

580 - Свайный фундамент под колонну



Программа предназначена для проектирования свайного фундамента согласно СП 24.13330.2011 [1] с учетом указаний Пособия [4]. Предусмотрены следующие расчеты: проверка прочности грунта основания свай, проверка допустимости давления на грунт боковыми поверхностями свай, проверка прочности материала свай, проверка допустимости горизонтального перемещения и угла поворота головы сваи, проверка трещиностойкости свай, проверка допустимости осадок свай в кусте, проверка прочности нормальных и наклонных сечений ростверка, проверка трещиностойкости ростверка, проверка прочности ростверка на смятие колонной, проверка прочности ростверка на продавливание колонной и угловой сваей.

Программа позволяет провести подбор числа свай, размеров свай и размеров ростверка, при которых обеспечивается работоспособность свайного фундамента. Для висячих свай подбирается размер сечения сваи и ее длина, для свай-стоек - размер сечения и глубина заделки сваи в скальный грунт.

Производится конструирование продольной арматуры в свае и в ростверке, а также конструирование косвенной арматуры в ростверке, требуемой по расчету на смятие ростверка колонной.

Предусмотрено задание слоев грунта с нулевым сопротивлением и слоев грунта с заданным сопротивлением. Предусмотрено задание просадочного грунта. Предусмотрен учет сейсмических воздействий.

1. Фундамент

Рассматривается свайный фундамент под колонну прямоугольного сечения с размерами c_x, c_y , расположенную в центре ростверка прямоугольной формы в плане с размерами l_x, l_y . При расчете фундамента применяется система координат с началом в центре плана ростверка (рис.1).

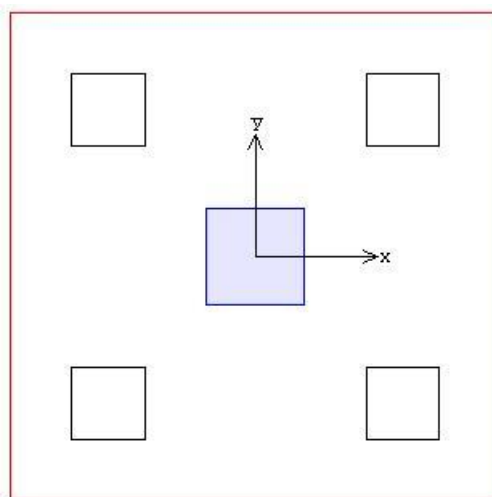


Рис. 1. Система координат

Предполагается, что все сваи фундамента одинаковы. При задании свай указывается тип свай по характеру работы в грунте (висячие сваи или сваи-стойки) и вид свай по способу заглубления в грунт (забивные, набивные или буровые сваи). Забивные сваи могут иметь

следующие поперечные сечения: сплошное квадратное, квадратное с круглой полостью, круглое полое. Рассматриваются набивные сваи, указанные в [1], 6.4а, 6.4б и буровые сваи, указанные в [1], 6.5а, 6.5б, 6.5д. Для висячих набивных и буровых свай предусмотрено задание уширения пяты сваи. При расчете несущей способности сваи уширение пяты представляется в виде шара.

При подборе свай требуется задать минимальный и максимальный размеры сечения, а также величину приращения размера. Для висячих свай требуется задать минимальную длину сваи, а для набивных и буровых свай-стоек – максимальную глубину заделки сваи в скальный грунт. При подборе полых свай требуется задать диаметр полости, при подборе свай с уширением – диаметр уширения. Эти значения рассматриваются как фиксированные.

Глубина погружения висячих забивных свай принимается с учетом требований [1], 8.14, глубина погружения висячих буровых свай – с учетом требований [1], 7.2.7. При расчете предполагается, что толщина слоя грунта, принятого за основание под нижние концы свай, является достаточной для применимости формул, по которым определяется сопротивление грунта под нижними концами свай. При подборе длины свай учитывается заданное минимальное расстояние от сваи до подошвы слоя, в который заглублен нижний конец сваи.

При наличии просадочного грунта предполагается, что сваи прорезают все слои просадочного грунта и заглубляются в непросадочный грунт, для которого выполняются требования [1], 9.3.

Возможно задание шарнирного или жесткого сопряжения свай с ростверком. Вид сопряжения учитывается при расчете свай на действие горизонтальных сил. При шарнирном сопряжении ненулевыми являются как горизонтальное перемещение u , так и угол поворота ψ головы сваи, а при жестком сопряжении отлично от нуля только горизонтальное перемещение u головы сваи. Для свай-стоек, заделываемых в скальный грунт, предусмотрено задание граничного условия на нижнем конце сваи. Оно применяется при расчете сваи на горизонтальную нагрузку. При шарнирном опирании полагается равным нулю перемещение, а при жесткой заделке – перемещение и поворот. Граничное условие ставится на уровне кровли скального грунта.

Различаются три варианта подбора. При выборе первого варианта подбираются размеры свай при заданном числе свай и заданных размерах ростверка. Второй вариант отличается от первого тем, что дополнительно подбирается толщина ростверка. При выборе третьего варианта производится подбор размеров свай, числа свай и размеров ростверка.

Свайный фундамент рассматривается как свайный куст с числом свай не более 25. При проверке фундамента и при первых двух вариантах подбора число свай может равняться 4, 5, 6, 8, 9 (стандартные размещения) или быть произвольным. В последнем случае размещение свай может быть рядовым, шахматным или произвольным. При рядовом размещении свай задаются число n_x свай в ряду вдоль оси x и число n_y свай в ряду вдоль оси y . При шахматном размещении свай задаются числа свай n_x , n_y в крайних рядах вдоль оси x и вдоль оси y . При произвольном размещении свай задаются ряды свай. Ряд может состоять из одной сваи. При третьем варианте подбора рассматриваются стандартные размещения свай (рис.2).

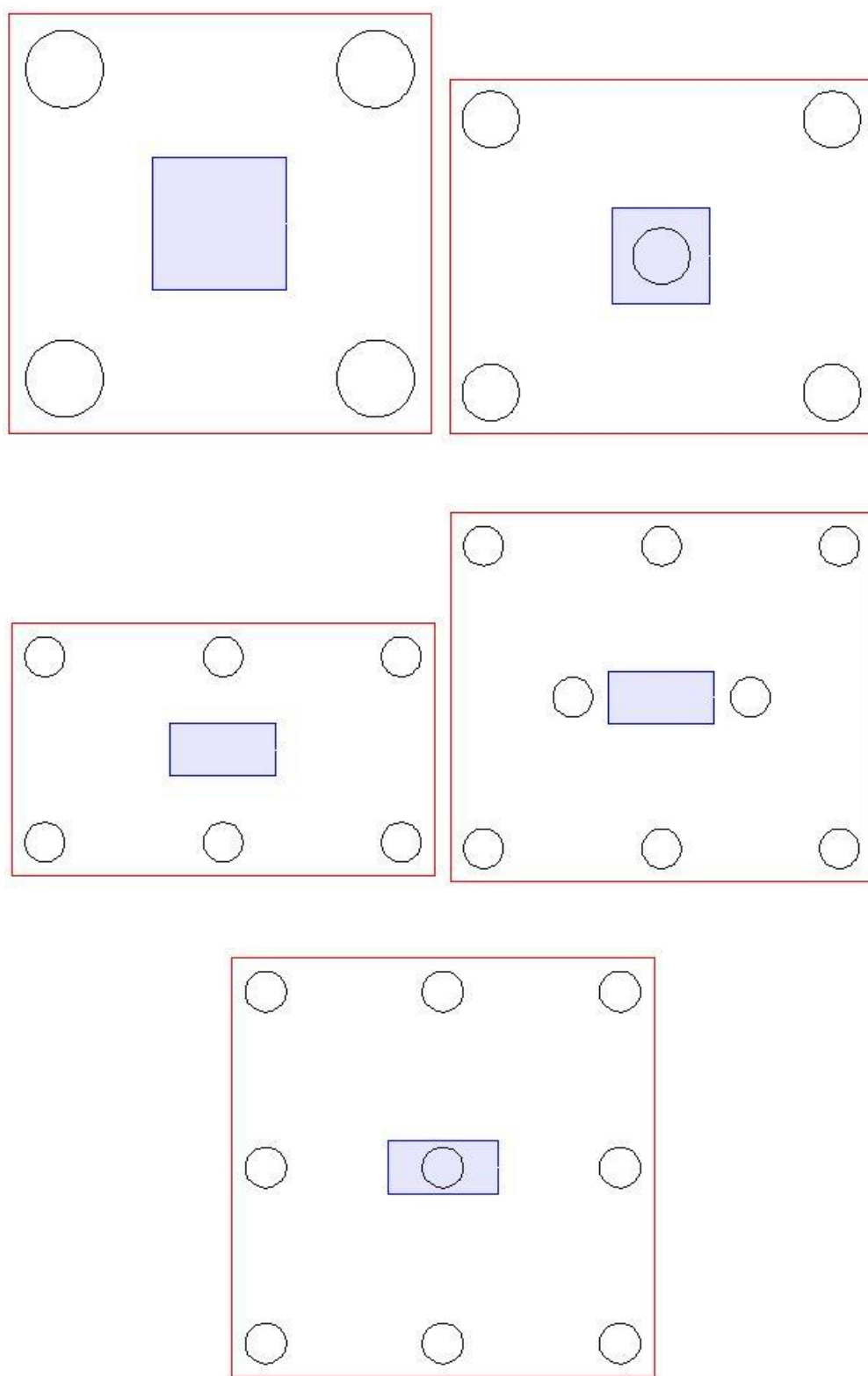


Рис. 2.Примеры подбора

2. Грунт

Грунт, расположенный под подошвой ростверка, может состоять из нескольких горизонтальных слоев с различными физико-механическими характеристиками (рис.3). Слои

нумеруются в направлении от подошвы ростверка в глубь основания. Предполагается, что последний заданный слой подстилается скальным грунтом.

Схема геологического разреза

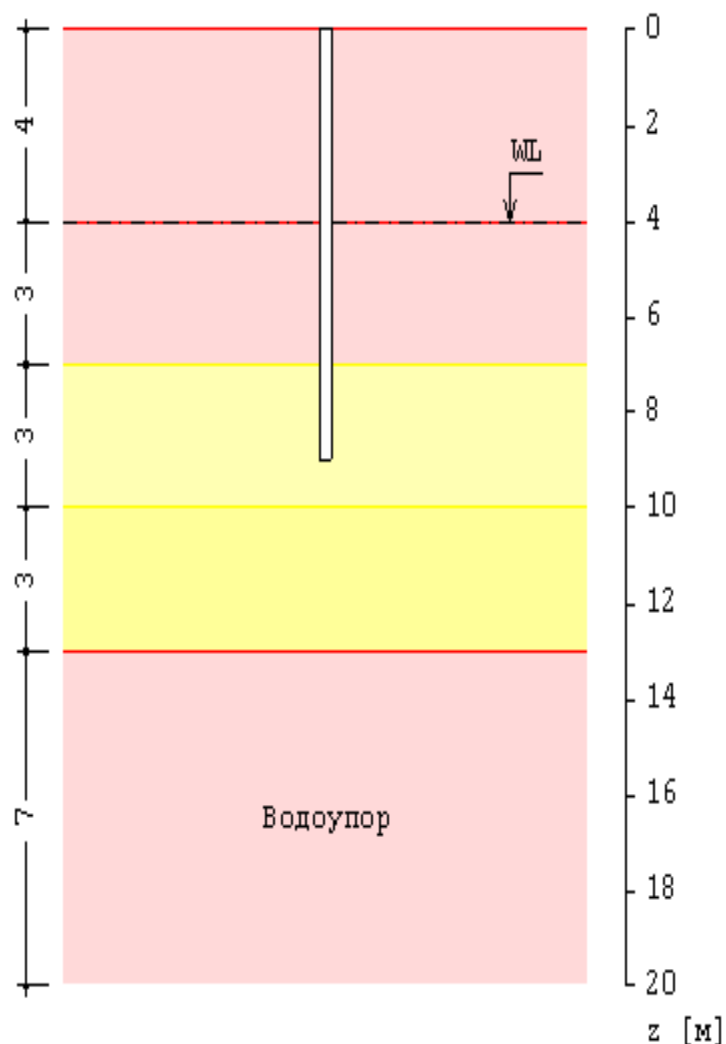


Рис. 3. Пример задания грунта

Для каждого слоя грунта задается удельный вес γ_s твердых частиц, удельный вес γ грунта природной влажности и природная влажность W (%). Для глинистого грунта задаются влажность на границе раскатывания W_p и влажность на границе текучести W_L . Вместо W_p и W_L могут задаваться число пластичности I_p и показатель текучести I_L .

Коэффициент пористости грунта определяется по формуле

$$e = \frac{\gamma_s}{\gamma} \left(1 + \frac{W}{100} \right) - 1$$

Удельный вес грунта в водонасыщенном состоянии определяется по формуле

$$\gamma_{sat} = \frac{\gamma_s + e\gamma_w}{1 + e}$$

Удельный вес водонасыщенного грунта с учетом взвешивающего действия воды определяется по формуле

$$\gamma_{sb} = \frac{\gamma_s - \gamma_w}{1 + e}$$

Степень водонасыщения грунта определяется по формуле

$$S_r = \frac{W}{100e} \frac{\gamma_s}{\gamma_w}$$

Число пластичности глинистого грунта вводится формулой

$$I_p = W_L - W_p$$

Показатель текучести глинистого грунта выражается по формуле

$$I_L = \frac{W - W_p}{W_L - W_p}$$

При учете просадочного грунта применяется показатель текучести при водонасыщении грунта, определяемый согласно [1], (9.1) по формуле

$$I_{Lsat} = \frac{ke\gamma_w / \gamma_s - w_p}{w_L - w_p}$$

$$w_p = W_p / 100, w_L = W_L / 100$$

В приведенных формулах γ_w - удельный вес воды ($\gamma_w = 10 \text{ кН/м}^3$).

Для каждого слоя грунта (за исключением грунта с нулевым сопротивлением) задаются удельное сцепление c , угол внутреннего трения φ , модуль деформации E , коэффициент Пуассона ν . При отсутствии ввода для ν автоматически применяются значения, указанные в нормах. Значения c , φ , E для грунта, залегающего ниже уровня подземных вод, но выше водоупора, должны задаваться для водонасыщенного состояния.

При наличии просадочного грунта учитываются особенности расчета свайного фундамента в просадочном грунте согласно [1], 9. При вводе данных сначала задаются один или несколько слоев просадочного грунта, а затем задаются слои непросадочного грунта. Расчет свайного фундамента производится при условии замачивания просадочного грунта сверху до полного водонасыщения. Расчетное сопротивление f на боковой поверхности сваи при расчете сваи на вертикальную нагрузку и коэффициент пропорциональности K в выражении для коэффициента постели при расчете сваи на горизонтальную нагрузку определяются при показателе текучести грунта в водонасыщенном состоянии I_{Lsat} . Удельное сцепление c , угол внутреннего трения φ и модуль деформации E для просадочного грунта должны задаваться для водонасыщенного состояния.

Тип грунтовых условий по просадочности определяется в зависимости от величины просадки от собственного веса грунта. В грунтовых условиях I типа просадка от собственного веса грунта отсутствует или не превышает 5 см. В грунтовых условиях II типа

просадка от собственного веса грунта превышает 5 см. При определении типа грунтовых условий используются зависимости относительной просадочности ε_{sl} от давления p для заданных слоев просадочного грунта (рис.4), полученные при испытаниях просадочных грунтов в компрессионном приборе согласно [5]. На основе графиков относительной просадочности вычисляется просадка грунта на уровне подошвы ростверка. Если просадка не превышает 5 см, то грунтовые условия относятся к I типу и расчет свай проводится аналогично расчету для непросадочного грунта, но с применением физико-механических характеристик просадочного грунта в водонасыщенном состоянии. В грунтовых условиях II типа учитывается действие на сваю отрицательных сил трения, возникающих при просадке околосвайного грунта. Силы трения учитываются до глубины h_{sl} , на которой просадка грунта равна 5 см. Суммарная сила трения грунта P_n учитывается с коэффициентом условий работы $\gamma_{cn} \leq 0.8$ при проверке прочности грунта основания свай и учитывается с полным значением при проверке прочности материала свай при вертикальной нагрузке. Сопротивление f грунта на боковой поверхности висячей свай при действии сжимающей нагрузки учитывается от глубины h_{sl} до глубины погружения нижнего конца свай.

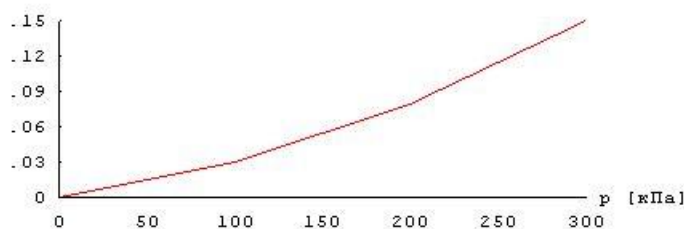


Рис.4. Пример зависимости относительной просадочности от давления

Суммарная отрицательная сила трения P_n определяется по формулам [1], 9.10

$$P_n = u \sum_0^{h_{sl}} \tau_i h_i$$

$$\tau_i = \zeta \sigma_{zg} \operatorname{tg} \varphi_I + c_I$$

Здесь u - периметр сечения свай, φ_I, c_I - значения угла внутреннего трения и удельного сцепления, $\zeta = (0.55/n)(1+z)^{-0.5}$, где n - пористость грунта, $n = e/(1+e)$.

При отсутствии просадочного грунта предусмотрен учет отрицательных сил трения грунта согласно [1], 7.2.11-7.2.13. Форма ввода исходных данных позволяет учесть требования указанных пунктов норм. В программе определяется равнодействующая P_n отрицательных сил трения, которая рассматривается как дополнительная вертикальная нагрузка на сваю. Сила P_n учитывается при проверке прочности грунта основания свай при сжимающей нагрузке и при проверке прочности материала свай. При определении осадки отрицательная сила трения определяется по периметру свайного куста.

При учете взвешивающего действия воды задаются номера первого и последнего водонасыщенных слоев грунта. При отсутствии водоупорного слоя ввод номера последнего слоя не требуется. При наличии водоупорного слоя учитывается давление воды на кровлю водоупорного слоя. На эпюре напряжения от собственного веса грунта на уровне кровли

водоупорного слоя возникает скачок напряжения. Предполагается, что уровень подземных вод ниже просадочного грунта.

3. Нагрузки

Нагрузки на фундамент состоят из вертикальной силы N , горизонтальных сил H_x, H_y и моментов M_x, M_y , передаваемых на фундамент от колонны. Вертикальная сила положительна, если она действует сверху вниз. Горизонтальная сила положительна, если она действует в положительном направлении соответствующей координатной оси. Положительные направления моментов совпадают с направлениями моментов горизонтальных сил относительно осей координат в плоскости подошвы ростверка. Вертикальные нагрузки на сваи определяются согласно [1], 7.1.12. При этом учитываются моменты горизонтальных сил относительно осей координат, лежащих в плоскости подошвы ростверка.

Классификация и комбинирование нагрузок принимаются согласно СП 20.13330.2016 [3]. Нагрузки подразделяются на постоянные, длительные, кратковременные, особые и сейсмические. Комбинирование нагрузок представляет собой генерацию множества возможных комбинаций нагрузок с учетом коэффициентов надежности по нагрузке γ_f и коэффициентов, связанных с одновременным учетом двух и более временных нагрузок. При наличии особых и/или сейсмических нагрузок наряду с основными комбинациями генерируются также особые комбинации.

Возможен ввод несочетаемых нагрузок. Такие нагрузки включаются в группу несочетаемых нагрузок. В комбинацию может войти только одна нагрузка из каждой группы. Нумерация групп начинается с единицы. Группы могут применяться, в частности, при учете ветровых нагрузок (при рассмотрении действия ветра по различным направлениям).

Возможен ввод знакопеременных нагрузок. В этом случае в расчете учитывается как заданная нагрузка, так и нагрузка противоположного знака. Сейсмические нагрузки автоматически рассматриваются как знакопеременные нагрузки.

Проверки по первой группе предельных состояний проводятся для расчетных ($\gamma_f > 1$) основных и особых комбинаций нагрузок, а проверки по второй группе – для нормативных ($\gamma_f = 1$) основных комбинаций. Если при подборе свай требуется обеспечить отсутствие трещин, то расчет по образованию трещин согласно [2] проводится для расчетных ($\gamma_f > 1$) основных комбинаций нагрузок.

Предусмотрен учет собственного веса ростверка в комбинации нагрузок. При этом в расчетных комбинациях собственный вес ростверка принимается с заданным коэффициентом надежности. Собственный вес свай учитывается при проверке прочности грунта основания свай, при проверке прочности материала свай и при расчете осадки. При действии сжимающей нагрузки на сваю применяется заданный коэффициент надежности $\gamma_f > 1$, а при действии выдергивающей нагрузки принимается $\gamma_f = 1$.

4. Расчет свай и их оснований

При расчете свай и их оснований по предельным состояниям первой группы проводятся следующие проверки: проверка прочности грунта основания свай при действии на сваи вертикальных сил (сжимающих и выдергивающих), проверка допустимости давления на грунт боковыми поверхностями свай при действии на сваи горизонтальных сил, проверка прочности материала свай при действии на сваи вертикальных и горизонтальных сил. При расчете по предельным состояниям второй группы проводятся следующие проверки: проверка допустимости горизонтального перемещения и угла поворота головы сваи при действии горизонтальных сил, проверка трещиностойкости при действии вертикальных и горизонтальных сил.

Условия проверок представляются в виде

$$V/V_u \leq 1$$

Здесь V - рассчитанное значение силового или деформационного фактора, V_u - его предельное значение. Отношение V/V_u рассматривается как критерий при поиске наиболее опасных комбинаций нагрузок.

При определении вертикальных нагрузок на сваи учитываются моменты горизонтальных сил относительно осей координат, лежащих в плоскости подошвы ростверка. Вертикальные нагрузки определяются согласно [1], 7.1.12.

Горизонтальные нагрузки на сваи определяются в предположении равномерного распределения между всеми сваями горизонтальных нагрузок, действующих на фундамент. Напряженно-деформированное состояние свай при действии горизонтальных сил определяется путем численного решения задачи статики для стержня в упругой среде с кусочно-линейным коэффициентом постели. Краевые условия в верхнем сечении стержня соответствуют заданному виду сопряжения сваи с ростверком. При рассмотрении висячих свай нижний конец стержня принимается свободным, а при рассмотрении свай-стоек нижний конец сваи принимается закрепленным согласно заданному граничному условию. Условия на нижнем конце могут иметь значение в случае коротких свай.

Проверка прочности материала свай проводится согласно [2]. Подбор продольной арматуры в сваях производится по требуемой площади арматуры, определяемой расчетом по прочности для всех комбинаций нагрузок. Расстояние от контура сечения сваи до центров арматурных стержней первоначально определяется по заданному максимальному диаметру стержней и толщине защитного слоя бетона. После вычисления требуемой площади арматуры и подбора стержней уточняется расстояние до центров стержней и расчет повторяется. В случае свай квадратного сечения первоначально подбор проводится для схемы армирования с четырьмя стержнями, расположенными вблизи углов сечения. Если четырех стержней максимального диаметра не достаточно, то проводится подбор для схемы армирования с дополнительными стержнями, расположенными вблизи середин сторон сечения. В случае круглых свай число стержней при подборе арматуры принимается не менее 6.

В необходимых случаях арматура подбирается с учетом ограничения ширины раскрытия трещин.

Предусмотрено определение длины анкеровки стержней в случае, если в голове сваи требуется продольная арматура. Длина анкеровки в общем случае выводится для растянутых и для сжатых стержней.

Расчет по образованию и раскрытию трещин, нормальных к оси сваи, проводится согласно [2], 8.2.3-8.2.7, 8.2.14, 8.2.15, 8.2.17, 8.2.18. Расчет по трещиностойкости не проводится, если не выполняются условия прочности материала свай.

Расчет осадки свайного куста проводится согласно [1], 7.4.4, 7.4.5. Осадка свайного куста принимается как наибольшая из осадок свай в кусте с учетом их взаимного влияния. При определении осадки учитывается отрицательная сила трения проседающих слоев грунта, действующая по периметру свайного куста.

5. Расчет ростверка по прочности сечений и по трещиностойкости

Расчет по прочности нормальных сечений проводится на основе нелинейной деформационной модели. На первом этапе расчета по прочности нормальных сечений определяются требуемые площади продольной арматуры в направлениях x и y . В качестве расчетных сечений ростверка рассматриваются сечения в плоскостях граней колонны. Расчетные изгибающие моменты определяются по реакциям свай, расположенных по одну сторону от расчетных сечений. На втором этапе производится конструирование продольной арматуры по заданным минимальным и максимальным значениям диаметра стержней и шага стержней с учетом заданной минимальной толщины защитного слоя бетона. Пример подбора продольной арматуры приведен на рис.5.

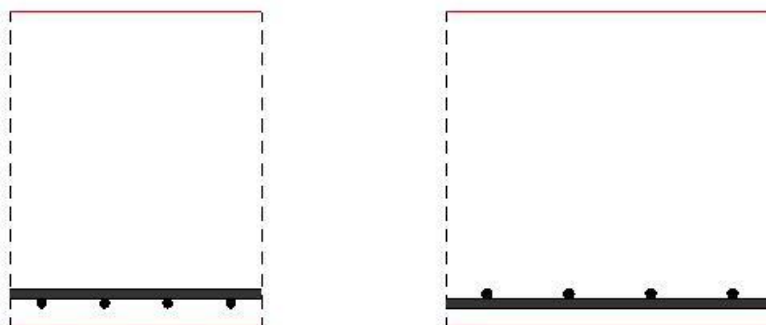


Рис.5. Пример подбора продольной арматуры в ростверке

Расчет по прочности наклонных сечений проводится согласно [1], 8.1.31-8.1.33. Предусмотрен вывод эпюр расчетных поперечных сил Q_x и Q_y по осям x и y . Для полученных распределений поперечных сил отыскиваются наиболее опасные наклонные сечения и проверяется прочность ростверка без поперечной арматуры.

Расчет по образованию и раскрытию нормальных трещин проводится согласно [1], 8.2.4–8.2.8, 8.2.14, 8.2.15. Изгибающие моменты M_{crc} при образовании трещин определяются по предельному состоянию растянутого бетона при помощи расчета на основе нелинейной деформационной модели. При вычислении момента M_{crc} , а также при вычислении напряжений σ_s , $\sigma_{s,crc}$ в растянутой арматуре после образования трещин применяются

диаграммы состояния бетона и арматурной стали. Площадь сечения растянутого бетона A_{bt} и площадь сечения растянутой арматуры A_s , через которые вычисляется базовое расстояние l_s между трещинами, определяются непосредственно перед образованием трещин. Значение A_{bt} определяется при следующих ограничениях на высоту растянутой зоны: $h_t \geq 2a$, $h_t \leq h/2$, где a – расстояние от растянутой арматуры до ближайшей грани сечения.

6. Расчет ростверка на смятие колонной

Расчет ростверка на смятие колонной проводится согласно [1], 8.1.43–8.1.45. Условие прочности элемента без косвенной арматуры имеет вид

$$\frac{N}{N_b} \leq 1$$

Здесь $N_b = \psi R_{b,loc} c_x c_y$ – предельное значение сжимающей силы при отсутствии косвенной арматуры, $R_{b,loc} = \varphi_b R_b$, $\varphi_b = 0.8 \sqrt{A_{b,max} / c_x c_y} \leq 2.5$, $\varphi_b \geq 1$, R_b – расчетное сопротивление бетона при сжатии (с учетом коэффициента условий работы γ_b), $A_{b,max} = (c_x + 2c_y)(c_y + 2c_x)$ – расчетная площадь смятия.

Если прочность ростверка не обеспечена, то подбирается косвенная арматура. Условие прочности ростверка с косвенной арматурой имеет вид

$$\frac{N}{N_{bs}} \leq 1$$

Здесь $N_{bs} = N_b + N_s$ – предельное значение сжимающей силы при наличии косвенной арматуры, $N_s = 2\psi \varphi_{s,xy} R_{s,xy} \mu_{s,xy} A_{b,loc}$, $R_{s,xy}$ – расчетное сопротивление арматуры сеток, $\varphi_{s,xy} = \sqrt{A_{b,loc,ef} / A_{b,loc}}$, $\mu_{s,xy} = (n_x l_x + n_y l_y) A_s / l_x l_y s$ – коэффициент косвенного армирования; l_x, l_y – длины стержней, параллельных направлениям x, y ; n_x, n_y – числа стержней, A_s – площадь сечения одного стержня, s – шаг сеток косвенной арматуры, располагаемых по высоте ростверка.

При проверке условия прочности учитывается ограничение $N_{bs} \leq 2N_b$. При $N > 2N_b$ прочность элемента невозможно обеспечить при помощи косвенного армирования.

7. Расчет ростверка на продавливание

Расчет ростверка на продавливание состоит из расчета на продавливание колонной и расчета на продавливание угловой сваей. Расчеты на продавливание проводятся согласно [1], 8.1.46, 8.1.47, 8.1.49.

При определении расчетного контура в расчете на продавливание ростверка колонной учитываются указания [4], относящиеся к построению основания пирамиды продавливания. Рабочая высота ростверка определяется как $h_0 = (h_{0x} + h_{0y}) / 2$, при этом h_{0x}, h_{0y} соответствуют нижней продольной арматуре по направлениям x, y .

Боковые грани пирамиды продавливания ограничиваются гранями свай, ближайших к колонне. Отношение рабочей высоты h_0 к расстоянию d от колонны до стороны основания пирамиды продавливания ограничивается условиями $1 \leq h_0/d \leq 2.5$ ($h_0/2.5 \leq d \leq h_0$). В общем случае расстояния d_x, d_y от колонны до сторон основания пирамиды продавливания вдоль осей x, y являются различными. В качестве расчетного контура принимается прямоугольный контур, стороны которого удалены от колонны на расстояния $d_x/2$ и $d_y/2$. Пример расчетного контура приведен на рис.6, на котором контур основания пирамиды продавливания изображен штриховой линией.

Дополнительно рассматриваются пирамиды продавливания, стороны основания которых удалены от колонны вдоль осей x, y соответственно на расстояния h_0 и d_y , d_x и h_0 , а также на расстояние h_0 вдоль обеих осей. В выходном документе программы выводятся результаты расчета для той пирамиды продавливания, для которой условие прочности принимает наибольшее значение.

В расчете на продавливание ростверка угловой сваей пирамида продавливания также определяется согласно указаниям [4]. Рабочая высота ростверка h_0 принимается равной его толщине. Пример расчетного контура при продавливании угловой сваей приведен на рис.7.

При расчете на продавливание сваи круглого сечения заменяются сваями с равновеликим квадратным сечением.

Согласно [1], (8.95) условие прочности ростверка без арматуры в зоне продавливания имеет вид

$$\frac{F}{F_{b,ult}} + \frac{M_x}{M_{bx,ult}} + \frac{M_y}{M_{by,ult}} \leq 1$$

Здесь F - продавливающая сила; $F_{b,ult} = R_{bt} \cdot u \cdot h_0$ - предельная сила; X, Y - центральные оси расчетного контура; M_x, M_y - моменты относительно осей X, Y ; $M_{bx,ult} = R_{bt} \cdot W_x \cdot h_0$ и $M_{by,ult} = R_{bt} \cdot W_y \cdot h_0$ - предельные моменты; R_{bt} - расчетное сопротивление бетона при растяжении (с учетом коэффициента условий работы бетона γ_b). Расчетный периметр u определяется как сумма длин сторон расчетного контура, умноженных на отношение h_0/d . При этом длины сторон, параллельных оси y , умножаются на h_0/d_x , а длины сторон, параллельных оси x , умножаются на h_0/d_y . Моменты сопротивления W_x, W_y расчетного контура также определяются с учетом отношений h_0/d . Продавливающая нагрузка F, M_x, M_y определяется по реакциям свай, расположенных вне основания пирамиды продавливания.

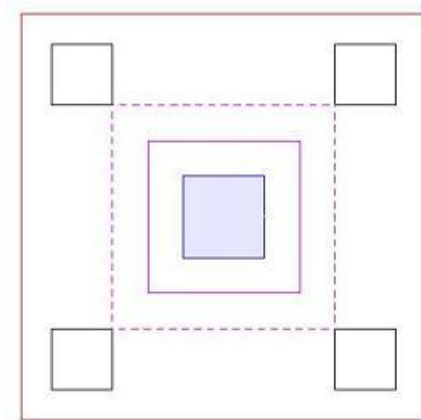


Рис.6. Пример расчетного контура при продавливании ростверка колонной

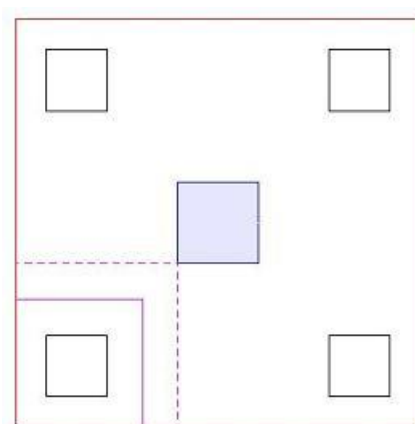


Рис.7. Пример расчетного контура при продавливании ростверка угловой сваей

Литература

1. СП 24.13330.2011: Свайные фундаменты. Актуализированная редакция СНиП 2.02.03-85. – Минрегион России, 2010.
2. СП 63.13330.2012. Бетонные и железобетонные конструкции. Основные положения. Актуализирована редакция СНиП 52-01-2003. - Минрегион России, 2012.
3. СП 20.13330.2016: Нагрузки и воздействия. Актуализированная редакция СНиП 2.01.07-85*. – Минстрой России, 2016.
4. Пособие по проектированию железобетонных ростверков свайных фундаментов под колонны зданий и сооружений / ЦНИИпромзданий Госстроя СССР и НИИЖБ Госстроя СССР. – М.: ЦИТП Госстроя СССР, 1985.
5. ГОСТ 23161-78 Грунты. Метод лабораторного определения характеристик просадочности.