

БЕТОНИРОВАНИЕ МОНОЛИТНЫХ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ БУРОНАБИВНЫХ СВАЙ

ОСВЕЩАЕТСЯ ОПЫТ ИНЖ. ЛУКИЧЁВА Р. А.
ПО ВОЗВЕДЕНИЮ СВАЙ В ВЕЧНОМЕРЗЛЫХ ГРУНТАХ

В районах вечной мерзлоты, в зоне контакта с мерзлым основанием, остро встает вопрос выбора метода возведения монолитных буронабивных свай и ленточных фундаментов.

Монолитные буронабивные сваи диаметром 650, 800 и 1000 мм из бетона с добавкой $\text{Na}_2\text{NO}_2 + \text{CaCl}_2$ (3,5% от массы цемента) марки М300 возводились при строительстве промышленного комплекса (в Норильске), опор на центральном и восточном участках трассы БАМа и ленточных фундаментов (в Воркуте). Бетонная смесь с подвижностью 10–12 см и начальной температурой 12–16 °С практически непрерывно укладывалась в заранее пробуренные скважины.

Для наблюдения за фактическим температурным режимом выдерживания бетона в зоне контакта сваи с грунтом в скважину устанавливалась стальная труба с датчиками температуры (по всей высоте сваи). После окончания бетонирования выступающую над поверхностью земли часть сваи утепляли слоем опилок в 25 см. Бетон в основании сваи до нижней границы сезонно-промерзающего грунта выдерживали по методу термоса. Верхнюю часть сваи, в том числе часть над поверхностью земли, подвергали электропрогреву.

Наблюдения показали, что характер остывания бетона во всех точках нижней части сваи был примерно одинаков. Однако скорость остывания была выше у основания сваи (по сравнению с основной массой бетона) из-за интенсивного потока тепла от торца сваи вследствие большей доли охлаждаемой поверхности, приходящейся на единицу объема бетона. У торца сваи на контакте с вечномерзлым грунтом температура в бетоне 0 °С зафиксирована через 4–5 суток, а в основной массе — через 7–8 суток. В течение 20–30 суток температура бетона в обеих зонах на контакте с грунтом была -2–-3 °С.

В нижней части отмечалось постоянное снижение температуры, а в верхней — увеличение до 35–40 °С в течение 40–48 час.

с последующим снижением до 0 °С в течение 6–8 сут. Такой режим прогрева обеспечил в верхней части сваи на контакте с грунтом получение прочности бетона, превышающей 70% марочной (удельный расход электроэнергии — 120–150 кВт·ч/м³). В нижней части сваи, включая нижнюю границу сезонно-промерзшего грунта, бетон на контакте с грунтом к этому времени имел меньшую прочность. Благодаря введению добавки, позволяющей твердеть вяжущему при температуре -3–-4 °С, бетон в этой части сваи приобретал прочность не ниже 70% марочной через 25 сут., а через 60 сут. она приближалась к расчетной. Этот способ прост, надежен и экономически доступен в различных районах.

Однако несмотря на то, что введение химических добавок расширяет границы области применения метода термоса, возможная миграция солей из уложенного бетона в мерзлый грунт резко понижает их эффект при использовании в основании по этому принципу, и это требует дополнительных исследований. Поскольку бетон твердеет до -5 °С, а температура вечномерзлого грунта на глубине более 5 м, как правило, выше, то в случаях большой массивности конструкций при возведении буронабивных свай возможно применение метода термоса без добавок. Этому способствует и продолжительный период остывания бетона до 0 °С — благодаря эффекту термоса, возникающему вследствие накопления грунтом тепла, вносимого бетонной смесью, и тепловыделения цемента при твердении бетона.

Опыт возведения свайных опор (через реки Кованта и Левый Орокот) при строительстве трассы БАМа подтвердил справедливость этого положения. При сооружении опор моста через р. Кованта применяли сваи диаметром 1 200 мм и длиной 15 м из бетона марки М300 с В/Ц = 0,5 и ОК = 16–20 см. На рисунке 1 показано температурное состояние грунта во время бетонирования скважин. К арматурному каркасу с помощью деревянных прокладок крепили три электрода. Бетонирование производили в осенний период

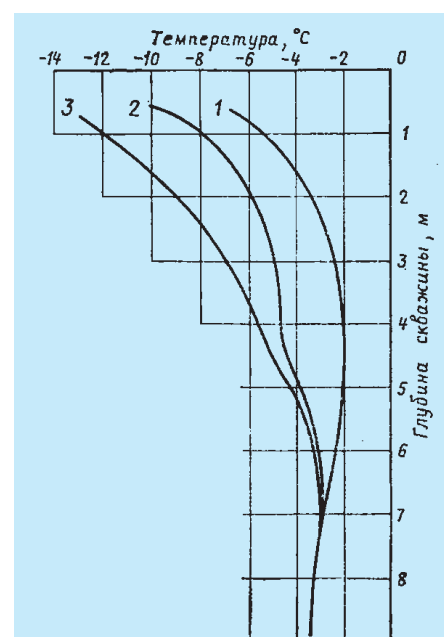


Рис. 1. Температурное состояние грунта в первой декаде февраля (Тында):
1 — в природном состоянии со снежным покровом;
2 — на отсыпанной гравием строительной площадке без снежного покрова;
3 — средняя по контакту с укладываемым бетоном.

методом ВПТ (вибропротяжки) с начальной температурой смеси 15–20 °С. В процессе выдерживания в течение первых трех суток имело место повышение температуры на 5–10 °С, а в последующие 15–18 сут. — понижение до 3 °С. В 28-суточном возрасте прочность при сжатии кернов, взятых с глубины 5 м, составила 100–105% от проектной при расходе цемента марки М400 — 450 кг/м³.

Аналогичные данные были получены при сооружении свайных опор диаметром 1 500 мм и длиной до 15 м для моста через р. Левый Орокот.

Таким образом, при температуре вечномерзлого грунта, близкой к 0 °С, количество тепла, выделенного бетоном, оказывается достаточным для приобретения требуемой прочности без введения химических добавок. Если сроки набора проек-

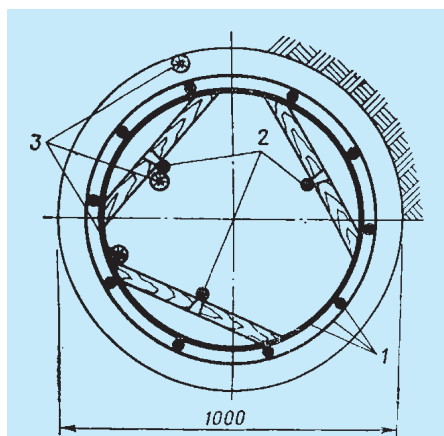


Рис. 2. Поперечное сечение буронабивной сваи (Тында):
1 — арматурный каркас;
2 — электроды;
3 — температурные трубки;
4 — деревянные прокладки.

ной прочности бетоном по методу термоса не удовлетворяют темпам строительства или возникает опасность его раннего замораживания (особенно в оголовке сваи), то необходимо применение активного прогрева бетона (например, электродного) на глубину до 3–5 м. Однако электротермобработка бетона в условиях вечномерзлого грунта имеет особенности, ограниченные процессами теплопереноса.

МИСИ и НИИЖБ проводили на объектах БАМа научно-производственные эксперименты по выявлению режима выдерживания бетона при возведении буронабивных свай. Буронабивные сваи диаметром 1000 мм и длиной 8 м на площадке УПТК треста «Мостострой-10» в Тынде бетонировали в зимний период. Для устройства скважины использовались станки ударно-канатного бурения БС-1М. Скважины в верхней части укрепляли стальными трубами и закрывали деревянными щитами. Повторным бурением перед бетонированием свай установлено в скважинах наличие воды до отметки 3,5 м от

поверхности грунта, слой льда толщиной 40–50 см — над водой и 10–15 см — по стенкам.

В сухую скважину с арматурными каркасами за два приема укладывали бетонную смесь температурой 8–18 °С путем свободного ее сброса из автобетономесителя и с последующим виброуплотнением в верхней части сваи. Для буронабивных свай применяли бетон марки М300 без добавок состава Ц : П : Щ = 1 : 1,9 : 2,2 с расходом портландцемента М400 450 кг/м³, В/Ц = 0,5 и ОК = 8–12 см. Во избежание интенсивной потери тепла при прогреве и выдерживании бетона оголовки свай, выступающий над землей, утепляли минеральной ватой. Для ускорения твердения бетона использовали электропрогрев на всю глубину сваи. Электродами служили три стальных стержня диаметром 20 мм, располагаемые в вершинах правильного треугольника (рис. 2).

По графику строительства необходимо было получить прочность бетона не ниже 80% проектной в возможно более короткий срок без учета набора прочности бетоном к моменту смерзания его с вечномерзлым грунтом. Электропрогрев осуществляли со скоростью подъема температуры, не превышающей 8 °С/ч, при температуре изотермического выдерживания 45–50 °С. К электродам подводилось напряжение 103 В от трехфазного трансформатора ТМОБ-63. Для оценки температурного режима в различных сечениях сваи устанавливали термоматчики, помещенные в стальную трубу диаметром 50 мм и длиной 8 м с заглушенным нижним торцом.

На рисунке 3 приведен температурный режим, который обеспечивается сочетанием сквозного (до 1,5 м) и периферийного (на всю глубину фундамента) прогрева электродами диаметром 8 мм, установленными с шагом 350–400 мм. Электроды для периферийного электропрогрева фиксировали на контакте с грунтом (бетонированием враспор) или на опалубке. Подводи-

мое к электродам напряжение 110 В оставалось неизменным на всем протяжении активного прогрева и обеспечивало режим прогрева, состоящий из подъема температуры до 50 °С в течение 3–4 сут. и остывания до 0 °С в течение 15–20 сут. Наблюдение показало, что уже через 5–6 сут. остывания бетон в основной массе на контакте с мерзлым грунтом приобретал прочность 75–80% от R28.

Общая продолжительность активного прогрева составила 2–3 сут. При этом в первые сутки в зоне контакта с мерзлым грунтом температура бетона была на 5–8 °С ниже, чем в зоне арматурного каркаса (35–45 °С). А при прогреве в течение 4–6 сут. различия практически не наблюдались. После прекращения электропрогрева бетон сваи остывал до 0 °С в течение 12–18 сут. Такой режим выдерживания позволил достигнуть прочности 80–85% и 70–75% R28 в основной части и в оголовке сваи соответственно.

Аналогичные эксперименты проведены НИИЖБ при возведении монолитных фундаментов в Воркуте. В этом районе до 1976 г. в основном были распространены ленточные фундаменты толщиной стенки 0,4–0,9 м и глубиной залегания 4–7 м.

Бетон марок М150–200 на воркутинском портландцементе марки М400 с ОК = 2–8 см и начальной температурой 10–15 °С укладывался враспор с грунтом или в опалубку, установленную в открытом котловане или в траншее.

После установки и выверки арматуры бетонирование производили непрерывно. Затем открытую поверхность фундамента укрывали только в два слоя и утепляли опилками.

Выводы

При возведении монолитных буронабивных свай глубиной до 50 м и диаметром свыше 600 мм достаточно применять метод термоса без введения или с введением в бетон незначительного количества добавок. Выступающую над поверхностью земли сваю целесообразнее подвергать электропрогреву на глубину, превышающую границу сезонно-промерзшего грунта на 1 м. При бетонировании свай и ленточных фундаментов с залеганием до 7 м рекомендуется использовать электропрогрев.

Б. А. УСОВ, проф. МГОУ,
М. Д. САВИН, инж. МГСУ

Литература

1. Семенов А. И., Полуэктов Б. Е., Павленко О. И. и др. «Опыт применения буронабивных свай в вечномерзлых грунтах». // «Промышленное строительство», №11, 1974 г.
2. «Руководство по устройству буронабивных свай большого диаметра». — М.: «Стройиздат», 1977 г.

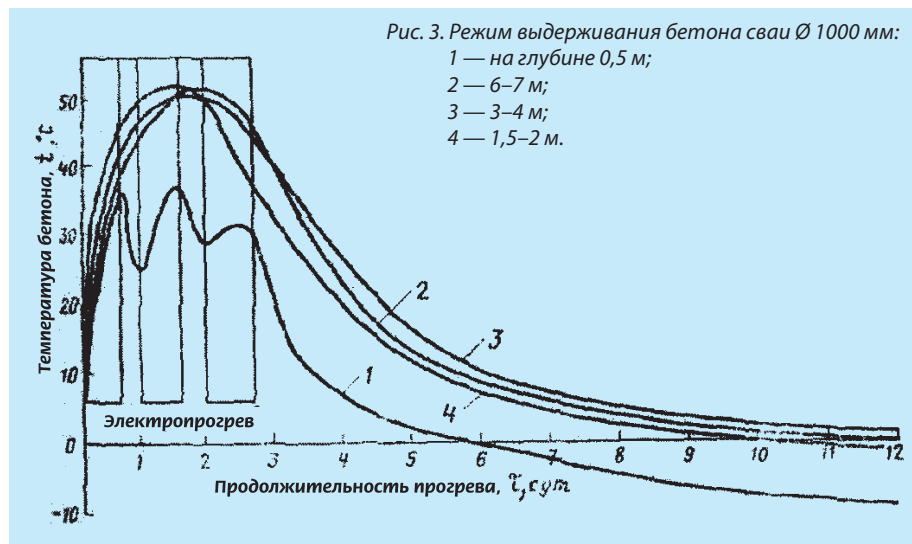


Рис. 3. Режим выдерживания бетона сваи Ø 1000 мм:
1 — на глубине 0,5 м;
2 — 6–7 м;
3 — 3–4 м;
4 — 1,5–2 м.