



УДК 624.21-027.45

© В. Ю. Ельцова, 2013

О НОРМИРОВАНИИ И ОБЕСПЕЧЕНИИ НАДЕЖНОСТИ МОСТОВ

Ельцова В. Ю. – канд. пед. наук, доцент кафедры «Строительная механика», тел. (4212) 407-602, e-mail: eva-40@yandex.ru (ДВГУПС)

Анализируются требования и несовершенство некоторых норм (технических регламентов) по инженерно-геологическим изысканиям, проектированию и строительству мостов и градостроительного законодательства, обеспечивающих надежность мостов. В частности анализируются вопросы надежности столбчатых фундаментов и опор.

Requirements and imperfection of some norms (technical regulations) on engineering-geological researches, designing and building of bridges and the town-planning legislation, providing reliability of bridges are analyzed. In particular, reliability of columnar bases and supports is discussed.

Ключевые слова: столбчатые фундаменты, уровень ответственности, экспертиза, долговечность, расчетные характеристики, возможные изменения.

Основные положения по расчету на силовые воздействия строительных конструкций и оснований сооружений (мостов) регламентированы требованиями ГОСТ 27751-88* с учетом уровня (класса) «ответственности (и народнохозяйственной значимости) проектируемых объектов, определяемой материальным и социальным ущербом при нарушении их работоспособности». «Уровень ответственности ... следует учитывать также при определении требований к долговечности... сооружений, номенклатуры и объема инженерных изысканий для строительства ...». «Отнесение объекта к конкретному уровню ответственности ... производится генеральным проектировщиком». Казалось бы – прописные истины.

Однако, начиная с отнесения сооружения к определенному уровню ответственности, возникают различные трактовки норм и законов.

Ранее мосты безоговорочно относили к первому повышенному уровню ответственности (кроме малых мостов), поскольку согласно Градостроительному кодексу РФ (ГСК РФ) и постановлению № 145 от 5 марта 2007 г. «О порядке организации проведения государственной экспертизы...» и железнодорожные и автодорожные мосты относились к особо опасным и технически сложным объектам. Согласно последней редакции ГСК РФ автодорожные

мосты не отнесены к особо опасным и технически сложным объектам. Более того, согласно Изменениям № 1 к ГОСТ 27751-88*, в котором понятие «мост» не фигурирует, к повышенному уровню ответственности можно отнести только уникальные мосты.

Согласно ст. 48.1 ГСК РФ «К уникальным объектам относятся объекты капитального строительства, в проектной документации которых предусмотрена хотя бы одна из следующих характеристик: ... 4) заглубление подземной части (полностью или частично) ниже планировочной отметки земли более чем на 10 метров».

Современные мосты строятся преимущественно на столбчатых фундаментах или опорах, заглубление которых предусматривают в подавляющем большинстве случаев значительно «более чем на 10 метров». В таком случае практически все мосты надо относить к уникальным, а значит к первому повышенному уровню ответственности. Но заглубление столбов более 10 метров бывает и на малых мостах. Вряд ли их можно относить к уникальным по критериям стоимости строительства. А к повышенному уровню ответственности в ряде случаев относить следует, поскольку на магистральной железной дороге или на многополосной автомагистрали отказ малого моста может «привести к тяжелым экономическим, социальным и экологическим последствиям» [1].

Указанные неточности норм и законов приводят, в частности, к серьезным нарушениям норм по геологическим изысканиям, и как следствие к снижению надежности мостов

Для обеспечения надежности всех типов моста и даже труб при расчетах фундаментов необходимо иметь расчетные характеристики грунтов, полученные в процессе изысканий с доверительной вероятностью, равной 0,98 по прочности и 0,9 – по деформациям (п.12.4 [2]). Такие характеристики грунтов могут быть установлены только «на основе статистической обработки результатов испытаний» (п.2.12 [2]) отбираемых образцов грунта в количестве не менее шести от каждого инженерно-геологического элемента (ИГЭ - слоя грунта) (п.2.15 [2]).

Требования норм по инженерно-геологическим изысканиям [2, 3, 5], предписывают определение характеристик грунтов «с учетом прогноза возможных изменений (в процессе строительства ...)».

С учетом указанного прогноза расчетные характеристики грунта, в том числе расчетные значения угла внутреннего трения грунта, удельного сцепления и объемного (удельного) веса с доверительной вероятностью 0,98 и 0,9 в призме обрушения по всей высоте столба, необходимы в связи с тем, что расчеты столбчатых (свайных) фундаментов должны выполняться в соответствии с требованиями норм: «Расчетную нагрузку на сваю N , кН, следует определять, рассматривая фундамент как рамную конструкцию, воспринимающую вертикальные и горизонтальные нагрузки и изгибающие моменты» [3]. Ранее такое требование касалось расчета высоких свайных ростверков мостов.



По методике расчета низких свайных ростверков определялись только вертикальные нагрузки на сваи. Для учета внешних горизонтальных нагрузок на низкий свайный ростверк в действующих когда-то нормах [6] были приведены экспериментально полученные величины допустимых горизонтальных нагрузок на забивные железобетонные сваи. Для столбов диаметром 1,5 м и более такие допуски в нормах не приведены. Их следует рассчитывать по Приложению «Д» [3] «на совместное действие вертикальной и горизонтальной сил и момента», возникающих в столбах высокого свайного ростверка.

Теперь же разделение понятий «высокий» и «низкий» упразднили. Однако в п. 7.1.11 и в Приложении «Д» [3] понятия «низкий» и «высокий» свайные ростверки все же звучат, и они вводят специалистов в заблуждение. Поэтому нередки случаи расчетов столбчатых фундаментов по несуществующей методике расчета низких свайных ростверков с определением только вертикальных нагрузок на сваи (столбы) без учета «горизонтальной сил и момента».

Выполнение указанных выше полноценных изысканий крайне сложно и обходится дорого. Поэтому недобросовестные проектировщики, пренебрегая нормами, стали использовать указанные выше неточности норм и законов по отнесению мостов к уровню ответственности и расчету низких свайных ростверков.

Для расчетов оснований сооружений II и III классов (уровня) ответственности («жилые, общественные, производственные, сельскохозяйственные здания и сооружения; парники, теплицы, летние павильоны, небольшие склады и подобные сооружения») [1] допускается определение характеристик грунтов по таблицам приложения 1 СНиП 2.02.01-83 [2] или по специальным таблицам «характеристик грунтов, специфических для этих районов» (п. 2.16 [2]).

Например, на Дальнем Востоке такие характеристики для сооружений II и III классов (уровня) ответственности могут определяться (и определяются) по таблицам методики ДальНИИС без отбора шести неразрушенных образцов (проб) от каждого ИГЭ и без статистической обработки результатов их испытания.

Используя неточности требований норм и законов по отнесению сооружений к определенному уровню ответственности мосты не относят к I - повышенному уровню ответственности. А поэтому вопреки требованиям норм [2] нормативные и расчетные значения характеристик грунтов определяют не на основе статистической обработки лабораторных результатов испытания, а по таблицам методики ДальНИИС, и, конечно, без учета «прогноза возможных изменений» характеристик грунтов в процессе строительства. Отбирают от каждого ИГЭ от одного до трех разрушенных образцов, по которым невозможно определить расчетные характеристики грунтов с установленной нормами [2] доверительной вероятностью. Согласно п. 2.16 [2] такая методика допускается «Для предварительных расчетов оснований», в частности, на стадии обоснования инвестиций, и ни какая надежность мостов не может быть обеспечена.



При конструировании свайного фундамента нормами [5] предписано: «Выбор конструкции и размеров свай должен осуществляться с учетом значений и направления действия нагрузок на фундаменты (в том числе технологических нагрузок), а также технологии строительства...», а «Расстояние в свету между стволами буровых, набивных свай ... должно быть не менее 1,0 м». Расстояние указано для технологии строительства освоенной в начале 80-х годов прошлого века для столбов любого диаметра.

При современном способе разработки скважин буровыми станками типа Като, в частности, оборудованными мощными шарошечными долотами с эрлифтами, происходит не только разуплотнение грунта по всей высоте столба, но и вывалы грунта в скважину из призмы обрушения. Происходит это чаще всего в результате расположения бурового инструмента ниже ножа обсадной трубы. Незакрепленные обсадной трубой стенки скважины даже в устойчивых грунтах (полускальных, скальные выветрелые грунты осадочного происхождения и др.) обваливаются даже за счет создания буровым инструментом (громадная скорость вращения долота) круговорота воды.

Кроме того грунт со стенок скважины отсасывается эрлифтом в процессе удаления бурового шлама. При любом способе бурения, особенно при использовании эрлифта, вместе со шламом из скважины удаляется вода, уровень которой практически постоянно становится ниже (нередко значительно) уровня воды за пределами обсадной трубы. Создается гидростатическое давление воды, которым в скважину выносятся мелкие частицы грунта из призмы обрушения по всей высоте столба. Это происходит даже в случае, если обсадная труба не отстаёт от забоя скважины или опережает его. А если обсадная труба отстаёт от забоя, то в скважину выносятся значительный объём, в том числе крупных частиц грунта. Образуются каверны (пустоты), которые не всегда заполняются бетоном буронабивных столбов или раствором заполнения скважины после установки сборного столба.

Нередки в связи с этим случаи кренов столбов в процессе строительства до сдачи мостов в эксплуатацию. В частности – в процессе уплотнения конуса насыпи тяжелыми катками.

Не владея особенностями технологии сооружения столбов, геолог в процессе изысканий не может прогнозировать изменения физико-механических характеристик грунтов в пределах призмы обрушения. Не может выполнить предписания норм [2, 3, 5] по определению характеристик грунтов «с учетом прогноза возможных изменений (в процессе строительства ...)». Чаще всего не может этого сделать проектировщик без проведения опытно-экспериментальных работ, поскольку указанное влияние особенностей технологии на характеристики грунтов при проектировании учесть крайне сложно.

Влияние разуплотнения грунта в призме обрушения на несущую способность столбов на горизонтальную нагрузку можно проанализировать на основе установленного нормами [3, 5] ограничения расчетного давления σ_z ,



оказываемого на грунт боковыми поверхностями столбов (свай) на глубинах Z от расчетной поверхности грунта,

$$\sigma_z \leq \eta_1 \eta_2 \frac{4}{\cos \varphi_1} (\gamma_1 z \operatorname{tg} \varphi_1 + \xi c_1)$$

где φ_1, c_1 – расчётные значения угла внутреннего трения грунта, град, и удельного сцепления, кПа (тс/м²), на глубине Z ;

γ_1 – расчётный удельный вес частиц грунта (объемный вес скелета), тс/м³ (10 кН/м³) ненарушенной структуры, определяемый в водонасыщенных грунтах с учётом взвешивания в воде;

ξ – коэффициент, принимаемый для оболочек $\xi = 0,6$, а для остальных видов столбов $\xi = 0,3$;

η_1 – коэффициент, равный единице, а при расчёте фундаментов распорных сооружений $\eta_1 = 0,7$;

η_2 – коэффициент, учитывающий долю постоянной нагрузки в суммарной нагрузке, определяемый по формуле:

$$\eta_2 = \frac{M_c + M_t}{\bar{n} M_c + M_t}$$

где M_c, M_t – моменты от внешних постоянных и временных расчётных нагрузок, тсм (10 кНм), в уровне подошвы столба;

\bar{n} – коэффициент, принимаемый равным $\bar{n} = 4$ при однорядном расположении столбов. При многорядном расположении столбов $\bar{n} = 4$ при $\bar{l} \leq 2,5$ и $\bar{n} = 2,5$ при $\bar{l} \geq 5$; при промежуточных значениях величина определяется интерполяцией;

\bar{l} – приведенная глубина погружения свай.

Согласно приведенной формуле ограничение расчетного давления (допускаемое на грунт горизонтальное давление) прямо пропорционально удельному (объемному) весу грунта, удельному сцеплению и тангенсу угла внутреннего трения грунта. Удельный (объемный) вес водонасыщенных грунтов принимается с учетом взвешивания в воде, и определяется во взвешенном состоянии по формуле:

$$\gamma_{\text{взв}} = \frac{1}{1 + \varepsilon} (\gamma_1 - \gamma_{\text{в}}),$$

где ε – коэффициент пористости грунта;

γ_1 – удельный вес частиц грунта, в среднем 2,7 тс/м³ (27 кН/м³);

$\gamma_{\text{в}} = 1$ тс/м³ (10 кН/м³) – удельный вес воды.

В процессе изысканий для глинистых грунтов или грунтов с глинистым заполнителем, твердой и полутвердой консистенции при низком коэффициенте пористости в естественном состоянии устанавливают достаточно высо-

кие расчетные показатели сцепления и угла внутреннего трения. Для таких водонепроницаемых грунтов удельный вес принимается в расчетах без взвешивающего в воде эффекта (около $2,7 \text{ тс/м}^3$).

В процессе производства работ по разработке скважины для сооружения буронабивного столба из призмы обрушения в скважину выносятся мелкие (глинистые) частицы. В связи с этим глинистые грунты и другие водонепроницаемые грунты с глинистым заполнителем становятся водопроницаемыми, водонасыщенными, мягкопластичными или сыпучими. Повышается их пористость, снижается угол внутреннего трения, удельное сцепление. Объемный вес во взвешенном в воде состоянии снижается до 1 тс/м^3 – более чем в два раза.

Таким образом, за счет ошибочного использования в расчетах величин удельного (объемного) веса грунта, сцепления и угла внутреннего трения фактическое допустимое горизонтальное давление на грунт оказывается в несколько раз меньше полученного расчетами и действующего давления на грунт. Это является одной из причин кренов столбов.

Получить измененные в процессе производства работ характеристики грунта можно преимущественно путем проведения опытных работ и лабораторных исследований грунта.

Библиографические ссылки

1. *ГОСТ 27751-88*. Надежность строительных конструкций и оснований. Основные положения по расчету. - Издательство стандартов, 1989.
2. *СНиП 2.02.01-83*. Основания зданий и сооружений. / Госстрой СССР. М.: Стройиздат, 1985. – 40 с.
3. *СП 50-102-2003*. Свод правил по проектированию и строительству. Проектирование и устройство свайных фундаментов./ Госстрой России. - М.: 2004. – 80 с.
4. *СНиП 3.06.04-91*. Мосты и трубы / Госстрой СССР. – М.: АПП ЦИТП, 1992. – 168 с.
5. *СНиП 2.02.03-85*. Свайные фундаменты / Госстрой СССР. М.: ЦИТП Госстроя СССР, 1986.- 48 с.
6. *СН 200-62*. Технические условия проектирования железнодорожных, автодорожных и городских мостов и труб. – М.: Трансжелдориздат, 1962. – 328 с.