

ОПЫТ ПРИМЕНЕНИЯ ЯЧЕИСТЫХ БЕТОНОВ В СЕЙСМИЧЕСКИХ РЕГИОНАХ

Григорий Черноусенко*, Николай Любомирский**

*Фирма «Композит» (г. Воронеж, Россия)

**Национальная академия природоохранного и курортного строительства

Аннотация. Представлено использование неавтоклавного пенобетона в монолитном строительстве в условиях сейсмической опасности на примере экспериментального малоэтажного строительства. В результате реализации проекта достигнут высокий уровень экономической эффективности – себестоимость строительства не превышает 1000 грн/м².

Ключевые слова: ячеистый бетон, сейсмическая опасность, монолитное строительство.

ВВЕДЕНИЕ

В сейсмоопасных регионах к объектам строительства предъявляются особые требования, прежде всего в отношении конструкционной надежности и долговечности несущих элементов зданий и сооружений. Поэтому выбор соответствующих строительных материалов и технологий осуществляется с учетом этих специфических требований. Предпочтение отдается монолитным вариантам исполнения фундаментов, армопоясов, армодисков, перекрытий, колонн и т.п. из тяжелого бетона с тенденцией увеличения расхода арматуры и повышения класса бетонов.

Важным дополнением является снижение общей массы зданий за счет устройства ненесущих ограждающих стен из легких ячеистых бетонов (газосиликатных изделий, пеноблоков и др.)

ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ

Анализируя многолетний практический опыт строительства различных объектов на основе мелкозернистых поризованных бетонов, было сделано предположение, что этот материал может быть использован для малоэтажного строительства в условиях сейсмической опасности. Этот бетон, как новый композиционный материал на основе минеральных вяжущих (цемента, гипса, извести, полимерсиликатов и др.), можно легко приготавливать в различных смесителях не только в широком диапазоне плотностей $D = 200 - 2000 \text{ кг/м}^3$, но и достаточно просто достигать необходимых значений других эксплуатационных параметров: теплопроводность, влаго- и морозостойкость, прочность на сжатие, истираемость, а также модуль упругости и др. Важнейшим свойством этого материала является пассивирующая способность к металлам.

Любые предположения, гипотезы, теоретические и экспериментальные исследования требуют апробации в натуральных условиях. Поэтому были предприняты усилия по проверке технологических разработок в условиях Крыма, как региона с уровнем сейсмичности до 8 – 9 баллов по шкале Рихтера. Осенью 2008 года началось строительство трехуровневого жилого дома монолитным способом. Изготовление

пенобетонной смеси осуществлялось по новой технологии на оригинальном разработанном оборудовании.

МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЙ

Все элементы этого дома: фундамент, армопояс, несущие наружные и перегородочные стены, перекрытия, основа под полы, отмостка выполнены из мелкозернистых поризованных бетонов различной плотности и прочности. Основные проектно-конструкторские и технологические решения, реализованные на данном объекте.

Фундамент. На стройплощадке существовал незавершенный фундамент предполагаемого дома. Он был выполнен монолитным способом из тяжелого бетона и простоял около десяти лет. Обследование специалистами показало, что фундамент выполнен с целым рядом существенных нарушений технологии строительства и возводить на нем надземную часть дома просто нельзя. Вместо варианта разрушения этого фундамента и устройства нового с учетом всех требований проектировщиков, автор предложил вариант усиления, гидроизоляции и исправления геометрических размеров на основе технологий строительной системы «Монопор», разработанных учеными и специалистами г. Воронежа (Россия). Заглубив основание с учетом возможного промерзания грунта, засверливаясь арматурными стрежнями в скалу и заливая мелкозернистый поризованный бетон $D \sim 1800 \text{ кг/м}^3$ с обеих сторон существующих фундаментных стен, поставленную задачу удалось решить. Завершило эту часть дома устройство монолитного армопояса по объемному арматурному каркасу поризованным бетоном $D \sim 1600 \text{ кг/м}^3$. Дополнительная гидроизоляция наружных стен фундамента не проводилась, так как вследствие преобладания в объеме поризованного бетона сферических пор, то есть закрытой структуры, в отличие от капиллярных пор в обычных бетонах, обеспечивается достаточная гидроизоляция элемента конструкции дома, соприкасающегося с грунтом.

Несущие стены и перегородки. Возведение надземной части стен цокольного этажа осуществлялось монолитным способом поризованным бетоном $D = 1000 - 1100 \text{ кг/м}^3$ с использованием мелкощитовой металлической опалубки. Заливка выполнялась слоями высотой 0,5 м по всему периметру дома без длительных технологических перерывов (в течение одного рабочего дня), что исключает проявление дефектов от вертикальных щелей (трещин), которые обычно образуются при вертикальных отсечках и последующих заливках прилегающих массивов бетона.

Хорошая адгезия поризованного бетона к любым материалам (металл, кирпич, дерево, бетон и др.) дополняется процессами диффузии и гравитации, что обеспечивает хорошее сцепление верхнего слоя заливаемой стены с нижним. Для повышения сейсмостойкости несущих стен в соответствии с проектным решением вертикально устанавливалась арматурная сетка из проволоки диаметром 5 мм с ячейкой $200 \times 200 \text{ мм}$.

Проемы. Нагрузки в проемах окон и дверей воспринимались объемным арматурным каркасом (армобалки). На втором уровне дома эти элементы конструкции (над проемами) были реализованы в виде единого армопояса по всему периметру дома.

В перегородочных несущих стенах были выполнены каналы дымоходов и приточно-вытяжной вентиляции с использованием пластиковых труб требуемого

сечения путем вынимания их из каждого заливаемого слоя стены ($H = 0,5$ м). Качество поверхности в этих каналах удовлетворяет самым высоким требованиям проектировщиков.

Теплозащитные характеристики ограждающих стен дома (средняя плотность бетона 1000 кг/м^3 , толщина стены $\delta = 0,5$ м) в полной мере удовлетворяют региональным климатическим условиям. Поризованный бетон в диапазоне плотностей $900 - 1200 \text{ кг/м}^3$ имеет величины сопротивления теплопередаче, оптимально дополняемые параметром теплоемкости. К тому же стены, выполненные из такого материала, осуществляют влагообмен (паропроницаемость) внутренних помещений с окружающей средой не хуже деревянных («дышат»), вследствие преобладания закрытой структуры пор и общей однородности и изотропности массива бетона.

Поризованный бетон в диапазонах средней плотности $800 - 1600 \text{ кг/м}^3$ с добавлением в рецептуру клея ПВА из расчета $300 - 600 \text{ г/м}^3$ представляет собой штукатурную смесь с хорошей адгезией к различным материалам, высоким уровнем пластичности и с длительным диффузионным периодом ($8 - 10$ ч до начала схватывания). Такая смесь на цементном вяжущем может использоваться для оштукатуривания как внутренних, так и наружных стен здания. Нанесение на поверхность может быть произведено любым из известных в строительстве способом. Смесь не сползает с вертикальной стены даже при нанесении в один прием слоя толщиной до 3 см. Трещиностойкостью штукатурного слоя можно управлять путем затворения в смесь фибры различного качества и количества.

Перегородки, как правило, исполняют в диапазоне толщин $d_1 = 10$ см (кирпич на ребро), $d_2 = 12,5$ см (полкирпича), до $d_3 = 25$ см (кирпич). Такие стены не всегда удобно и порой не выгодно возводить монолитным способом. Их целесообразно выполнять из штучных строительных материалов. На нашем доме перегородки выполнены из стеновых блоков типоразмера $600 \times 300 \times 200$ мм и $600 \times 300 \times 100$ мм. Эти блоки были произведены в построечных условиях в металлических формах по литевой технологии из поризованного бетона с добавлением фибры ($200 - 300 \text{ г/м}^3$) плотностью $D_1 = 1000 \text{ кг/м}^3$ и $D_2 = 800 \text{ кг/м}^3$.

Следует отметить, что заливка блоков, как и всех элементов дома, производилась в любых сезонных и погодных условиях – осенью, зимой на морозе до минус 10°C , в снег, под дождем и др. При этом не применялись специальные противоморозные добавки, не осуществлялся традиционный уход за бетоном, а качество конструкций дома и штучных изделий оказывалось на требуемом уровне.

При проектировании перекрытий дома автор отошел от традиционных вариантов исполнения объемного арматурного каркаса и предложил свое решение по устройству монолитного перекрытия в виде сейсмического армодиска. Это решение представляет собой сочетание функций сетки в нижнем слое и ребер жесткости, нижний стержень которых работает совместно с сеткой в нижнем слое, а верхний стержень в верхнем слое перекрытия.

Была использована сетка из проволоки диаметром 5 мм с ячейкой 200×200 мм, изготовленная методом точечной сварки в заводских условиях до размера $1,5 \times 3$ м. Ребра жесткости были изготовлены в построечных условиях из рифленой арматуры $\varnothing 10$ мм верхний стержень и $\varnothing 12$ мм нижний стержень, соединенных на удалении (высота ребра жесткости) $h_1 = 120$ мм стойками высотой $h_2 = 130$ мм из проволоки $\varnothing 5$ мм с шагом $\ell = 250$ мм. Общая длина этих ребер выполнялась в соответствии с расстоянием между осями несущих стен. В нашем доме длина таких

пролетов для перекрытий составляла 6, 8 и 9,6 м. В зависимости от величины пролета расстояние между ребрами жесткости варьируется от 0,3 до 0,6 м.

С помощью пластиковых и деревянных бобышек обеспечивался не только необходимый зазор между арматурой и щитами опалубки, но и формировался выпуклый свод с перепадом до 40 мм между центром ребра жесткости и точками его опирания на несущие стены. Такое конструктивное решение дает эффект аналогичный действию напрягаемой арматуры в плитах перекрытий.

Вдоль осей, на которых размещены не несущие перегородки внутренних помещений и балконов, дома были установлены двутавровые балки, которые в массиве монолитного перекрытия выполняют функцию или защемленной балки, или усиливающей балки с опиранием на две несущие стены.

Для опирания перекрытия под террасы были выполнены колонны сечением 300×300 мм высотой $H = 3$ м с объемным арматурным каркасом, монолитной заливкой поризованным мелкозернистым бетоном $D \sim 1600 \text{ кг/м}^3$. Заливка первых пяти колонн осуществлялась в два этапа слоями по $H=1,5$ м, а четырех последующих колонн в один этап сразу на высоту $H=3$ м. В обоих случаях расслоение по высоте у колонн не наблюдалось, а опалубка обеспечила необходимую герметичность и деформационную жесткость к распирающим нагрузкам свежесозданного бетона. Нагружались колонны заливкой монолитного перекрытия уже через неделю после их отливки. Никаких внешних дефектов (сколов, трещин, вздутий) в массиве бетона этих колонн не наблюдалось. Регистрировалась повышенная динамика набора прочности в верхней части колонн по сравнению с нижележащими слоями вследствие преобразования статической нагрузки в энергию противодействующей кристаллической структуры формирующегося бетонного камня.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

В соответствии с новым технологическим решением, предложенным авторами, заливка монолитного перекрытия производилась в три слоя (рис. 1):

– первый – высотой $H_1=7$ см, плотностью $D_1=1600 \text{ кг/м}^3$; второй – $H_2=7$ см, $D_2 = 750 - 800 \text{ кг/м}^3$; третий – $H_3 = 6 - 8$ см, $D_3 = 1000 \text{ кг/м}^3$.

Таким образом, средняя удельная плотность бетонного массива перекрытия составила $1100 - 1200 \text{ кг/м}^3$, что в два раза легче, чем при заливке обычными тяжелыми бетонами. Это обеспечивает возможности значительного снижения расхода арматуры при расчетах и устройстве перекрытий. К тому же перекрытие обладает улучшенными характеристиками по звуко- и теплоизоляции.

Технологичность выполнения работ по предложенному проектному решению позволяет достигать высокой производительности и качества работ. Для перекрытия, исполненного таким образом, может не потребоваться оштукатуривание и выравнивание потолков, а также последующая заливка выравнивающей основы под полы.



Рис. 1. Монолитная пенобетонная трехслойная плита перекрытия
Fig. 1. Monolithic sudsconcrete the three-layered flag of ceiling

Помимо материаловедческих и технологических показателей достигнутых на опытно-экспериментальном объекте с использованием предложенных технологий строительства, важнейшей составляющей эксперимента было подтверждение высокого уровня экономической эффективности. Наиболее точным и достаточно полным показателем следует считать достигнутый уровень себестоимости выполнения общестроительных работ. Затраты на устройство перекрытия составили около 500 грн/м², а в расчете на 1 м² общей площади дома не превысили 1000 грн/м². Эти затраты включают расходы на приобретение сырья (песок, цемент, добавки), рабочего инструмента, зарплату бригады и частичную амортизацию закупленного технологического оборудования.

ВЫВОДЫ

Высокая экономическая эффективность строительства по предложенным технологиям обусловлена применением принципа минимизации набора элементов и длины технологической цепочки по превращению исходного сырья (цемент, песок, вода, воздух, добавки) в готовую строительную продукцию в построечных условиях.

Полученные результаты позволяют сделать вывод, что себестоимость выполнения практически всех общестроительных работ можно уложить в диапазон 0,5 – 1,0 доли от стоимости 1 т цемента.

EXPERIENCE OF APPLICATION OF CELLULAR CONCRETES IN SEISMIC REGIONS

Grigory Черноусенко, Nikolay Lyubomirskiy

Summary. The use of non autoclave cured foam concrete in monolithic building in the conditions of seismic danger on the example of experimental small-storey building is represented. As a result of realization of project the high level of economic efficiency is attained is the prime price of building does not exceed 1000 UAH/m².

Key words: cellular concrete, seismic danger, monolithic building.