

Сумин Александр Сергеевич

начальник лаборатории

ООО «Лаборатория инноваций»

аспирант

ФГБОУ ВО «Иркутский национальный
исследовательский технический университет»

г. Иркутск, Иркутская область

ЛЕГКИЙ САМОУПЛОТНЯЮЩИЙСЯ БЕТОН – БУДУЩЕЕ МОНОЛИТНОГО ДОМОСТРОЕНИЯ

Аннотация: статья посвящена перспективе монолитного домостроения, а точнее перспективе использования легкого самоуплотняющегося бетона, который объединяет в себе важнейшие положительные свойства, такие как пониженная материалоемкость и вес конструкции, высокая прочность и низкая теплопроводность, благодаря которым монолитное строительство выйдет на новый уровень качества, экономичности и эффективности использования сырья.

Ключевые слова: легкий самоуплотняющийся бетон, монолитное домостроение, технологии, перспективы, конструкции, строительство, характеристики, недостатки, изучение.

В ближайшие годы возможность роста объемов строительства в России может быть достигнута за счёт повышения технологий в монолитном строительстве. Очевидно, что в настоящее время альтернативы монолитному строительству нет, с точки зрения стоимости. Также монолитный бетон удобен и тем, что из него можно возводить конструкции различной конфигурации с широким спектром архитектурно-планировочных решений. Монолитные сооружения более устойчивы к сейсмическим воздействиям.

В монолитном бетонировании, как правило используется тяжелый бетон, т. к. не возникает проблем с его уплотнением и достижением высоких прочностных показателей. Однако использование тяжелых бетонов в монолитном строительстве приводят:

- к большому весу конструкций;
- к повышению материалоемкости;
- к увеличению ручного труда и человеческого фактора при механическом уплотнении;
- к высокой теплопроводности.

Учитывая перспективы дальнейшего применения монолитного бетона как массового конструкционного материала, особую актуальность приобретают разработки с дальнейшим получение бетона, который бы в относительной степени не имел выше перечисленные недостатков.

Анализ мирового опыта показал, что решением проблем является комплексное использование легких бетонов нового поколения. Под понятием «комплексное использование» подразумевается не только использование легких бетонов в ограждающих конструкциях, но и в несущих, т. е. полное их использование в конструктивной системе зданий и инженерных сооружений в целом. В частности, модификация структуры легких бетонов значительно расширяет область их применения за счет основных преимуществ в сравнении с равнопрочными тяжелыми бетонами.

При оценке эффективности применения монолитного легкого бетона в зданиях, принимается во внимание снижение массы конструкций до 2 раз и соответственно снижение нагрузки на фундамент тем самым существенно сокращает расход арматуры, что сильно снижает материалоемкость конструкций, а низкая теплопроводность может снизить расходы на утепление и дать возможность уменьшить сечение ограждающих конструкций. Эффективность применения легкого бетона в дорожной сфере, в частности пролетных строениях мостов, определяется прежде всего отношением собственного веса этих конструкций к общим расчетным нагрузкам.

Применение монолитного конструкционного легкого бетона весьма эффективно, но во время механического уплотнения, возможность расслоения на много выше чем у тяжелого бетона, а заливка небольшими частями скажется на сроках строительства. Тем самым появляется необходимость к применению бетонных

смесей, не требующие принудительного уплотнения при укладке без потери качества, то есть применение легкого самоуплотняющегося бетона (ЛСУБ). Технология таких смесей изучена слабо и масштабного использования этого материала в России не ведется. Известный факт, что для создания такой смеси необходимо использование особого вида пластификаторов и учитывать ряд особенностей, касающихся методик подбора составов, особенностей приготовления, транспортировки, укладки, специфики испытаний реологических свойств смесей и др., все это сказывается на высокую себестоимость ЛСУБ, но все же можно отметить возможность комплексного экономического эффекта при применении таких технологий. Тем не менее, российский строитель с осторожностью относится к данной технологии, так как и статистически обоснованных данных о деформационных свойствах затвердевшего ЛСУБ все еще недостаточно.

Можно отметить что технология ЛСУБ достаточно перспективна и ее развитие способна изменить культуру монолитного домостроения.

На данный момент в России пока нет нормативов, в которых имеется классификация и описаны методы диагностики самоуплотняющихся бетонных смесей, что приводит к необходимости использования соответствующих документов, разработанных в Европе [1].

В зависимости от способа обеспечения стойкости к расслаиванию и водоотделению выделяют два основных типа самоуплотняющихся бетонных смесей:

- мелкодисперсный тип (значительное увеличение содержания мелкодисперсной фракции по сравнению с обычным бетоном);
- стабилизаторный тип (использование стабилизирующих добавок).

Мелкодисперсные заполнители увеличивают стойкость самоуплотняющегося бетона к расслаиванию и снижают блокирование движения бетонной смеси при ее протекании в густоармированных конструкциях. Это известняковые порошки, молотый доменный шлак, зола-унос или кремнистые уносы.

Стабилизирующие добавки или модификаторы вязкости бетонной смеси позволяют достичь оптимальной вязкости, обеспечивая правильный баланс

между подвижностью и стойкостью к расслаиванию – противоположными свойствами, проявляющимися при добавлении воды. При добавлении стабилизирующей добавки на поверхности цементных частиц образуется устойчивый микрогель, что обеспечивает создание «несущего скелета» в цементном тесте и предотвращает расслаивание бетонной смеси. При этом образующийся «несущий скелет» позволяет заполнителю (песок и щебень) свободно перемещаться и тем самым удобоукладываемость бетонной смеси не изменяется [2].

Начиная с 2014 г. нами выполняются экспериментальные исследования, необходимые для разработки современных научно обоснованных и экономически эффективных организационно-технологических решений, основанных на использовании самоуплотняющихся бетонных смесей при возведении сборно-монолитных зданий, в том числе в зимних условиях. Объектом первоначального этапа данных исследований принят самоуплотняющийся бетон стабилизаторного типа с различными дозировками пластифицирующих и стабилизирующих добавок, а предметом – показатели удобоукладываемости и прочностные характеристики.

С целью получения математических зависимостей изучаемых параметров и их статистического анализа использовалось математическое планирование эксперимента. Значимыми факторами были приняты:

- дозировка пластифицирующей добавки в бетонной смеси, % от массы цемента: 0.8, 1.0, 1.3;
- дозировка стабилизирующей добавки в бетонной смеси, % от массы цемента: 0.05, 0.1, 0.15, 0.3.

В качестве пластифицирующей была выбрана добавка Реламикс ПК на основе поликарбоксилатного эфира.

Исследования проводились на образцах размером 100 x 100 x 100 мм, изготовленных из бетонной смеси состав, которой приведен в таблице 1.

Таблица 1

Материал	Состав 1	Состав 2	Состав 3	Состав 4	Состав 5
Цемент, кг	300	300	350	350	380

Минеральный порошок, кг	255	0	180	180	180
Зола, кг	0	255	55	25	0
Микрокремнезем, кг	0	0	0	35	38
Песок, кг	690	690	670	670	670
Керамзит 5–10, кг	255	255	255	255	255
Реламикс ПК, кг	1,5	1,7	1,7	1,7	1,7
Вода, кг	300	300	290	290	290

После приготовления бетонной смеси для каждой серии определялись показатели удобоукладываемости смеси, далее образцы формовались без вибровибрации и выдерживались в камере нормального хранения при требуемых температурно-влажностных условиях.

В ходе эксперимента контролировались следующие параметры: диаметр расплыва конуса, общее время расплыва бетонной смеси, а также абсолютная и относительная скорость набора прочности бетона на сжатие в различном возрасте: 1 сутки, 3 суток, 7 суток, 14 суток, 28 суток.

Проанализировав данные, можно сделать вывод, что при некоторых сочетаниях дозировок пластифицирующей и стабилизирующей добавок наблюдается расслаивание и водоотделение бетонной смеси.

Это объясняется тем, что для достижения оптимальной вязкости необходимо обеспечивать правильный баланс между подвижностью и стойкостью к расслаиванию бетонной смеси. Повышение дозировки пластифицирующей добавки при неизменном количестве стабилизатора и нормальной стойкости к расслаиванию самоуплотняющейся бетонной смеси приводит к значительному увеличению расплыва конуса от 550 до 607 мм. Напротив, повышение дозировки стабилизирующей добавки при неизменном количестве пластификатора и нормальной стойкости к расслаиванию самоуплотняющейся бетонной смеси приводит к незначительному уменьшению расплыва конуса от 560 до 550 мм. Изменение дозировок пластифицирующей и стабилизирующей добавок в самоуплотняющихся бетонных смесях практически не влияет на время t_{500} , характеризующее вязкость. Таким образом, полученные в ходе экспериментов самоуплотняю-

щиющиеся бетонные смеси в соответствии с классификацией, представленной в таблице 1, можно использовать при устройстве неармированных или низкоармированных бетонных конструкций, таких как плиты перекрытий, трубопроводы, облицовки туннелей, фундаменты.

Пластифицирующие добавки оказывают значительное влияние на прочностные характеристики бетона. Повышение дозировки пластифицирующей добавки при неизменном количестве стабилизатора и нормальной стойкости к расслаиванию самоуплотняющейся бетонной смеси приводит к значительному увеличению абсолютной прочности и незначительному уменьшению относительной прочности бетона на сжатие. Напротив, повышение дозировки стабилизирующей добавки при неизменном количестве пластификатора и нормальной стойкости к расслаиванию самоуплотняющейся бетонной смеси приводит к незначительному уменьшению прочностных характеристик бетона.

Исходя из анализа показателей удобоукладываемости бетонной смеси и соответствующих прочностных характеристик бетона, можно констатировать, что существует определенное соотношение дозировок пластифицирующей и стабилизирующей добавок, при котором достигаются оптимальные параметры удобоукладываемости самоуплотняющейся бетонной смеси и прочностные характеристики бетона. Так, оптимальные составы самоуплотняющихся бетонных смесей приведены в строках 2 (класс бетона по прочности на сжатие В30), 7 (класс бетона по прочности на сжатие В35), 12 (класс бетона по прочности на сжатие В40).

Получение высокопрочного ЛСУБ с суперпластификаторами (СП) связано с преодолением трех противоречивых факторов – обеспечением высокой текучести бетонной смеси, исключением расслаиваемости ее и достижением высокой прочности бетона 25 МПа и более. Оптимальная реология самоуплотняющихся бетонных смесей должна обеспечивать расплыв обратного конуса не менее 55–60 см во время заливки. Наилучшие результаты по реологии обеспечивает заполнитель крупной фракции от 5–15 мм. Высокая текучесть бетонной смеси, требует создания не только специфической структуры смеси, но и особой топологии. Традиционная структура бетонной смеси предполагает компактную, наиболее

плотную упаковку зерен щебня нескольких фракций. Для этого требуется заполнить вмешающие пустоты в крупной фракции щебня средними зернами второй фракции, а во вмешающие пустоты, образованные совокупностью зерен двух фракций, разместить зерна мелкой фракции крупного заполнителя (принцип непрерывной гранулометрии). Те же принципы заложены в гранулометрию песка. С позиций реологии такие плотноупакованные зернистыми заполнителями смеси имеют высокое трение при течении в стесненных условиях и не превращаются при наличии минимума воды в гравитационно-растекающиеся системы. Реологической матрицей для них, обеспечивающей свойства упруго-вязкого пластического тела, является цементное тесто, увеличение доли которого для обеспечения текучести связано с повышением расхода цемента и ухудшением экономики производства бетона.

Список литературы

1. The European guidelines for self-compacting concrete: specification, production and use. UK, 2005.
2. Технический каталог по добавкам в бетон концерна BASF. – М., 2009.
3. Современные строительные технологии: Монография / Под ред. С.Г. Головнева. – Челябинск, 2010.
4. Мозгалев К.М. Самоуплотняющиеся бетоны: возможности применения и свойства / К.М. Мозгалев, Головнев С.Г. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://fan5.ru/fan5-docx/doc-195855.php> (дата обращения: 15.06.2017).