризуется стабилизацией деформаций при допредельных напряженных состояниях [1].

На этих положениях основана теория предельного равновесия грунтов, которая утверждает, что прочность и несущая способность эквивалентны и не зависят ни от деформационных свойств грунтов, ни от деформативности грунтового массива при конкретных граничных условиях.

Основополагающие положения теорий прочности и предельного равновесия верны, но только в том случае, когда нагружение грунтов производится в режиме контролируемых напряжений, при котором деформации протекают свободно и прочность не зависит от траекторий нагружения.

В действительности грунт в предложенной дорожной конструкции (см. рис. 1) работает в условиях ограниченных объемных деформаций, как бы в «обойме», имеющей характеристику жесткости, зависящую от деформационных свойств грунтов, граничных условий задачи и условий дренирования. Полное, или, точнее, практически полное ограничение объемных деформаций, соответствующее чисто сдвиговому деформированию, реализуется в водонасыщенном массиве, когда масштаб времени нагружения исключает дренирование. В этом случае изменения порового давления приводят к возникновению особых траекторий эффективных напряжений.

К. Терцаги впервые установил влияние порового давления на напряженное состояние скелета грунта, однако не учел особенностей возникающих траекторий эффективных напряжений и поэтому не отказался от традиционного подхода к оценке прочности и несущей способности грунтов в отсутствие дренирования.

Исследования прочности маловлажных песков [2] показали, что при ограничении объемных деформаций образцов обоймой определенной жесткости возникают траектории тотальных напряжений, подобные траекториям эффективных напряжений при недренированных испытаниях водонасыщенных грунтов. Очевидно, что подобие этих траекторий обусловлено процессами дилатансии (изменением ли-

нейных размеров частиц грунта вследствие давления) и контракции (объемной деформации), протекающими при ограниченных объемных деформациях грунтов (рис. 2).

Необходимо отметить, что в режиме контролируемых напряжений воспроизведение этих особых траекторий нагружения, показанных схематично на рисунке, невозможно.

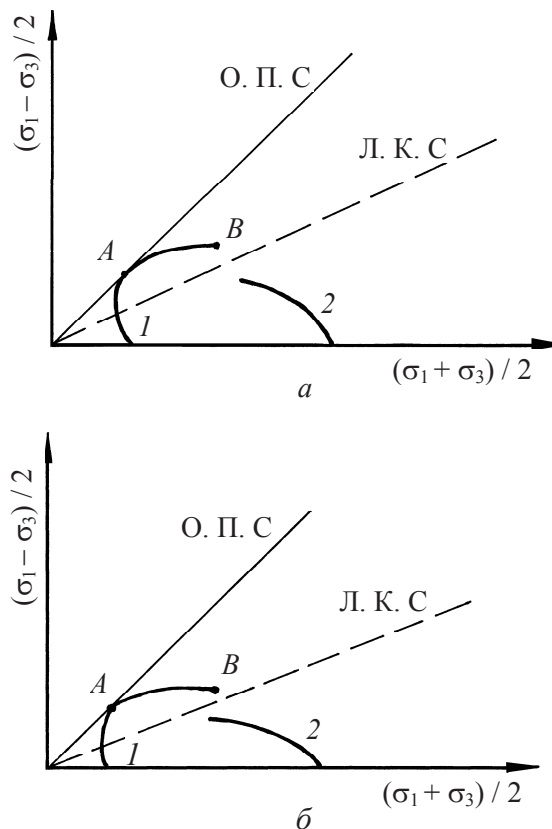


Рис. 2. Траектории нагружения при ограниченных объемных деформациях:
a – для песчаных грунтов;
б – для супесчаных грунтов;
1 – траектория эффективных напряжений переуплотненного грунта; *2* – траектория напряжений недоуплотненного грунта;
 О. П. С. – огибающая предельных состояний;
 Л. К. С. – линия критических состояний

Их особенности состоят в том, что несущая способность исчерпывается не вследствие потери прочности, а из-за потери устойчивости, причем в зоне допредельных состояний; несущая способность переуплотненных грунтов превышает достигнутую предельную прочность (1-й тип), а недоуплотненных – не достигает значения критической прочности (2-й тип).

Причина возникновения двух типов особых траекторий нагружения заключается в том, что при ограниченных объемных деформациях процессы дилатансии и контракции изменяют поведение и механизм разрушения грунтов по сравнению со свободным деформированием.

При свободном деформировании образцы песчаных и супесчаных грунтов в зависимости от их пористости по отношению к критической, соответствующей начальному среднему напряжению, разрушаются по-разному. Недоуплотненные – уплотняются, упрочняются и, переходя в состояние текучести при критической прочности и пористости, соответствующих конечному среднему давлению, накапливают пластические деформации сдвига с постоянной скоростью. При этом процессы контракции и разрушения протекают пластически, охватывая весь объем образца. Переуплотненные грунты разуплотняются и разупрочняются при малых пластических деформациях и при локализации деформаций сдвига в узких полосах скольжения. После достижения предельной пиковой прочности накопление пластических деформаций сдвига происходит ускоренно; в предельном состоянии прочность снижается до остаточной (критической).

При ограниченных объемных деформациях недоуплотненные водонасыщенные песчаные и супесчаные грунты теряют несущую способность при незначительных пластических деформациях. Переуплотненные маловлажные и водонасыщенные пески и супеси разрушаются пластически при больших деформациях без локализации сдвига, а дилатансия охватывает практически весь объем грунта. В обоих случаях потеря несущей способности происходит вследствие неустойчивости.

Траектории нагружения переуплотненных грунтов сначала достигают огибающей предельной прочности для свободно деформируемых грунтов, а затем продолжают в зоне допредельных состояний вплоть до потери устойчивости. Для песков предельной плотности несущая способность в точке *B* при невысоких начальных средних напряжениях может весьма существенно превышать достигнутое в точке *A* (см. рис. 2) значение предельной прочности. Поскольку прочностные свойства грунтов после достижения предельной прочности снижаются, упрочнение на участке *AB* обусловлено определенной интенсивностью приращений нормальных напряжений при сдвиге. В момент потери устойчивости в точке *B* прочностные характеристики грунта могут иметь любые значения от пиковых до остаточных, в зависимости от дилатансионных свойств грунта и жесткости обоймы. Поэтому нельзя, как это часто делается, при потере несущей способности образцов вследствие неустойчивости проводить через точку *B* предельную огибающую прочности.

Заключение. Испытания без дренажа водонасыщенных песков представляют прямой интерес для практики в связи с разжижением больших массивов рыхлых песков и супесей. Известно, что при испытаниях недоуплотненных

песков возникают траектории нагружения 2-го типа, когда пик несущей способности достигается в точке, лежащей вдали от линии критических состояний [4]. По мнению Ю. К. Зарецкого, для рыхлых грунтов наблюдается зависимость прочности от траектории нагружения: при снижении среднего давления в процессе нагружения прочность падает [1]. В процессе испытаний недоуплотненных насыщенных песков и супесей при постоянном объеме, исключается возможность уплотнения и упрочнения, которые происходят в условиях свободного деформирования. В результате контракции и роста порового давления резко снижаются эффективные напряжения. Так как исходная пористость больше начальной критической, соответствующей начальному среднему эффективному напряжению, но меньше конечной критической, соответствующей конечному среднему эффективному напряжению, происходит переход грунта в переуплотненное состояние. Поэтому грунт теряет несущую способность вследствие неустойчивости, не достигнув прочности, соответствующей условиям свободного деформирования. Главная особенность траекторий нагружения 1-го типа, имеющая важное практическое значение, состоит в том, что возникающее на участке *AB* вследствие дилатансионного упрочнения пластическое деформирование происходит при напряжениях, соответствующих допредельным состояниям грунта. Именно поэтому теория предельного равновесия не пригодна для определения несущей способности оснований, нагружение которых приводит к возникновению дилатансионного упрочнения грунтов. В таких случаях для оценки состояния грунтов по несущей способности необходимо исследовать всю траекторию нагружения, что возможно выполнить лишь методами инкрементальной теории пластичности.

Литература

1. Зарецкий, Ю. К. Лекции по современной механике грунтов. – Ростов-на-Дону: Изд-во Ростовского ун-та, 1989. – 608 с.
2. Драновский, А. Н. Определение параметров предела прочности разупрочняющихся грунтов при устойчивых траекториях нагружения / А. Н. Драновский, М. С. Воробьев // Основания и фундаменты в сложных инженерно-геологических условиях: межвуз. сб. – Казань: КИСИ, 1983. – С. 39–50;
3. Драновский, А. Н. О прочности и несущей способности песчаных грунтов // Теория инженерных сооружений и строительные конструкции: известия КазГАСУ. – Казань, 2003. – С. 37–38;
4. Бишоп, А. У. Параметры прочности при сдвиге ненарушенных и перемятых образцов грунта. / А. У. Бишоп // Определяющие законы механики грунтов. – М.: Мир, 1975. – С. 7–75.