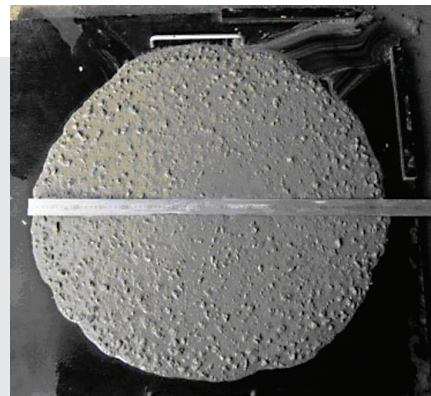


САМОУПЛОТНЯЮЩИЕСЯ БЕТОНЫ. РЕАЛЬНОСТЬ И ПЕРСПЕКТИВЫ

Самоуплотняющийся бетон (СУБ) – это бетон, который без воздействия дополнительной внешней уплотняющей энергии самостоятельно, под действием собственной тяжести и за счёт высокой подвижности течёт, освобождается от содержащегося в нём воздуха и полностью заполняет пространство опалубки, в том числе между арматурными стержнями. При этом объём пор в СУБ не больше, чем в обычном бетоне.



История СУБ началась в Японии в 1990 г. Там профессор Хаймой Окамурой было создано и внедрено в практику новое поколение добавок к бетону – высокоэффективные добавки (гиперпластификаторы) на базе полиакрилата и поликарбоксилата. Использование этих добавок совместно с повышенным количеством (по сравнению с традиционным цементобетоном) мелких пылевидных частиц - микронаполнителей (микрокремнезём, различные золы, молотые граншлак или известняк и др.) дало возможность получить СУБ [1].

С использованием СУБ в Японии был построен ряд уникальных сооружений, среди которых, например, открытый в 1998 г. мост Акаши-Кайкё (центральный пролёт 1991 м и две секции по 960 м).

Благодаря своим свойствам и преимуществам СУБ получил широкое распространение в Западной Европе. Дальнейшее активное развитие и изучение этих бетонов происходило, главным образом, в Германии. После тщательного изучения свойств СУБ в Институте строительных исследований в г. Аахен в 2000-2001 гг под руководством профессора Вольфганга Брамесхубера, были созданы предпосылки для официального допуска и распространения этого материала по всей Европе. Исследования в Аахене показали, что прочность при сжатии СУБ, как правило выше, чем обычного «вибрируемого» бетона (с одинаковым расходом цемента), а прочность на раскалывание, усадка и ползучесть – такие же. Модуль упругости этих бетонов на 10-15 % ниже – вследствие повышенного содержания мелких частиц и пониженного крупного заполнителя.

Последним аргументом в пользу широкого распространения СУБ в Западной Европе было создание в Берлине Немецким комитетом по железобетону в ноябре 2003 г. нормативного документа [2]. В этом документе подробно изложены термины и связи с другими европейскими норма-

тивными документами по строительству, а также методы диагностики СУБ.

В 2004 г. организован Технический комитет 205-DSC «Долговечность самоуплотняющегося бетона», председателем которого является профессор Шуттер.

Рецептура самоуплотняющейся бетонной смеси весьма существенно отличается от состава обычной смеси. Первым отличием является принципиально другой подход к соотношению и гранулометрии заполнителей. Второе отличие заключается в обязательном присутствии в смеси микронаполнителей.

Диаметр распыла конуса при истечении бетонной смеси (подвижность) из стандартного конуса Абрамса – более 50 см. Для удобства наполнения конус переворачивают. При такой высокой подвижности смесей порошкообраз-

ный минеральный наполнитель уменьшает вероятность расслоения. При этом повышению водопотребности смеси из-за высокой удельной поверхности микронаполнителя препятствует высокий пластифицирующий эффект гиперпластификатора.

СУБ позволяет повысить производительность бетонных работ, при этом ускорить укладку бетона (сокращая численность рабочих на укладке) и обеспечить лёгкое протекание бетонной смеси через густоармированные участки. Высокая подвижность и стойкость к расслоению таких смесей гарантирует однородность, минимальный объём пор, хорошее качество поверхности.

В России СУБы начали производиться сравнительно недавно. Данный тип бетонов был успешно применён при сооружении ростверка пилона моста (около 20 000 м³) на острове Русский; при производстве мостовых балок на заводах и полигонах Мостотреста; при изготовлении буронабивных свай в г. Санкт-Петербург и др. Однако, широкого применения в нашей стране СУБ пока не нашёл. По мнению авторов, факторами, препятствующими



Составы бетонных смесей и кинетика прочности бетонов при сжатии

N п.п.	Состав бетонной смеси, кг/м ³					Дозировка добавки, л/м ³	Р.К., см	Средняя плотность смеси, кг/м ³	Предел прочности бетона при сжатии, нормальное твердение, в возрасте, сут			
	Ц	МН	П	Щ	В / ВЦ				2	7	28	180
1	403	182	752	908	177/0,44	5,0	50	2427	40,7	62,4	70,2	79,5
2	297	277	800	807	196/0,66	4,0	43	2381	16,2	33,6	44,2	46,4
3	349	150	962	763	176/0,50	4,7	49	2405	30,8	54,8	66,4	68,3
4	348	148*	959	761	179/0,51	4,7	53	2400	27,9	53,0	60,6	64,5

распространению СУБ на стройках России, являются:

1. Снижение себестоимости производства бетонных работ за счет отказа от вибрирования конструкций – в условиях России, как показывает практика, на сегодняшний момент – довольно спорный вопрос. Изготовление данной бетонной смеси, транспортировка и приемка на объекте достаточно ответственный процесс и требует присутствия дополнительного количества сотрудников лаборатории, руководителей среднего, а иногда и высшего звена.

2. При производстве на БСУ необходимо иметь отдельные силоса для тон-комолотых материалов (зола-уноса, шлак, каменная мука и др.), бункера для щебня более мелкой фракции и меньшей лещадности, а также песка.

3. СУБ отличаются низким В/Ц, поэтому влажность заполнителей имеет большое значение.

4. Особую роль играет качество опалубки. Поверхность должна быть идеальной (иначе образуются значительные каверны на боковых поверхностях изделий), необходимо применение соответствующей смазки.

5. Качество применяемых материалов (цемента, минеральных добавок, щебня, песка, хим. добавок) для данных бетонных смесей имеет особое значение. Самоуплотняющаяся смесь более, чем традиционная, чувствительна к характеристикам составляющих, при их отклонении от заданных она может превратиться в расслоенную субстанцию.

Перечисленные выше замечания вытекают из опыта работы производственных предприятий, находящихся под контролем Мостовой инспекции.

Для демонстрации возможностей СУБ приводим некоторые составы и основные строительно-технические свойства бетонных смесей и полученных из них бетонов. Смеси изготавливались в лабораторных условиях с использованием имеющихся заполнителей.

В работе были использованы:

1. Портландцемент ПЦ 500-Д0-Н производства Мальцовского цементного завода – ГОСТ 10178. Активность 47,3 МПа.

2. Песок кварцево-полевошпатовый Мкр. = 2,3 – ГОСТ 8736.

3. Щебень гранитный фр. = 5...20 мм (максимальный размер зёрен -25 мм), содержание лещадных частиц 21 % – ГОСТ 8267.

4. Микронаполнитель – мука известняковая доломитовая – ГОСТ 14050. Удельная поверхность исходной муки – 245 м²/кг, истинная плотность – 2500 кг/м³. Мука активировалась в дезинтеграторе для лабораторных исследований типа М-АВР. После домолы удельная поверхность возросла до 295 м²/кг.

5. Добавка-гиперпластификатор – Sika Viscocrete – 20 Gold – в виде товарного раствора.

Из указанных выше материалов в лабораторном бетоносмесителе принудительного перемешивания объёмом 50 л приготавливались бетонные смеси. После перемешивания смеси разливались в формы-кубы размером 10x10x10 см. Твердение образцов происходило в нормальных условиях (температура (20±3)°C и относительная влажность воздуха (97±3)%).

Составы бетонных смесей и прочностные характеристики полученных бетонов представлены в табл.1.

Из данных табл.1 следует:

1. Расход известняковой муки в бетонных смесях не должен превышать 200 кг/м³ (во избежание увеличения водопотребности).

2. В присутствии гиперпластификатора образуется иная, менее дефектная структура цементного камня. Представленные результаты говорят о значительном превышении прочности бетонов при сжатии по сравнению с прочностью, ожидаемой в соответствии с известной формулой Болломея-Скрамтаева. По мнению авторов, согласующемуся с мнением специалистов РХТУ им. Д.И. Менделеева, в данном случае происходит изменение морфологии кристаллогидратов в сторону образования большего количества мелкодисперсных фаз, уплотняющих структуру цементного камня и бетона.

3. Несмотря на некоторое несоответствие характеристик использованного в данном эксперименте крупного заполнителя требованиям, обычно предъявляемым к щебню для СУБ (лещадность, максимальная крупность зёрен),

* - в данном замесе была использована неактивированная доломитовая мука.

удалось получить самоуплотняющиеся бетоны хорошего качества. Бетонные смеси всех представленных составов не имели водоотделения.

Серии образцов состава №1 были испытаны на морозостойкость. Испытания проведены по третьему

ускоренному методу ГОСТ 10060. В результате установлено, что марка бетона по морозостойкости, приведённая ко второму базовому методу – F150(II). Испытания дилатометрическим методом привели к аналогичному результату. Полученные данные свидетельствуют о перспективности применения СУБ не только в бетонах общестроительного назначения, но и в транспортном строительстве (при оптимизации составов бетонов и содержания вовлечённого воздуха).

В ЗАКЛЮЧЕНИЕ СЛЕДУЕТ ОТМЕТИТЬ:

Самоуплотняющиеся бетоны являются новым, весьма перспективным видом цементных бетонов. Однако, для адаптации данной технологии к условиям Российской Федерации, необходима серьёзная работа по изучению различных минеральных наполнителей (золы, молотые шлаки и известняк, микрокремнезём и др.) в качестве микронаполнителей в СУБ с исследованием комплекса основных строительно-технических свойств бетонов – прочности при различных видах нагружения; деформаций усадки и ползучести; модулей упругости; морозостойкости; выносливости (для транспортных сооружений). Одновременно необходимо разработать (или найти поставщиков) подходящую для СУБ опалубку и смазки.

В настоящее время в РФ среди большинства предприятий, производящих СУБ, наблюдается тенденция – засекречивать всё, что связано с данным производством.

Для всестороннего изучения и широкого внедрения СУБ в строительное производство в нашей стране необходима соответствующая программа с достаточным финансированием.

Список использованной литературы

1. Okamura H., Ouchi M. Self-Compacting Concrete // Advanced Concrete Technology, 2003, vol.1, No1.
2. Dafstb-Richtlinie Selbstverdichtender beton (SVB- Richtlinie).

Ефимов С.Н., Суханов М.А. – МАДИ; Глубоков Е.В., Тарасова А.Ю. – Мостовая инспекция.