

Методы зимнего бетонирования монолитных строительных конструкций и их классификация

Methods of winter concreting of monolithic building structures and their classification



Шаржукова Виктория Александровна,

Московский Государственный Строительный Университет

Шульженко Сергей Николаевич,

д.т.н., профессор кафедры ТОСП, Московский Государственный Строительный Университет

Sharshukova Viktoria Alexandrovna

Shulzhenko Sergey Nikolaevich

Аннотация: В статье рассмотрены методы зимнего бетонирования монолитных строительных конструкций и дана их классификация. По мысли автора статьи, сегодня за счет возросших объемов зимних бетонных и железобетонных работ, дефицита электроэнергетических ресурсов и их высокая стоимость, а также повышения требований к качеству зимнего бетонирования монолитных строительных конструкций возникла необходимость пересмотреть традиционные подходы как к процессу выбора метода зимнего бетонирования, так и к расчетному обоснованию параметров выбранного метода.

Summary. the article considers the methods of winter concreting of monolithic building structures and gives their classification. According to the author of the article, today, due to increased volumes of winter concrete and reinforced concrete works, deficiency of electrical power resources and their high cost and increasing quality requirements for winter concreting of monolithic building structures has created a need to review traditional approaches such as the process of choice of method of cold-weather concreting, current substantiation of parameters of the chosen method.

Ключевые слова: зимнее бетонирование, методы, монолитные строительные конструкции, способ укладки бетона, температура окружающей среды, утеплитель, химические добавки.

Keywords: winter concreting, methods, monolithic building structures, method of laying concrete, ambient temperature, insulation, chemical additives.

Основные методы производства бетонных работ зимой находятся под влиянием ряда факторов. При этом, к основным касаются назначения конструкции, массивности, способа укладки и температуры окружающей среды, времени на набор прочности. Но условиях низких температур и сурового климата необходим также учет и других факторов (вида опалубки, наличия утеплителя, возможностей применять химические добавки и проч.).

Выбирая метод, необходимо учитывать такие показатели, как объем трудозатрат, сроки производства работ, а также затраты на оборудование и материалы. Чтобы осуществить зимнее бетонирование, пользуются специальными смесями высокого класса, в состав которых входят химические противоморозные и пластифицирующие добавки, а также проводят утепление свежесуложенного бетона различными способами: применяют генераторы горячего воздуха, тепловые трубы с парами теплоносителя или электроэнергии [6].

При выборе конкретного метода зимнего бетонирования учитывают следующие факторы, их характеризующие:

- 1) «термос». Имеет место массивность конструкции, низкая температура воздуха, упрощенная технология работ, а также наличие необходимого времени для набора прочности;
- 2) бетонирование с химдобавками. Имеет место отсутствие энергии, достаточно времени для набора прочности, необходимая скорость ветра, небольшая отрицательная температура воздуха;
- 3) электропрогрев. Здесь производится учет геометрических размеров, необходим интенсивный набор прочности.

При окончательном выборе метода производства бетонных работ в зимнее время производится расчет необходимых экономических показателей [6].

Метод термоса был широко распространен еще в 30-е годы в СССР, в процессе производства бетонных изделий и конструкций. Наиболее экономически выгоден данный метод в процессе производства массивных монолитных фундаментов, блоков, плит, стен, колонн, рамных конструкций, а также, если используются быстротвердеющие портландцементы и эффективные теплоизоляционные материалы (особенно, если морозы умеренные).

Указанная технология представляет собой следующий процесс. Нагретая до температуры 25...45°C при помощи электродов бетонная смесь доставляется на

площадку и укладывается в опалубку. После того, как бетонные работы окончены, все открытые поверхности конструкции покрывают теплоизоляционным материалом, так как, если температуре подогрева высокая, бетонная смесь во время транспортирования подвергается быстрому загустеванию. Бетон, который находится в изоляции от холодного воздуха, отвердевает за счет тепла, которое вносится в бетонную смесь в процессе ее приготовления, а также тепла, которое выделяется в процессе экзотермической реакции твердения цементного теста [6].

Применение способа термоса будет целесообразным, если необходимо произвести бетонирование массивных конструкций. Для усиления эффекта можно воспользоваться высокопрочными и быстро твердеющими цементами, химическими добавками и другими технологическими мероприятиями, ускоряющими твердение бетона. Но данный метод нельзя применять, если бетонирование осуществляется при средней наружной температуре воздуха менее $+5^{\circ}\text{C}$, а минимальной – ниже 0°C . Расширение температурных границ применения указанного метода возможно, если применять дополнительные мероприятия (например, повысить начальную температуру смеси, ввести химические добавки и поверхностно-активные вещества), но это повлечет за собой увеличение экономических затрат на производство. Иногда целесообразным будет сочетание метода термоса с электрообогревом конструкции по ее периметру. Кроме того, необходимо дополнительное утепление элементов конструкций, остывающих быстрее основной части (углов, выступов, закладных деталей, ребер), так как это способствует созданию одинаковых условий остывания для всей конструкции [7].

Соответственно, в течение времени остывания изделий и конструкций, которые выдерживаются посредством метода термоса, на сам процесс влияет ряд факторов: размер и форма конструкции, совокупность теплофизических характеристик бетона, вид цемента, температура наружного воздуха, скорость ветра, тип опалубки и т.д. К преимуществам метода термоса следует отнести:

- низкую себестоимость;
- простоту технологического процесса.

Среди недостатков метода можно отметить, что он:

- не эффективен при особо низких температурах;
- не подходит для сложных конструкций;
- может быть использован только для конструкций, имеющих относительно маленькую площадь охлаждения.

В качестве одного из методов производства бетонных работ в условиях отрицательных температур выступает применение бетонов, в которые введены противоморозные добавки (ПМД). Низкие температуры способствуют кристаллизации воды в составе смеси, вследствие чего бетон становится рыхлым и расчетную прочность уже не приобретает. За счет добавок температуре замерзания свободной жидкости понижается, что ускоряет затвердевание бетона в условиях отрицательных температур воздуха [5].

Для производства бетонов с противоморозными добавками необходим меньший расход воды на единицу объема, нежели при производстве обычных бетонов. Этим объясняется повышенная прочность и морозостойкость бетонов, имеющих добавки солей, в сравнении с марочной прочностью. В этой связи, и водоцементное отношение у бетонов с добавками солей меньше, нежели у обычного (эталонного), для изготовления которого идут равноконсистентные смеси. Расчет количества и вида противоморозной добавки производится с учетом таких показателей, как факторы окружающей среды, модуль поверхности, назначение бетонной смеси и конструктивные и эксплуатационные особенности бетонируемых монолитных конструкций.

Выбирая указанный метод, необходимо учитывать его специфику и область применения. Обычно введение добавок в бетон производят тогда, когда осуществляют его замешивания, именно в этом случае есть возможность равномерно распределить реактивы по всему объему. Но можно и домешивать добавки непосредственно на объекте. При этом нужно соблюдать соответствующие предписания. Если интенсивность набора прочности идет в разрез с проектными требованиями, то необходимо увеличение расчетной температуры твердения, утеплив бетонируемую конструкцию [1].

Нужно также контролировать количество вводимой противоморозной добавки, так как ее оптимальность очень важна. Если ее недостаточно, то может произойти преждевременное замерзание, которое на ранней стадии схватывания бетона оказывает отрицательное влияние на конечную прочность и вызывает необратимые деструктивные процессы. За счет же избыточного количества добавки твердение замедляется. Соответственно, если темп твердения бетона не соответствует графику производства работ, используют сочетание указанного метода и метода термоса за счет утепления конструкций, также используют электропрогрев смеси.

Также нужно учитывать расчетную температуру твердения, за счет которой возможно обеспечение набора прочности бетона, не менее критической до замерзания.

К преимуществам противоморозных добавок следует отнести:

- низкую стоимость материалов;
- отсутствие необходимости использовать специальное дорогостоящее оборудование;
- низкий объем трудозатрат;
- простоту реализации.

Среди недостатков противоморозных добавок можно отметить, что:

- увеличивается время достижения бетоном его расчетной прочности;
- понижается коррозионная стойкость арматуры (для хлоридных добавок) [2].

Третий метод – это метод искусственного электрообогрева. Его суть заключена в том, что необходимо максимальное повышение температуры уложенного бетона, после чего ее нужно поддерживать в течение определенного времени, за которое бетон может набрать критическую или расчетную прочность [5].

Искусственный прогрев – это группа методов, основой каждого из которых является использование электрической энергии от какого-либо источника, и перевод этой энергии в тепловую. Электрический ток пропускают через бетон или подводят тепло к бетону при помощи различных нагревательных устройств, и температура повышается. За счет разнообразия методов искусственного прогрева позволяет выбрать наиболее эффективный из них.

Классификация методов искусственного прогрева бетонных и железобетонных конструкций позволяет вести речь о:

- 1) электродном прогреве;
- 2) обогреве при помощи различных электронагревательных устройств;
- 3) нагреве в электромагнитном поле;
- 4) инфракрасном обогреве [5].

Применяя искусственный прогрев, можно получить заданные физико-механические свойства бетонов, которые существенно не отличаются от свойств бетонов, твердение которых происходит в нормальных условиях. Применяя такой метод, инженерно-технические работники могут применять знания электрофизических и теплофизических процессов, которые протекают в бетоне. Только тогда можно добиться эффективности и экономичности искусственного прогрева в сравнении с другими методами.

Высокий эффект обычно дает электродный прогрев. Данный метод позволяет сохранить объем необходимых параметров твердения раствора при заливке в зимний период. При данном способе в бетон вводятся или размещаются на его поверхности электроды (стержневые, полосовые, струнные, пластинчатые), которые после подключаются к трансформатору. Результатом выступает образование электрического

поля, согревающего бетон, но не окружающую среду. Путем подбора и регулирования входных параметров трансформатора можно получить необходимую температуру прогрева бетона [3].

К преимуществам прогрева электродами можно отнести:

- высокую тепловую эффективность метода;
- надежность и простоту монтажа;
- возможность прогревать конструкции, имеющие любую толщину и любую форму.

К недостаткам прогрева электродами относят:

- значительные временные затраты на подготовку;
- необходимость в дополнительном оборудовании (трансформаторы);
- высокий объем энергозатрат (от 1000 кВт для 3—5 куб.м бетонной смеси);
- необходимость большого количества квалифицированных рабочих кадров [3].

Таким образом, рассмотрев различные методы, можно заключить, что сегодня за счет возросших объемов зимних бетонных и железобетонных работ, дефицита электроэнергетических ресурсов и их высокая стоимость, а также повышения требований к качеству зимнего бетонирования монолитных строительных конструкций возникла необходимость пересмотреть традиционные подходы как к процессу выбора метода зимнего бетонирования, так и к расчетному обоснованию параметров выбранного метода.

Список литературы

1. Булатов Г. Я. Обобщенные критерии оптимального выбора технологий и машин // Инженерно-строительный журнал. 2009. № 1. С. 32-39.
2. Беркович Л.А. Организационно-технологическое обеспечение процессов зимнего бетонирования гражданских зданий. Автореферат // Издательство рекламного агентства «Каре», библиотека ЮУРГУ. 2007.
3. Выгчиков Ю.С., Беляков И.Г., Нохрина Е.Н. Исследование теплового режима обогрева бетонных конструкций при зимнем бетонировании // Естественные науки и техносферная безопасность. Сборник статей по материалам 72-й Всероссийской научно-технической конференции. 2015. С. 171-177.
4. Власов В.А., Малиновская Т.Д., Мелентьев С.В. Использование нанокomпозиционного токопроводящего покрытия в конструкции нагревательного элемента термоактивной опалубки // Материалы Первой Всероссийской научной конференции молодых ученых с международным участием. 2013. С. 377-379
5. Головнев С.Г. Зимнее бетонирование: этапы становления и развития // Вестник ВолгГАСУ. Серия «Строительство и архитектура». 2013. № 31(50) ч. 2. С. 529-534.

6.Золотухин С.Н., Горюшкин А.Н. Бетонирование при отрицательных температурах // Научный вестник ВГАСУ. Материалы 15-ой межрегиональной научно-практической конференции «Высокие технологии. Экология». 2012. С. 81-85.

7.Новиков С.О. Основные направления повышения эффективности возведения зданий из монолитного железобетона // Актуальные вопросы современной техники и технологии. Сборник докладов XXI-й международной научной конференции. 2015. С. 63-66.

References

1.Bulatov G. Ya., Generalized criteria for optimal selection of technologies and machines // magazine of civil Engineering. 2009. No. 1. Pp. 32-39.

2.Berkovich L. A. Organizational and technological support of winter concreting processes of civil buildings. Abstract // publishing house of advertising Agency “Kare”, library of SUSU. 2007.

3.Vytchikov Yu. S., Belyakov I. G., Nokhrina E. N. Investigation of thermal regime of heating of concrete structures during winter concreting // Natural Sciences and technosphere safety. Collection of articles on the materials of the 72nd all-Russian scientific and technical conference. 2015. Pp. 171-177.

4.Vlasov V. A., Malinovskaya T. D., Melentyev S. V. The use of nanocomposite conductive coating in the construction of the heating element of thermoactive formwork // Materials of the First all-Russian scientific conference of young scientists with international participation. 2013. Pp. 377-379

5.Golovnev S. G. Winter concreting: stages of formation and development // Vestnik VolgGASU. Series “Construction and architecture”. 2013. No. 31 (50) part 2. Pp. 529-534.

6.Zolotukhin S. N., Goryushkin A. N. Concreting at negative temperatures // Scientific Bulletin of VGASU. Materials of the 15th interregional scientific and practical conference ” High technologies. Ecology.» 2012. Pp. 81-85.

7.Novikov S. O. the Main directions of increasing the efficiency of the construction of buildings from monolithic reinforced concrete // Actual issues of modern technology and technology. Collection of reports of the XXI international scientific conference. 2015. Pp. 63-66.