



УДК 539.415

А.Н. Драновский – кандидат технических наук, профессор
Казанский государственный архитектурно-строительный университет (КазГАСУ)

А.И. Латыпов – ассистент
Казанский государственный университет (КГУ)

АВТОКОЛЕБАНИЯ НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ ГРУНТОВЫХ АНКЕРОВ

АННОТАЦИЯ

В работе рассматривается проблема интерпретации результатов испытаний грунтовых анкеров в тех случаях, когда обнаруживается неоднозначная зависимость между перемещением оголовка анкера и усилием натяжения в тяге. Предложен подход к объяснению изменения напряженно-деформированного состояния грунтового анкера с точки зрения возникновения автоколебательного процесса.

A.N. Dranovskiy – candidate of the technical sciences, professor
Kazan State University of Architecture and Engineering (KSUAE)

A.I. Latypov – assistant
Kazan State University (KSU)

SELF-OSCILLATIONS OF INTENSE-DEFORMED CONDITION OF SOIL ANCHORS

ABSTRACT

In current paper the problem of results' interpretation in testing of soil anchors, when there is ambiguous dependence between moving the head of anchor and effort of tension in draft, is considered. The explanation of the change of intense-deformed condition of soil anchor according to occurrence of self-oscillatory process is discussed.

В условиях современного строительства все более актуальной становится проблема расчета и подбора грунтовых анкеров, широко используемых для целого ряда задач: укрепления откосов, склонов, устройства подпорных стенок, ограждений и т.п.

Наиболее достоверным способом определения несущей способности анкеров являются полевые испытания статической нагрузкой. При этом для анкеров, несущая способность которых создается за счет сопротивления грунта по боковой поверхности корня, нередко возникают проблемы интерпретации получаемых данных, связанные с обнаружением неоднозначной зависимости между перемещением оголовка анкера и усилием натяжения в тяге. Например, в [1] показано, что при неуклонном перемещении точки крепления анкера к ограждению котлована усилие в тяге может периодически снижаться, а затем возрасти. Исходя из статических расчетов, объяснения этому явлению найти трудно.

Есть основания предполагать, что периодическое изменение НДС грунтового анкера может быть связано с автоколебательным процессом, возникающим при сдвиге корня анкера относительно грунтового массива. Явление автоколебаний при прямом срезе грунтов впервые исследовано в работах [2] и [3].

Позиционная характеристика несущей способности инъекционного анкера без уширения тела корня по грунту основания F , зависящая от сдвигового перемещения корня d , показана на рис.1.

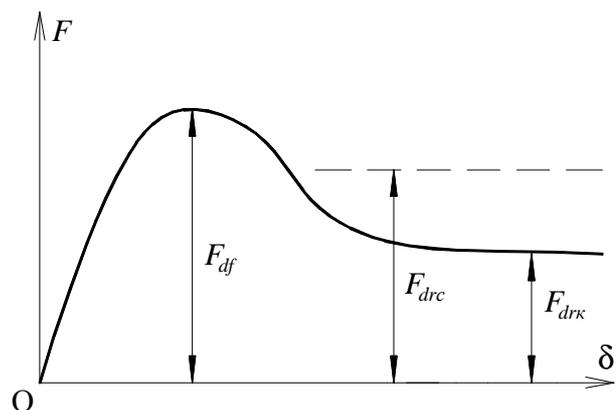


Рис. 1

Здесь F_{df} – предельное пиковое усилие сопротивления грунта по боковой поверхности корня анкера, F_{drk} и F_{drc} – остаточное кинетическое и статическое усилия сопротивления грунта по боковой

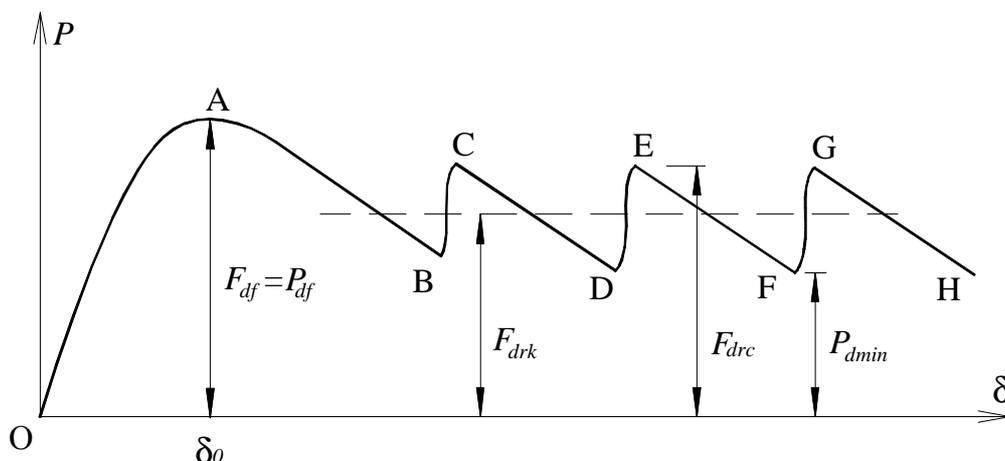


Рис. 2

поверхности анкера, соответственно. Кинетическим названо сопротивление при проскальзывании, а статическим – при остановках после некоторого проскальзывания.

При испытаниях анкеров не менее двух из них доводят до предельной несущей способности F_{df} [4]. Запредельный участок деформирования в соответствии с нормативными требованиями не исследуют. Расчетную рабочую нагрузку на анкер P_w в соответствии с нормативными требованиями ВСН Минмонтажспецстроя СССР «Проектирование и устройство грунтовых анкеров» задают вне зависимости от значений F_{drk} и F_{drc} . Однако значение F_{drk} характеризует длительную прочность, и, по нашему мнению, оно должно определяющим образом влиять на назначаемое значение P_w , в особенности для постоянных анкеров. В частности, для анкеров, применяемых в противооползневых конструкциях.

Эта проблема требует специального рассмотрения. Существующие теоретические методы определения несущей способности анкеров не учитывают прогрессирующего характера разрушения и не имеют серьезного обоснования. Поэтому пробные, контрольные и приемочные полевые испытания анкеров обязательны и предельная несущая способность анкеров может определяться с достаточной степенью надежности. В то же время давление на ограждение и усилия, передаваемые на анкера, определяются весьма приближенно. Вследствие этого выдергивающие усилия могут достигать и превышать значение F_{df} .

В этом случае возможны два вида запредельного деформирования анкера – статический и динамический – автоколебательный. Соответственно, возможны два типа деформирования и разрушения ограждающей или противооползневой системы. При неблагоприятных отклонениях от расчетных параметров процесс деформирования может происходить медленно, постепенно, квазистатически, то есть без возникновения значительных ускорений,

инерционных сил и кинетической энергии. В этом случае деформирование и разрушение являются длительным процессом, и сигналы от «отказе» системы – трещины, дефекты и деформации – «предупреждают» о возможности разрушения и необходимости принятия соответствующих мер.

Наиболее опасен динамический – автоколебательный процесс деформирования анкеров, который может привести к глобальному коллапсу всей системы ограждающих или противооползневых конструкций.

При статическом процессе деформирования несущая способность анкера не может быть меньше значения F_{drk} , при автоколебательном деформировании – существенно меньше значения F_{drk} .

При статическом деформировании в результате горизонтальных перемещений оголовка анкера давление грунта на локальный участок ограждения будет уменьшаться в соответствии с зависимостью, показанной на рис. 1.

При автоколебательном деформировании, показанном на рис. 2, происходит непрерывный скачкообразный процесс, состоящий из динамических и статических участков или этапов.

На этапах АВ, CD, EF и т.д. происходит мгновенное перемещение корня анкера и падение усилия натяжения анкера до значения P_{dmin} . На этапах BC, DE, FG и т.д. усилие натяжения статически возрастает до значения F_{drc} . Падение усилия натяжения происходит мгновенно – в доли секунды. Давление грунта на ограждение при этом не успевает измениться. Однако за счет падения усилия натяжения анкера мгновенно возрастают внутренние усилия в конструкции ограждения и возможно мгновенное разрушение ограждения вследствие перегрузки. Опасность разрушения возрастает с каждым циклом автоколебаний, так как постоянно нарастает горизонтальное перемещение ограждения.

Пластическое запредельное перемещение оголовка анкера, закрепленного на ограждении, определяется по формуле:



$$d_a = (d - d_0) + \frac{\Delta P_d}{AE} l_{ff}, \quad (1)$$

где d_0 – перемещение корня анкера при $P_{df} = F_{df}$; ΔP_d – изменение усилия натяжения в любой момент времени относительно значения P_{df} ; A – сечение тяги; E – модуль упругости тяги; l_{ff} – эффективная свободная длина анкерной тяги, определяемая по специальной методике, изложенной, например, в [4]; d – абсолютная величина запредельного перемещения корня анкера в любой момент времени.

При проектировании ограждений по прочности чрезвычайно важно, что усилие натяжения анкера в точках В, D, F, H и т.д. при автоколебательном процессе оказывается существенно меньше, чем значение F_{drk} , характеризующее минимальное кинетическое сопротивление корня анкера при статическом процессе равномерного скольжения. Например, в точке В

$$P_{d \min, B} = 2F_{drk} - F_{df}, \quad (2)$$

в точке D

$$P_{d \min, D} = 2F_{drk} - F_{drc}. \quad (3)$$

При большой разнице между статическим сопротивлением в точке А и кинетическим сопротивлением F_{drk} , значение $P_{d \min, B}$ может приближаться к нулю.

Поэтому Д.Д. Баркан [5], испытывая сопротивление сваи на выдергивание, выдвинул гипотезу о существовании «сверхнизкого» трения. В действительности, «сверхнизкого» трения не существует. Ошибочное предположение Д.Д. Баркана основано на статической интерпретации динамического процесса. Резкое и значительное снижение натяжения анкера вызывается динамическим перемещением корня, который сначала скользит ускоренно, а затем, в точках В, D, F, H, замедляется и на мгновение останавливается. Изменение усилия натяжения анкера обусловлено инерционными силами. В процессе автоколебаний корень анкера перемещается скачкообразно в одном направлении, что ведет к неизбежному разрушению ограждающей конструкции. Поэтому возникновение автоколебаний должно быть полностью исключено.

Раньше в основном применялись достаточно жесткие тяги из стержневой арматуры классов А-II, А-III, А-IV, А-V, с упрочненной вытяжкой. При таких тягах возникновение автоколебаний менее вероятно.

В наиболее совершенных конструкциях анкеров НИИОСПа, фирм «Бауэр» (Германия), «Солетанш», «Баши» (Франция), «Суисборинг» (Швейцария), «Родио» (Италия) и др. используются анкерные тяги из высокопрочной проволоочной, прядевой, канатной арматуры [4]. При существенном снижении стоимости металла в 3-5 раз снижается жесткость тяг, пропорциональная величине их поперечного сечения.

Поэтому опасность возникновения автоколебаний

резко возрастает. Для тяг из высокопрочного металла не рекомендуется задавать рабочее натяжение P_w , превышающее остаточное сопротивление корня. Это позволит исключить возможность возникновения автоколебаний.

В работах [6] и [7] показано, что критерий самовозбуждения колебаний определяется соотношением жесткости упругой части системы и резкости спада позиционной характеристики силы пластического сопротивления деформированию.

Критерием самовозбуждения колебаний являются условия

$$P_d > F_{df}; \quad (4)$$

$$K_{\Sigma} < -\frac{dF}{dd} \quad (5)$$

Условие (4) не требует разъяснений. Условие (5) имеет следующий смысл: упруго-пластическая деформация системы, подвергающейся воздействию нерелаксирующей нагрузки, развивается автоколебательно, если при малом приращении пластической деформации скорость снижения усилия в упругой части системы меньше скорости падения пластического сопротивления разрушению.

Выводы:

1. Для установления предельной несущей способности по грунту основания анкеров при их пробных испытаниях с целью исключения получения неоднозначных результатов рекомендуется существенно увеличивать сечения тяг.
2. При пробных испытаниях необходимо исследовать зависимость несущей способности анкеров по грунту основания в запредельной стадии деформирования.
3. Проектирование ограждений и противооползневых систем рекомендуется производить с выполнением поверочных расчетов на возможность возникновения автоколебаний.
4. При возникновении автоколебаний разрушение ограждений и противооползневых конструкций может происходить мгновенно, без «предупреждающих» сигналов.

Литература

1. Климов В.Т. и др. Технический отчет о строительстве подземного гаража в Москве способом «стена в грунте». – М.: Главспецпромстрой, ЦБНТИ Минмонтажспецстроя СССР, 1977. – 22 с.
2. Драновский А.Н. Динамические параметры прочности песков. // Сб. научных трудов «Материалы 49-й Республиканской научной конференции». – Казань: КГАСА, 1998. – С. 186-191.
3. Драновский А.Н. Явление автоколебаний при испытании грунтов на прямой срез при кинематическом режиме нагружения. // Сб. трудов



- международной конференции по механике грунтов и фундаментостроению «Геотехника Поволжья-99». – Йошкар-Ола: Салика, 1999. – С. 22-27.
4. Драновский А.Н., Фадеев А.Б. Подземные сооружения в промышленном и гражданском строительстве. – Казань: Изд-во КГУ, 1993. – 355 с.
 5. Баркан Д.Д. Динамика оснований и фундаментов. – М.: Стройвоенмориздат, 1948.
 6. Драновский А.Н. Влияние жесткости зданий и сооружений на кинетику разрушения оснований фундаментов. // Сб. 4-й Украинской научно-практической конференции «Механіка ґрунтів та фундаментобудування». Вып. 53, книга 1. – Київ: НДБК, 2000. – С.102-107.
 7. Драновский А.Н. О механизме дискретного деформирования грунтов. // Сб. трудов международной научно-технической конференции «Современные проблемы фундаментостроения», часть 3,4. – Волгоград, 2001. – С. 34-37.
 8. Драновский А.Н., Латыпов А.И. Автоколебательное разрушение изделий и конструкций при статическом разрушении. // Известия КазГАСУ, 2005, №1 (3). – С. 35-37.
 9. Драновский А.Н., Латыпов А.И. К интерпретации результатов испытаний грунтовых анкеров противооползневых конструкций. // Материалы всероссийской научно-практической конференции «Современные научно-технические проблемы транспортного строительства». – Казань, 2007. – С. 138-141.