

Свайное основание под дорожными насыпями. Заказчик платит, чтобы платить еще



Как известно, при строительстве дорог можно идти двумя путями. Либо вложить в строительство дороги столько средств, чтобы она долго не требовала ремонта, либо перенести основную долю капитальных вложений на период эксплуатации, дешево соорудив дорогу, требующую перманентной починки. Похоже, что найден способ, как вложить много денег в строительство, чтобы это не помешало необходимости значительных ежегодных затрат на бесконечные обновления. Для этого предлагается устраивать в основании насыпи свайное поле.

К сожалению, в отечественных реалиях при бюджетном финансировании участники изысканий, проектирования и строительства не нацелены на обеспечение экономической эффективности принимаемых управленческих и проектных решений. Это создает, порой, непосильную нагрузку на бюджет.

Шашкин Алексей Георгиевич

Генеральный директор института «Геореконструкция», доцент кафедры оснований и фундаментов ПГУПС Императора Александра Первого, координатор Санкт-Петербургской комиссии по основаниям, фундаментам и подземным сооружениям, д.г.-м.н.
mail@georec.spb.ru

Пармонов Владимир Николаевич

Профессор Петербургского университета путей сообщения Императора Александра I, член Санкт-Петербургской комиссии по основаниям, фундаментам и подземным сооружениям, д.т.н.

parvn@georec.spb.ru

Как известно, при строительстве дорог можно идти двумя путями. Либо вложить в строительство дороги столько средств, чтобы она долго не требовала ремонта, либо перенести основную долю капитальных вложений на период эксплуатации, дешево соорудив дорогу, требующую перманентной починки. Похоже, что найден способ, как вложить много денег в строительство, чтобы это не помешало необходимости значительных ежегодных затрат на бесконечные обновления. Для этого предлагается устраивать в основании насыпи свайное поле. Казалось бы, что может быть надежнее и долговечнее этого решения? Но тут начинаются загадочные явления, ставящие в тупик любого профессионального геотехника. Сваи под дорожными насыпями почему-то некоторые проектировщики не армируют. Вместо железобетонного ростверка предлагается так называемый «гибкий ростверк» из одного или нескольких слоев геотекстиля.

Данное решение весьма дискуссионное. Из обычного вузовского курса механики грунтов, оснований и фундаментов известно, что в основании насыпи грунт находится под действием как вертикальных, так и горизонтальных напряжений (рис.1) и испытывает не только деформации уплотнения (сжатия), но и деформации формоизменения (сдвига). Если головы свай не объединены железобетонным ростверком, воспринимающим горизонтальные усилия, сваи под весом насыпи будут претерпевать горизонтальные смещения в стороны, т.е. получать деформацию изгиба (рис. 2). В том случае, если сваи не армированы, эти деформации приведут к разрушению ствола сваи, поскольку бетон на изгиб не работает. В результате разрушенная свая перестает воспринимать вертикальные нагрузки и становится совершенно бесполезной.

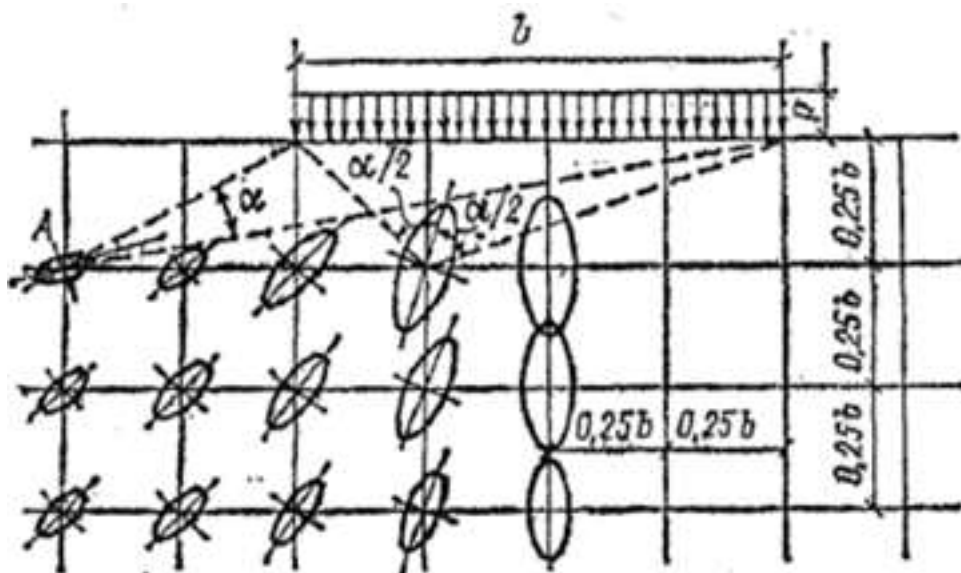


Рис.1. Эллипсы напряжений при действии полосовой нагрузки [1].

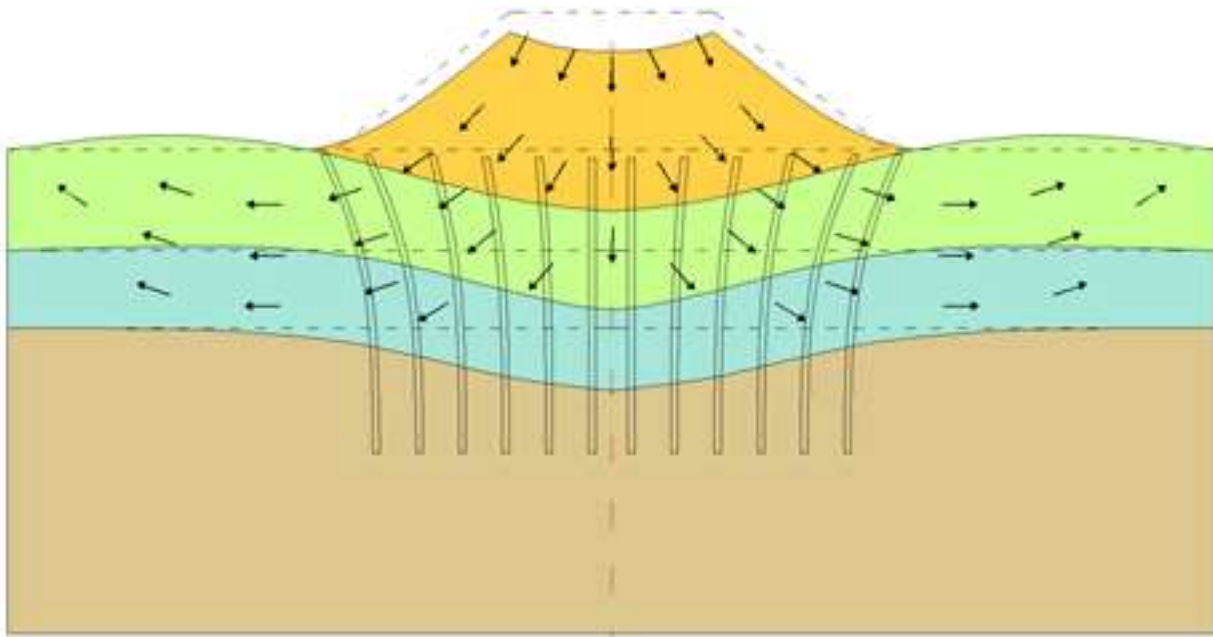


Рис. 2. Характер деформирования насыпи и ее основания (стрелками показаны направления движения грунта при деформировании основания насыпи)

Изложенное можно проиллюстрировать примером расчета насыпи, возведенной на неармированных бетонных сваях, покрытых слоем геотекстиля, на автотрассе в Карелии. Высота насыпи по проекту составляла 11...13 м. С поверхности участок сложен торфом мощностью 2.6–5.0 м (с недренированной прочностью 38 кПа, модулем деформации 3 МПа), под которым до глубины 25.5 м залегает пылеватая текучая глина (с влажностью 60,4%, плотностью 1,64 т/м³, недренированной прочностью на сдвиг 20 кПа и модулем деформации 0,8 МПа). Ниже до глубины 28.9 м вскрыт мелкий водонасыщенный песок (угол внутреннего трения 32°, модуль деформации 26 МПа), подстилаемый гравийно-галечниковыми грунтами (угол внутреннего трения 43°, модуль деформации 66 МПа). Совершенно очевидно, что обеспечить устойчивость дорожной насыпи на таких грунтах невозможно. По результатам расчетов устойчивости основания насыпи методом круглоцилиндрических поверхностей коэффициент запаса составил 0.748. Поэтому в проекте было предусмотрено свайное поле из буронабивных свай, изготавливаемых по технологии DDS. Сваи были изготовлены диаметром 600 мм и длиной порядка 27 м, с опиранием на мелкие пески. Очевидно, в целях экономии сваи были выполнены без арматурного каркаса, с шагом 2.5 м по краям насыпи и 2 м в средней части. Поверху свай был уложен геотекстиль. Такая конструкция, по мысли авторов проекта, должна была обеспечить надежность и долговечность насыпи.

Однако в реальности уже при отсыпке первых четырех метров произошла осадка и развились горизонтальные смещения.

Эффективность проектных решений нетрудно проанализировать с помощью численного моделирования. Для этого воспользуемся методом конечных элементов и реологической упруго-пластической моделью работы грунта, реализованной в сертифицированном программном комплексе FEM models [2]. Ввиду симметрии расчетной схемы рассмотрим половину сечения насыпи. Нижняя граница расчетной схемы определяется положением кровли малосжимаемых гравийно-галечниковых отложений. Расчетная схема задачи приведена на рисунке 3.

Упругопластическое решение выполняется итерационным методом. В устойчивом решении количество итераций обычно ограничивается числом не более 100–300 итераций. В рассматриваемом случае максимальное число итераций было задано равным 1000. На 1000-й итерации решение было искусственно прервано. Следовательно, полученные результаты являются заниженными. На рисунке 4 приведены изолинии горизонтальных смещений основания и тела насыпи на 1000-й итерации. Из рисунка видно, что в основании насыпи формируется поверхность скольжения с выпором грунта и поднятием поверхности. При этом сваи практически не препятствуют этим процессам. Нижняя граница поверхности скольжения располагается в слое текучих глин. Горизонтальные смещения грунта по расчету достигают 38 см, а горизонтальные смещения свай более 36 см (рис. 5). Сваи испытывают деформацию изгиба. Учитывая, что сваи не армированы, а бетон на изгиб не работает, сваи в краевых зонах насыпи при возникающих в них усилиях разрушаются и, следовательно, перестают воспринимать вертикальные нагрузки. На рисунке 6 показана деформированная схема основания насыпи. Вертикальные смещения свай оказываются ничтожными: на 1000-й итерации они не превышают 1 см. Однако грунт оседает в межсвайном пространстве вместе с геотекстилем весьма существенно – не менее 25 см. В геотекстиле возникают напряжения, превышающие его прочность на растяжение, в результате чего и без того незначительное влияние геотекстиля на взаимодействие насыпи и основания утрачивается вовсе. Авторы проекта полагали, что сваи могут рассматриваться как армирование грунта. Однако, вертикальное армирование работает за счет трения по боковой поверхности, но вдоль боковой поверхности свай залегают торф и текучие глины, то есть эффект вертикального армирования будет практически нулевой, что и демонстрирует численное моделирование.

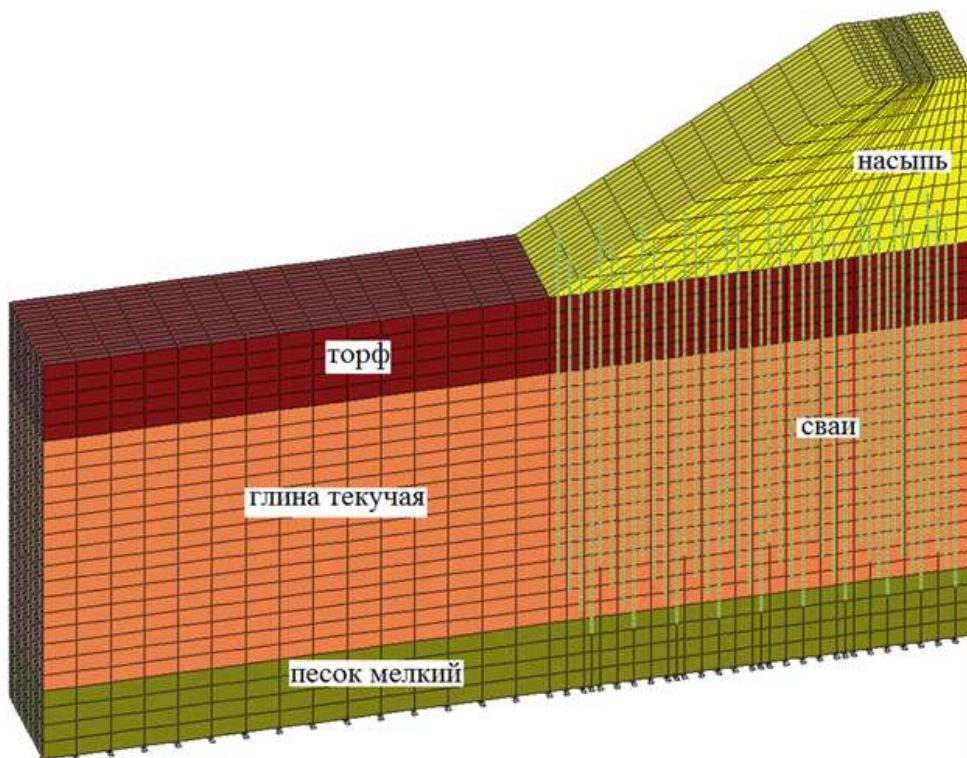


Рис. 3. Конечноэлементная схема задачи расчета устойчивости насыпи на неармированных сваях

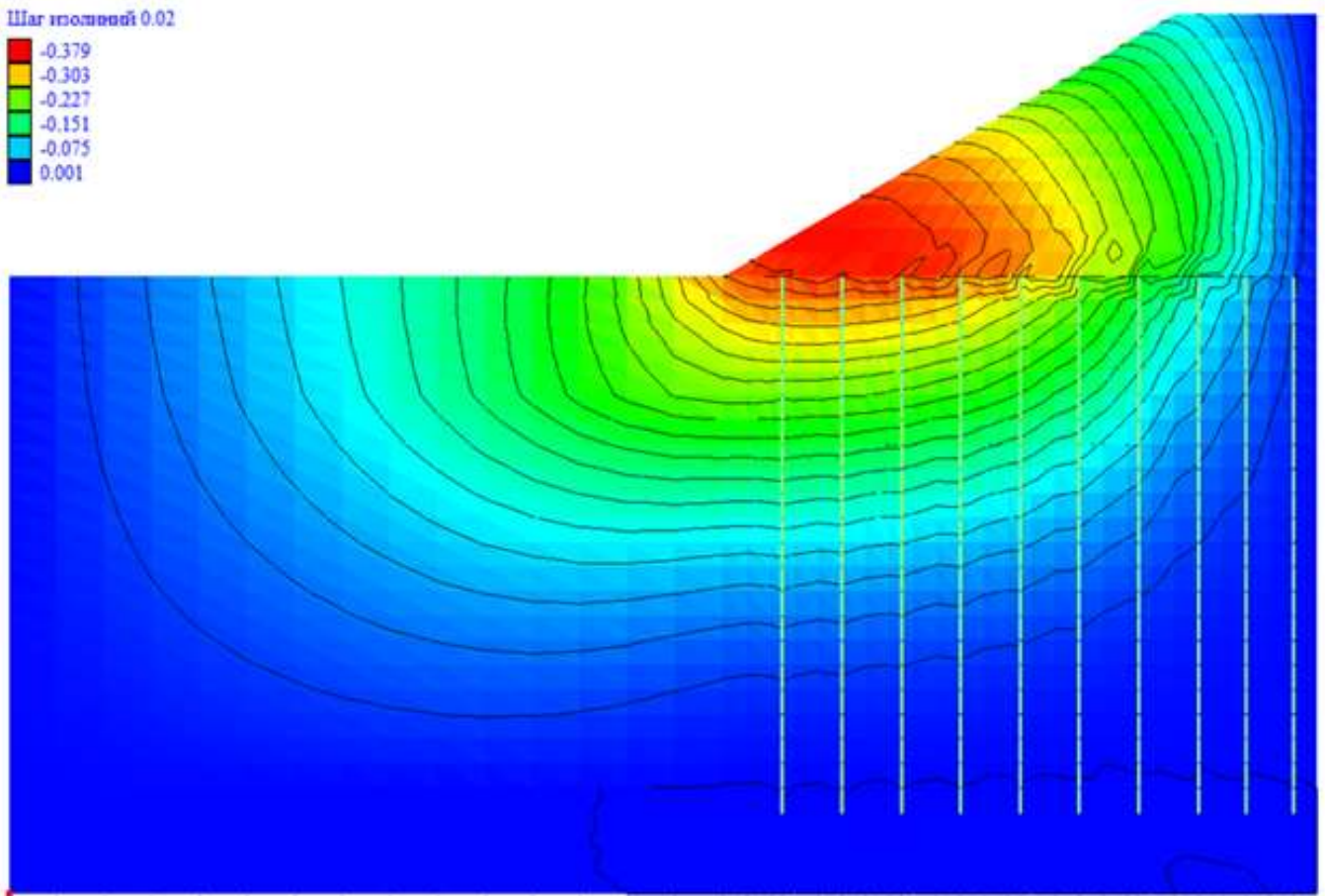


Рис. 4. Изолинии горизонтальных перемещений (м)

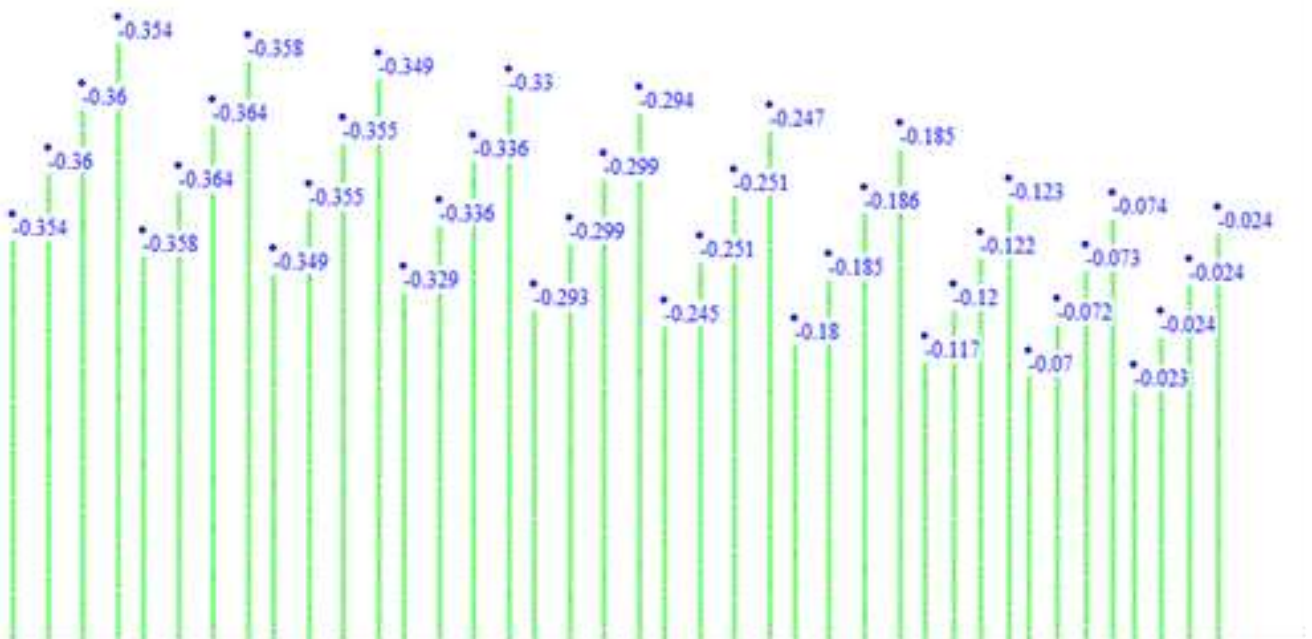


Рис. 5. Горизонтальные перемещения голов свай, м

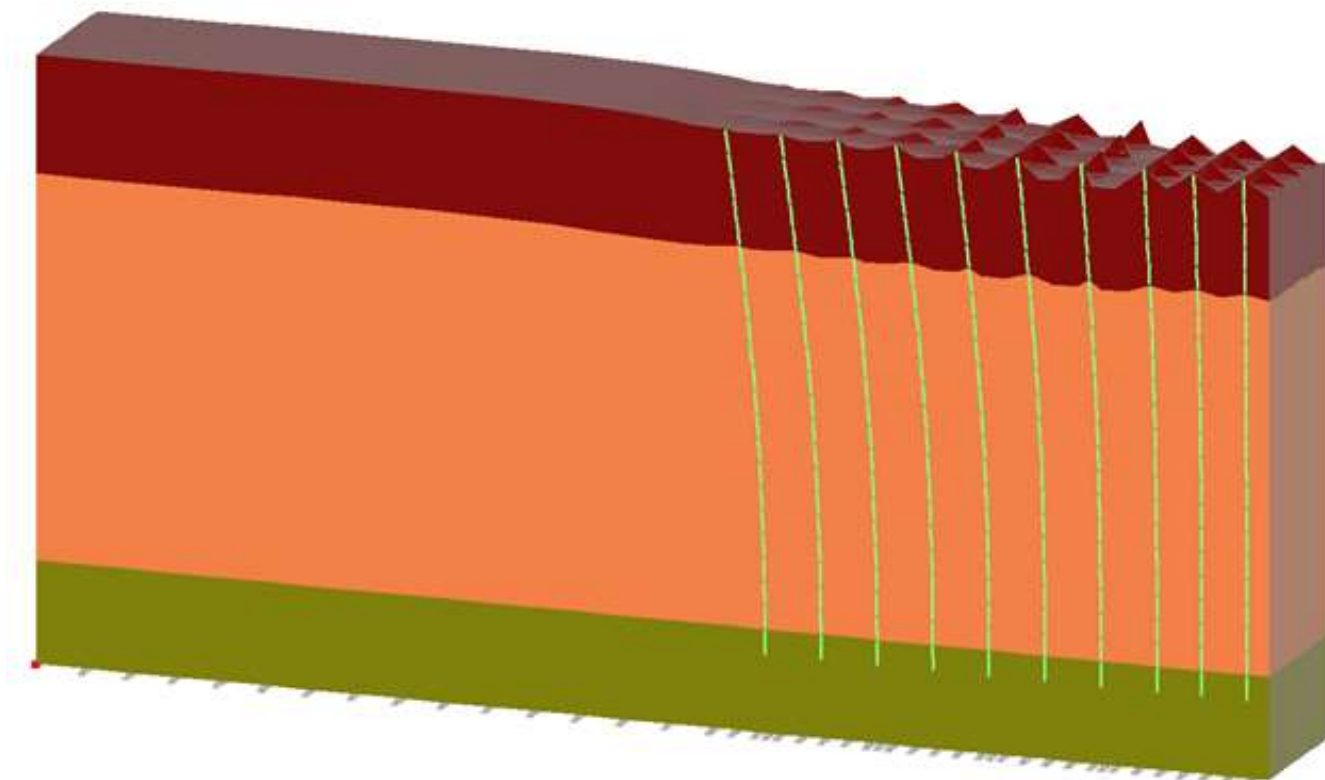


Рис. 6. Деформированная схема

Таким образом, огромные затраты на изготовление свайного поля оказались напрасными. Казалось бы, что мешало авторам проекта объединить головы свай железобетонным ростверком и заармировать сваи хотя бы на верхнюю треть длины? Эти простые мероприятия, очевидные любому специалисту-геотехнику, слишком часто оказываются за пределами рассмотрения возможных решений. Они почему-то считаются дорогостоящими. В результате возникают удивительные проекты, с легкостью проходящие через государственную экспертизу.

В качестве примера приведем выкопировки из проекта дорожной насыпи в Санкт-Петербурге, получившей все необходимые согласования и положительные заключения. На рисунке 7 приведен чертеж свайного поля под дорожную насыпь. Предусмотрены буронабивные сваи, изготавливаемые по технологии DDS диаметром 600 мм и длиной порядка 25 м, располагаемые преимущественно по сетке 2x2 м. Здесь мы намеренно не будем приводить данные об инженерно-геологических условиях площадки, так как не в них дело.

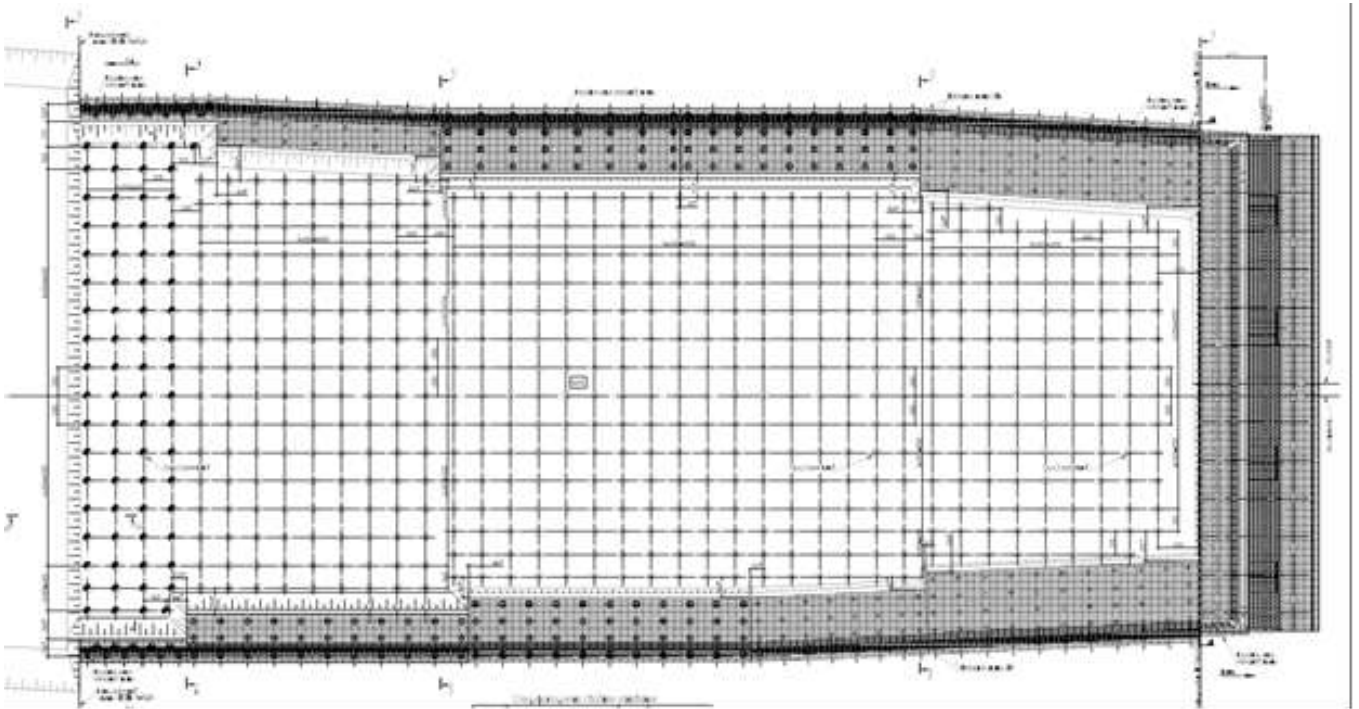


Рис. 7. Фрагмент чертежа со свайным полем под дорожную насыпь в Санкт-Петербурге

Дело заключается, прежде всего, в том, что столь внушительные сваи, несущая способность которых по материалу достигает 400 т, а по грунту 160 т, с одним и тем же шагом расставлены и под насыпь высотой 5 м, и под насыпь высотой 1 м, и даже под насыпь высотой 0 м! Самое удивительное заключается в том, что даже при высоте насыпи 5 м нагрузка, приходящаяся на одну сваю, не превышает 40 т, т.е. недогрузка свай достигает, как минимум, 4-х раз! Чертежи, приведенные на рисунке 8, являются подтверждением этого трудновообразимого проектного решения.

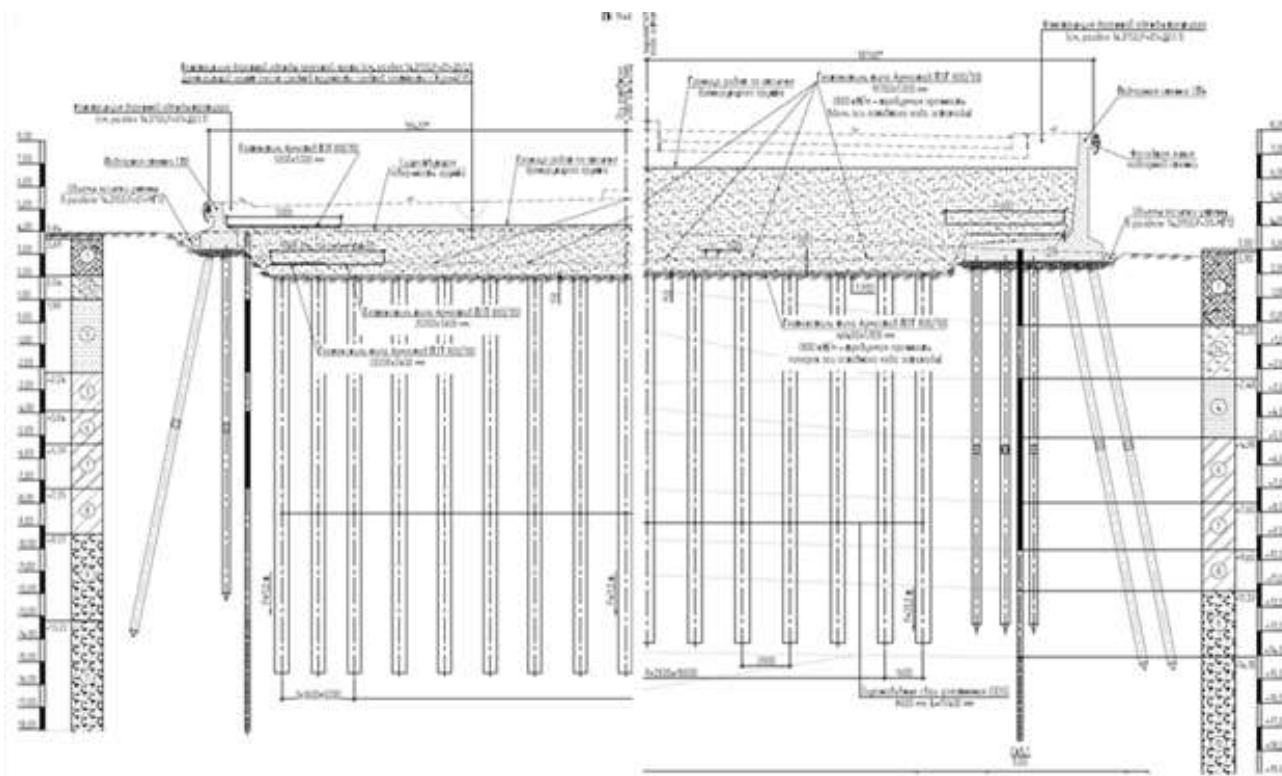


Рис. 8. Фрагменты чертежей с одинаковой расстановкой свай под насыпь высотой 1 м (справа) и 5 м (слева)

Возникает вопрос, неужели для дорожного строительства не действует СП 24.13330.2011 «Свайные фундаменты», да и просто-напросто здравый смысл, согласно которому «число свай в фундаменте и их размеры следует назначать из условия максимального использования прочности материала свай и грунтов основания при расчетной нагрузке, допускаемой на сваю». Неужели с этим сводом правил не знакомы авторы проекта, государственная экспертиза, государственный заказчик? Что побуждает их принимать столь затратные, столь дикие решения? Техническое объяснение одинакового шага свай при любой высоте насыпи до наивности просто. Оказывается, шаг свай подбирается таким, чтобы не разорвался лежащий на сваях геотекстиль! И авторы проекта всерьез приводят строгие расчеты шага свай, исходя из прочности материи на растяжение.

Может быть, правильнее отказаться от геотекстиля в пользу обычного железобетонного ростверка, ежели последний позволяет существенно сэкономить количество свай? На рисунке 9 приведен наглядный пример эффективности железобетонного ростверка, способного при толщине всего 300–400 мм вдвое уменьшить количество свай, при этом оказывается вполне достаточным использовать сваи диаметром 380 мм, объем каждой из которых при той же длине в 2,5 раза меньше, чем у сваи диаметром 600 мм. При этом ростверк может быть размещен непосредственно под дорожной одеждой, что делает дорогу практически вечной.

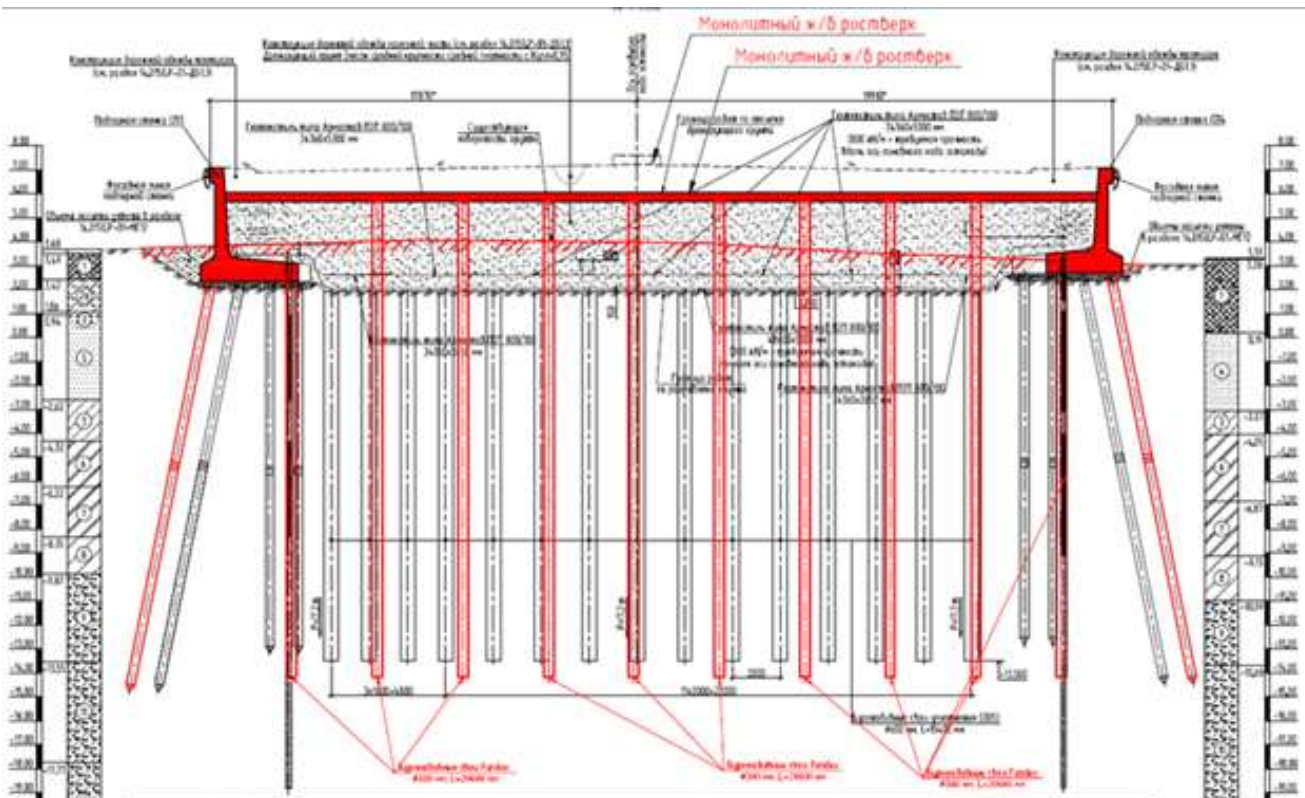


Рис. 9. Возможное альтернативное решение с устройством высокого свайного ростверка непосредственно под дорожным полотном

К сожалению, в отечественных реалиях при бюджетном финансировании участники изысканий, проектирования и строительства не нацелены на обеспечение экономической эффективности принимаемых управленческих и проектных решений. Это создает, порой, непосильную нагрузку на бюджет.

Приведенные выше примеры служат иллюстрацией того, как можно нерационально потратить деньги, при этом не только не создавая запас надежности сооружения, но, напротив, ставя эту надежность под вопрос.

Список литературы

1. Далматов Б.И. Механика грунтов, основания и фундаменты. Л.: Стройиздат. 1988. С.112
2. Шашкин А.Г. Проектирование зданий и подземных сооружений в сложных инженерно-геологических условиях Санкт-Петербурга - М.: Академическая наука — Геомаркетинг, 2014, 352 с.