РАЗДЕЛ I. ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

Николаенко Е.А., Чу-Сан-да В.А.

К вопросу технологии устройства монолитных стыков в каркасных зданиях при отрицательных температурах

*Иркутский национальный исследовательский технический университет
(Россия, Иркутск)*

doi:10.18411/spc-22-03-2019-01

idsp: sciencepublic-22-03-2019-01

Сборно-монолитная система не требует сложной оснастки для монтажа, исключает применение сварочных соединений, является быстромонтируемой и малотрудоемкой. Удельный расход железобетона составляет 0,12...0,15 м³/м² площади, что существенно ниже известных каркасных систем. Наиболее ответственным технологическим этапом является омоноличивание стыков при отрицательных температурах. От степени монолитности сопряжений зависит эксплуатационная надежность и долговечность зданий. Известно, что при контакте прогреваемой бетонной смеси с поверхностями сборных конструкций наблюдается эффект термодиффузии, который состоит в миграции влаги из бетонной смеси по направлению потока тепла [2]. Результатом такого процесса является миграция жидкой фазы к поверхностям омоноличиваемых конструкций, что приводит к снижению или полному исключению адгезии. По окончании прогрева и набора прочности бетоном между поверхностями сборных конструкций и участками омоноличивания образуется прослойка жидкой фазы, которая препятствует монолитности конструкций, снижая несущую способность. Таким образом, для получения равнопрочных стыков сборных конструкций и участков омоноличивания необходимо произвести, отогрев стыкуемых элементов. Требуемая глубина отогрева зависит от температуры окружающей среды и продолжительности работ, связанных с последующими операциями по установке опалубки, размещению теплоизоляции и других процессов. До укладки бетонной смеси требуется отогреть: участки колонны выше перекрытия и ниже положения ригелей; ригели и элементы многпустотного настила.

Рассмотрим процесс отогрева ригеля. В силу того, что его сечение значительно меньше длины, в качестве модели можно принять бесконечный стержень и считать, что его концы при отрицательных температурах окружающей среды не оказывают взаимного влияния друг на друга. Передача тепловой энергии осуществляется через торец стержня. В реальных условиях необходим отогрев не только торцевых элементов ригелей, но и колонн, а также узлов размещения плит перекрытий с опорами на ригели. Это требует более сложной модели исследований. Практический прием отогрева конструктивных элементов стыков состоит в устройстве теплоизолирующих штор на пролет здания с конвективным прогревом теплогенераторами. При этом процесс отогрева должен осуществляться на стадии полностью смонтированных элементов, дополнительного армирования и установки систем электропрогрева. Такое решение позволяет в одном технологическом цикле осуществить отогрев и укладку бетонной смеси с теплоизоляцией открытых поверхностей и прогревом до получения критической прочности бетона. Наиболее рациональным является отогрев конструкций после проведения работ по дополнительному армированию и укладки греющих проводов. Как правило, для каркасных систем продолжительность отогрева составляет 6...12 ч и зависит от температуры наружного воздуха и средств теплового воздействия (теплогенераторы, инфракрасные излучатели, тэны и др.) [4].

С минимальным перерывом производится укладка и уплотнение бетонной смеси с теплогидроизоляцией открытых поверхностей. Высокий модуль поверхности и малые объемы бетона омоноличивания требуют использования технологий, обеспечивающих плавный разогрев смесей со скоростью до $10\text{ }^{\circ}\text{C/ч}$, поддержание изотермического прогрева до получения 70 % прочности бетона и остывания, исключающих возникновение деструктивных процессов монолитных участков. Наиболее технологичным является прогрев бетонной смеси греющими проводами, при котором передача тепла происходит кондуктивно и все тепло, выделяемое нагревателями, передается бетонной смеси. В качестве нагревательных проводов используются стальные жилы с термостойким покрытием, выдерживающим температуру прямого воздействия до $100\text{ }^{\circ}\text{C}$. В последнее время нашли практическое применение неметаллические полимерные провода. Токопроводящая жила из полимерного композита закатывается в специальное полимерное покрытие с термостойкостью до $150\text{ }^{\circ}\text{C}$. Это позволяет отогревать стыкуемые элементы без опасения расплавления защитной полимерной оболочки и потери свойств изоляции [6]. Электрический расчет сводится к определению рабочего напряжения при минимально допустимой длине нагревателя и максимально допустимой для него мощности. Так, для прогрева бетонной смеси стыка колонн с ригелями сечением $30\times 30\text{ см}$ расчетная мощность составляет около $28\text{--}30\text{ кВт/м}^3$, что соответствует шагу проводов $4\text{--}5\text{ см}$ с погонной нагрузкой 40 Вт . Использование понижающих трансформаторов со ступенями от 40 до 130 В позволяет регулировать тепловую мощность проводов при изменении температуры среды. Принципиальные схемы размещения греющих проводов, отогрева стыков сборных элементов с использованием теплогенераторов, а также продолжительность набора прочности бетона при температурах изотермического прогрева при $45, 50$ и $55\text{ }^{\circ}\text{C}$ приведены на рис. 1

Рис. 1. Схема раскладки греющего провода. (1 – колонна, 2 – бетон омоноличивания, 3 – ригель, 4 – греющий провод, 5 – опалубка, 5 – коммутационный кабель, 7 – утеплитель)

Показано, что при температуре прогрева $55\text{ }^{\circ}\text{C}$ продолжительность набора 70 %-й прочности составляет $24\text{--}26\text{ ч}$, при $50\text{ }^{\circ}\text{C}$ — $46\text{--}48\text{ ч}$ и при $40\text{ }^{\circ}\text{C}$ — $60\text{--}65\text{ ч}$. Для омоноличивания стыков целесообразно использовать модифицированные высокоподвижные бетонные смеси на мелком заполнителе. Это обеспечивает хорошую заполняемость стыков и не требует интенсивного вибрационного воздействия. При выполнении работ на захватке или секции жилого дома разрабатываются технологические карты на омоноличивание стыков, где указывается технологическая последовательность производства работ, устанавливается трудоемкость процессов, производится расчет режимов отогрева и прогрева, исходя из прогнозируемой температуры, определяются средства тепловой защиты, температурный контроль и оценка физико-механических свойств твердеющего бетона неразрушающими методами. Результаты регистрации заносятся в журнал работ и учитываются при

составлении актов на скрытые работы [5]. Расчетными и экспериментальными данными установлено, что продолжительность работ по отоплению сборных конструкций узлов, бетонированию и прогреву смесей до получения критической прочности при температурах ниже -5°C увеличивает время монтажа каркасов на 40...60 %. При этом в 1,5...2 раза возрастает себестоимость работ. В этих условиях целесообразно смещать монтажный цикл на период с температурами, близкими к положительным, что позволяет организовать непрерывные поточные циклы монтажа и омоноличивания, исключив вероятность получения бракованных стыков.

Расчет параметров прогрева бетона стыков омоноличивания позволил учесть теплотехнические особенности стыка, характер его утепления, температуру наружного воздуха.

В ходе эксперимента исследованы технико-экономические параметры процессов омоноличивания узлов сборно-монолитного каркаса с применением греющих проводов. Экспериментальные параметры прогрева греющими проводами узла омоноличивания колонны и 2-х ригелей с утеплением и без утепления, представлены на рисунке (рис.2).

Рис. 2. Экспериментальные параметры прогрева греющими проводами узла омоноличивания колонны и 2-х ригелей (с утеплением и без утепления) (1 – прочность бетона в утепленном стыке, 2 – то же в не утепленном; 3 – температура бетона в утепленном стыке, 4 – то же в не утепленном; 5 – мощность греющего провода в утепленном стыке, 6 – то же в не утепленном; 7 – температура наружного воздуха)

Использование греющих проводов для прогрева бетона омоноличивания позволило обеспечить подвод тепла непосредственно бетону омоноличивания в необходимом объеме на всех стадиях выдерживания бетона и дало возможность регулировать скорость подъема температуры и остывания.

1. Гмыря А.И., Коробков С.В. Технология бетонных работ в зимних условиях. Томск : Изд-во ТГАСУ, 2011. 411 с.
2. Афанасьев А.А., Селищев К.С. Технологии омоноличивания стыков при возведении каркасных зданий // Вестник МГСУ. 2010. № 4. С. 34—38.
3. Афанасьев А.А., Минаков Ю.А. Оценка тепловых полей при ускоренных методах твердения бетона в монолитном домостроении // Сб. тр. Теоретические основы строительства. М., 1999. С. 16—22.