Проблемы в оценке несущей способности забивных свай расчетными методами

Кургузов К.В.

Российский государственный геологоразведочный университет (МГРИ-РГГРУ) им. С. Орджоникидзе, Россия, Москва Фоменко И.К.

Российский государственный геологоразведочный университет (МГРИ-РГГРУ) им. С. Орджоникидзе, Россия, Москва

Актуальность проблематики

Основной экономический потенциал в увеличении эффективности инвестиционных строительных проектов, применительно к фундаментам зданий, лежит не в плоскости технологии производства работ, а на этапе проектирования строительного объекта.

Размер и количество забивных свай определяется проектировщиком на этапе оценки несущей способности свайного фундамента.

В отечественной практике для этого используется аналитическая методика регламентируемая в СП 24.13330.

История проблематики

- "Задача определения несущей способности свай с уменьшенным количеством испытаний статической нагрузкой является весьма актуальной" – Долматов Б.И. 1966г.
- "Сравнение несущих способностей свай, определенных по табличным величинам R и f СНиП, в условиях характерных ленинградских грунтов показали на значительное расхождение результатов расчета с данными экспериментов."
 – Долматов Б.И. 1966г.
- "К сожалению, в сложившейся отечественной практике зачастую не полностью используется прочность свай по грунту, в ряде случаев ее недоиспользование достигает 40%"
 Ободовский А.А. 1977г.
- "Достоверность определения несущей способности сваи по СНиП для глинистых грунтов составляет 60%, для песчаных грунтов 65%" Сорочан Е.А. 1985г.

Механизм работы сваи в грунте

Механизм взаимодействия сваи и окружающего грунта является комплексным, сложным процессом который зависит от многих факторов:

- Сложности инженерно-геологических условий;
- Строения и состава окружающих грунтов их физических и механических свойств;
- Условия образования грунтовых массивов (которые, в частности, определяют степень недоуплотненности или переуплотненности, слагающих их грунтов), их текущего и прогнозного состояния (в том числе напряженнодеформированного);
- Природные факторы (процессы изменяющиеся во времени и др.)
- Глубины погружения сваи;
- Типа свай их физических и геометрических параметров;
- Технологии погружения;
- Функционального режима нагружения и интенсивности нагрузок;
- Геотехнической сложности (плотность окружающей застройки, конструктивных решений фундаментов и пр.);

Методика расчета несущей способности свайного фундамента по СП 24.13330

В соответствии с данной методикой несущую способность Fd, кH, висячей забивной и вдавливаемой свай и сваи-оболочки, погружаемой без выемки грунта, работающих на сжимающую нагрузку, следует определять как сумму расчетных сопротивлений грунтов основания под нижним концом сваи и на ее боковой поверхности по формуле:

$$F_d = \gamma_c (\gamma_{cR} RA + u \Sigma \gamma_{cf} f_i h_i)$$

где γ_c - коэффициент условий работы сваи в грунте, обычно принимаемый равным единице;

R - расчетное сопротивление грунта под нижним концом сваи, кПа;

А - площадь опирания на грунт сваи, $м^2$, принимаемая по площади поперечного сечения сваи брутто или по площади поперечного сечения камуфлетного уширения по его наибольшему диаметру, или по площади сваи-оболочки нетто;

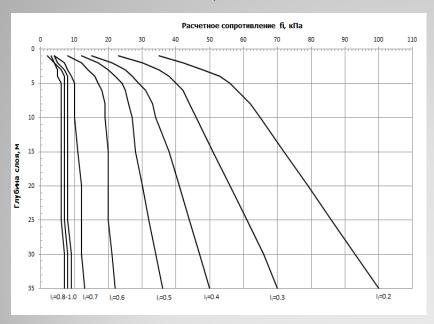
и - наружный периметр поперечного сечения ствола сваи, м;

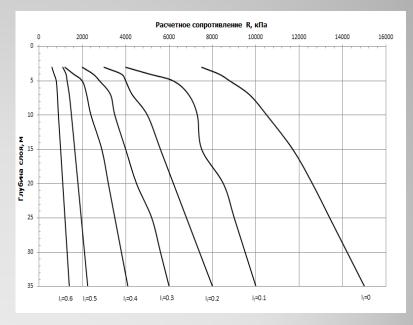
 f_i , - расчетное сопротивление i-го слоя грунта основания на боковой поверхности сваи, кПа, принимаемое по таблице 7.3;

 h_i - толщина i-го слоя грунта, соприкасающегося с боковой поверхностью сваи, м; γ_{cR} , γ_{cf} - коэффициенты условий работы грунта соответственно под нижним концом и на боковой поверхности сваи, учитывающие влияние способа погружения сваи на расчетные сопротивления грунта.

Методика расчета несущей способности свайного фундамента по СП 24.13330

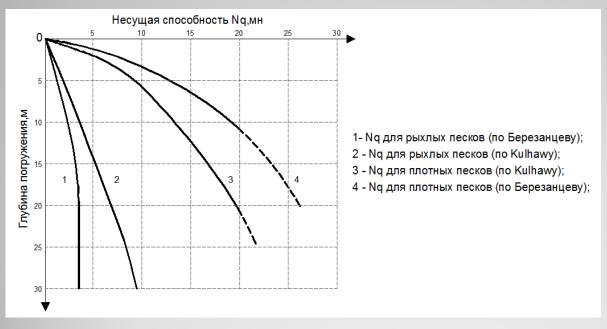
В рассматриваемой методике ключевыми параметрами являются расчетные сопротивления R и f_i , которые определяются по таблицам 7.2 и 7.3 СП 24.13330.





Методика расчета несущей способности свайного фундамента по СП 24.13330

Березанцевым и Kulhawy были рассчитаны значения сопротивлений оснований забивных свай, на уровне нижней конца свай, для песков плотных и рыхлых, и построен график отражающий изменение сопротивления сваи в грунте на уровне ее основания.



Методика расчета несущей способности свайного фундамента по СП 24.13330. Недостатки.

К некоторым недостаткам методики СП можно отнести следующее

- Данная методика не учитывает целый ряд существенных факторов (механических свойств грунтов, напряженнодеформированного состояния массива, условий образования грунтов, и пр.);
- Не учитывает разные механизмы работы свай в связных и несвязных грунтах;
- Не учитывает специфических особенностей региональных инженерно-геологических условий;
- Не учитывает работу сваи в рыхлых песчаных грунтах;
- Распространяется на сваи глубиной не более 35м;
- Низкий уровень достоверности результатов, особенно для слабых глинистых грунтов;

Методика по Нордлунду

Эта методика является полуэмпирической и широко используется в международной практике для расчета несущей способности сваи расположенной в песчаных грунтах:

$$R = R_s + R_b = \int_0^L f_s(z) p(z) dz + A_b q_b = K_\delta C_F G_v'(z) \sin(\delta) + \alpha_T N_q' G_v'$$
 (5)

где,

К_δ - коэффициент бокового давления грунта в і-м слое;

С_г - поправочный коэффициент;

 G_{v}' - эффективное напряжение в грунте в і-м слое;

 δ - угол трения между боковой поверхностью сваи и грунтом;

N_q' - эмпирический коэффициент несущей способности;

 α_{t} – коэффициент геометрической жесткости сваи;

Методика по Томлинсону

Этот широко используемый метод при расчёте несущей способности учитывает параметры недренированного сопротивления сдвигу и кроме этого, допускает, что сопротивление на боковой поверхности сваи не зависит от напряжения от пригрузки кровлей.

Несущая способность боковой поверхности сваи определяется выражением:

$$R_{S} = \sum_{i=1}^{n} C_{a,i} A_{S,i} = \sum_{i=1}^{n} \alpha_{i} C_{u,i} A_{S,i}$$

где,

 $C_{a,i}$ – сцепление в i-м слое;

A_s - площадь боковой поверхности сваи в пределах і-го слоя грунта;

 α_i – эмпирический коэффициент сцепления;

 C_{ui} – недренируемое сцепление;

Несущая способность нижнего конца (пяты) сваи рассчитывается по формуле:

$$R_b = q_b A_b = 9C_u A_b$$

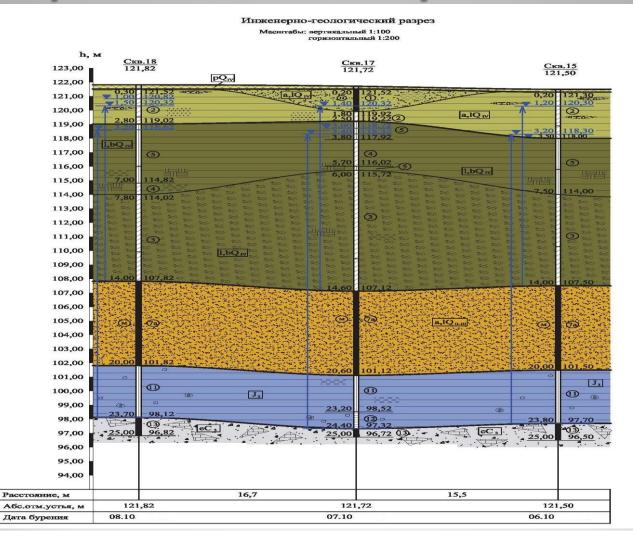
где,

q_b - удельное сопротивление основания сваи;

Аь - площадь основания сваи;

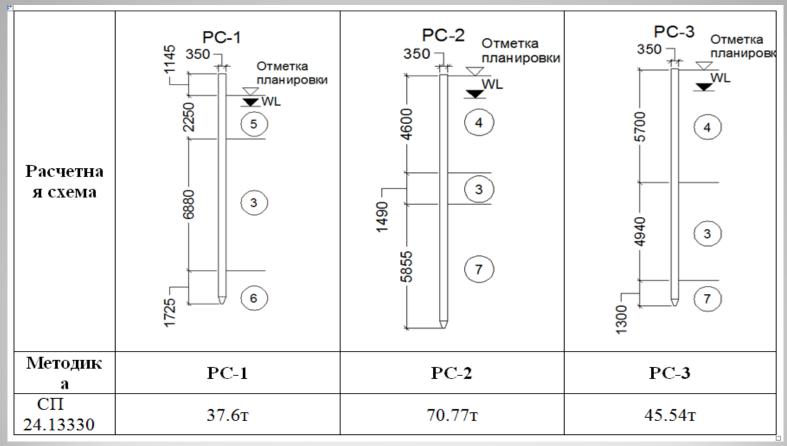
С_и - недренированное сопротивление сдвигу (недренируемое сцепление);

Инженерно-геологические условия

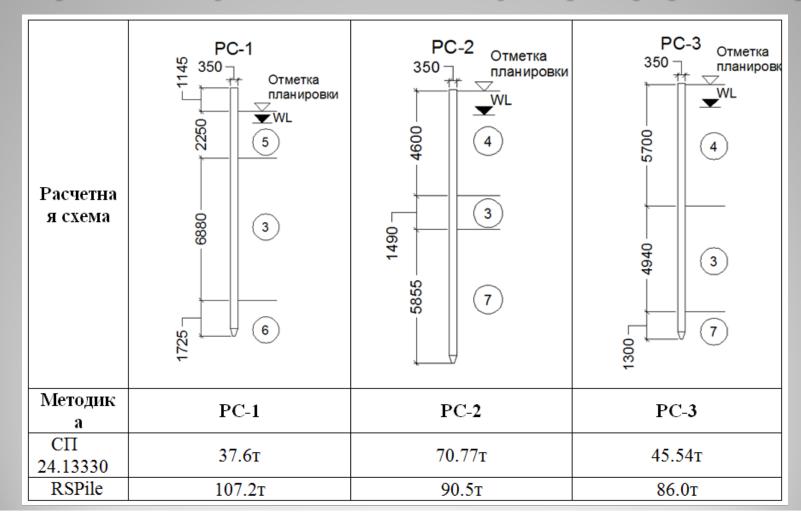


Результаты расчетов (СП 24.13330)

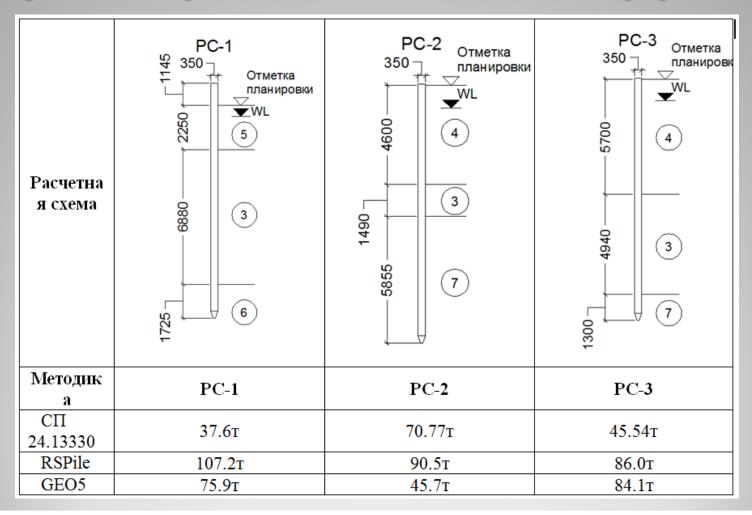
Расчетные схемы отличаются по составу, мощности и свойствам грунтов, а также по глубине погружения свай.



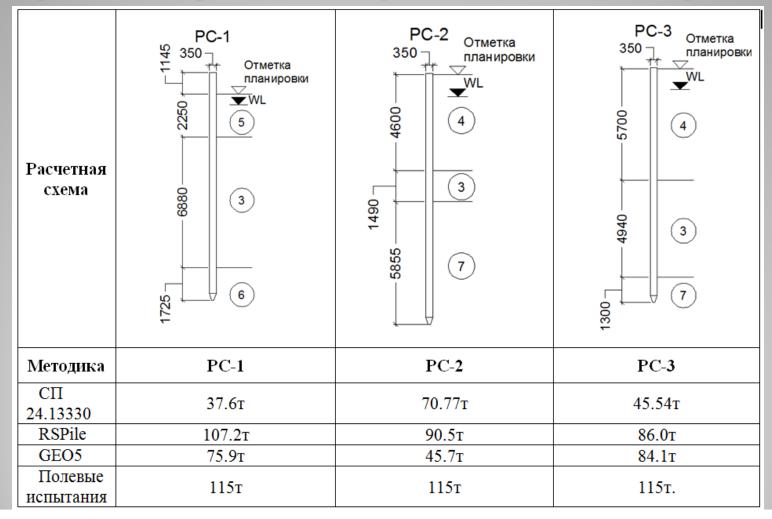
Результаты расчетов по Нордлунду (RSPile)



Результаты расчетов по Томлинсону (GEO5)



Результаты расчетов (Стат.испытания)



Выводы

Существующие расчетные схемы и модели, в том числе базирующиеся на них численные методики имеют существенные расхождения в результатах.

Из-за большого многообразия грунтовых условий действующие нормы не в состоянии предложить единую методику определения несущей способности грунтов с достаточно высокой степенью точности приближения к фактической.

Применение нормативной практической методики по определению несущей способности по СП 24.13330 больше применимо в простых инженерно-геологических условиях и преимущественно для грунтов осадочного происхождения. В целом, эта методика имеет низкий уровень достоверности результатов особенно для слабых пылевато-глинистых грунтов.

Применение в отечественной практике западных методик является затруднительным в силу отличающихся стандартов определения исходных характеристик грунтов на этапе инженерногеологических изысканий.

Отсутствие достоверных, отработанных на практике, методов расчета несущей способности свай экономически предопределяет необходимость использования не научно обоснованных методов, а строительных (полевых) способов, не эффективных по затратам математических или численных расчетов, а дорогостоящих полевых определений (натурных замеров) несущей способности свай, на предпроектных этапах инженерных изысканий. А при отсутствии материалов полевых испытаний, проектировщику приходится перезакладываться на незнание, что существенно увеличивает сметную стоимость фундаментов.

Такая ситуация обуславливает острую необходимость дальнейших научно-экспериментальных исследований в этой области.