Строительство уникальных зданий и сооружений. ISSN 2304-6295. 11 (38). 2015. 106-118

Construction of Unique Buildings and Structures

journal homepage: www.unistroy.spb.ru

Литые и самоуплотняющиеся бетонные смеси

М.В. Комаринский[1], С.И. Смирнов[2], Д.Е. Бурцева[3]

ФГАОУ ВО «Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого», 195251, Россия, Санкт-Петербург, Политехническая ул., 29.

Информация о статье	История	Ключевые слова
УДК 693.542.4	Подана в редакцию 3 сентября 2015	добавка; гиперпластификатор; бетононасос; литая бетонная смесь; самоуплотняющаяся бетонная смесь; суперпластификатор; воздухо-вовлекающая безвибрационная технология укладки; густоармированные конструкции;

АННОТАЦИЯ

В статье представлены исследования влияния комплексной добавки на основе суперпластификатора С3 на удобоукладываемость бетонной смеси обычного состава, получения нерасслаивающейся бетонной смеси литой консистенции для безвибрационной укладки. Также проведен анализ использования новых на данном этапе развития - самоуплотняющихся бетонных смесей, за рубежом и в России. В статье представлено сравнение самоуплотняющихся бетонных смесей с литыми бетонными смесями, которые могут быть схожи с самоуплотняющимися, и сделан вывод о пересечении области использования смесей с возможной заменой самоуплотняющихся смесей литыми, как наиболее экономичными.

Содержание

1. Введение 107
2. Обзор литературы 107
3. Цель работы 107
4. Исследования литых бетонных смесей модифицированных пластифицирующе-воздухововлекающей добавкой ЛХД 107
5. Самоуплотняющиеся бетонные смеси 110
6. Состав самоуплотняющегося бетона 111
7. Экономическое сравнение ЛБС с СУБС 112
8. Заключение 113

1 *Контактный автор:*
+7(812)297-59-49, komarin@cef.spbstu.ru (Комаринский Михаил Викторович, к.т.н.)
2 +7(981)7317162, smirnovsta@mail.ru (Смирнов Станислав Игоревич, студент)
3 +7(981)1815043, marengosapphire@gmail.com (Бурцева Диана Евгеньевна, студент)

1. Введение

Понятие “литые бетонные смеси” (ЛБС) появилось в начале 70-80-х годов, когда стали применяться сначала пластифицирующие, а потом и суперпластифицирующие химические добавки, воздействующие на цемент и позволяющие резко разжижать бетонную смесь до литой консистенции. Такие смеси нашли свое применение в густоармированных, тонкостенных и в труднодоступных элементах конструкций [1, 2]. А с использованием бетононасосов, получила свое развитие бетононасосная технология бетонирования, в частности напорная [3, 4].

В конце 80-х годов, благодаря исследованиям японского ученого Х. Окамуры, в технологии приготовления бетонных смесей выделилось направление – самоуплотняющиеся бетонные смеси (СУБС). Такой бетон отличается от обычного по составу, так и по свойствам. Отличие состоит в соотношении материалов и в использовании специальных эффективных добавок минерального и химического происхождения, за счет которых можно получить бетоны текучей консистенции, а после твердения повышенной прочности. К недостаткам можно отнести большую стоимость и малую пока изученность влияния гиперпластификаторов на цемент после отвердевания бетона с течением продолжительного времени эксплуатации.

В Японии около 50% новых железобетонных конструкций изготовляется из СУБС. В Европе на долю СУБС приходится 7-10% объема производимого бетона. В России данная технология слабо распространена, хотя и здесь имеются примеры успешной ее реализации [5, 6]. В последние десятилетия в России были построены такие уникальные сооружения как: монолитный ростверк пилона М-7 Русского моста во Владивостоке, фундамент под высотный многофункциональный комплекс “Лахта-центр”, бетонирование опытных блоков Саяно-Шушенской и Бурейской ГЭС, здание реактора ЛАЭС-2, кольцевые коридоры реактора НВАЭС и др.

2. Обзор литературы

В России вопросами реологии литых бетонных смесей и водоудерживающей способности изучались академиком А.П.Ребиндером, Б.Г.Скрамтаевым, И.Гайе, И.Н.Ахвердовым, Ф.М.Ивановым, Ю.М.Баженовым, В.Г.Батраковым, И.М.Грушко, К.Н.Кимом, Ю.М.Красным, Л.Н.Файтельсоном и др. Самоуплотняющиеся бетонные смеси пока не имеют широкого применения из-за сложностей в организации производства такого бетона и полного отсутствия развитой нормативной базы. Распространению их в России и странах СНГ способствуют исследования таких российских ученых: Несветаева Г.В., Калашникова В.И., Каприелова С.С., Ваучского М.И., Головнева С.Г., Болотских О.Н. и др.

Среди зарубежных авторов, работающих в этой области, можно выделить таких ученых как Х. Окамура, К. Маекава, К.Озава.

В публикациях [7-16] исследуются основные свойства самоуплотняющихся бетонных смесей и бетона, показано основное оборудование для диагностики СУБС.

Информация о добавках на основе поликарбоксилата, которые применяются при производстве самоуплотняющихся бетонных смесей, рассмотрена в публикациях [17-19]. В этих источниках приведены химические свойства поликарбоксилатов, их воздействие на бетонную смесь, достоинства и недостатки применения добавок, а также перспективы использования в строительстве зданий и сооружений.

В статьях [20-22] приведена информация о применении суперпластификатора С-3 для литых бетонных смесей.

В публикациях [9, 23] показаны примеры применения самоуплотняющегося бетона на строительных площадках Японии, Европы и России.

3. Цель работы

Целью является развить научные представления в области разработки и применимости литых и самоуплотняющихся бетонных смесей при строительстве уникальных зданий и сооружений, за счет исследования свойств удобоукладываемости и сопоставления технологических свойств, литых и самоуплотняющихся бетонных смесей

4. Исследования литых бетонных смесей модифицированных пластифицирующе-воздухововлекающей добавкой ЛХД

В Российском ГОСТ [30] бетонные смеси подразделяются на марки по удобоукладывоемости в соответствии с таблицей 1.

Таблица 1. Марки по расплыву и осадке конуса

Марки по расплыву конуса		Марки по осадке конуса	
Марка	Расплыв конуса, см	Марка	Осадка конуса, см
Р1	Менее 35	П1	1-4
Р2	35-41	П2	5-9
Р3	42-48	П3	10-15
Р4	49-55	П4	16-20
Р5	56-62	П5	Более 20
Р6	Более 62		

В большинстве случаев, специалисты, к литым бетонным смесям относят бетонные смеси с расплывом конуса с маркой Р5 и более и ОК=24см и более П5.

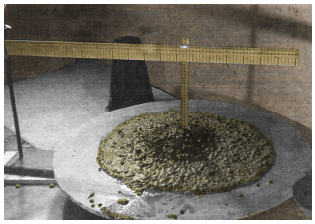
Экспериментальная часть исследований проводилась в лаборатории кафедры.

При добавлении комплексных химических добавок, которые включают суперпластификатор, могут быть получены (без увеличения расхода цемента) нерасслаивающиеся литые бетонные смеси, приближающиеся по пластическим свойствам к самоуплотняющимся, но менее дорогие [24, 25]. Такие смеси рекомендуется укладывать с помощью напорной технологии бетонирования, в стесненных условиях, а также при бетонировании тонкостенных и густоармированных конструкций [26-30, 32]. Укладка таких смесей может позволить значительно уменьшить затраты труда, повысить производительность и на этой основе получить экономический эффект при одновременном повышении качества строительства и улучшения условий труда.

Для регулирования свойств бетонной смеси и бетона применяются химические добавки, как по отдельности, так и совместно, получая при этом высокоэффективные бетоны. Применение комплекса химических добавок позволит контролировать несколько параметров материала, подавлять побочные эффекты.

Влияние воздухововлекающей поверхностно-активной добавки на характеристики бетонной смеси (подвижность, связность, воздухововлечение) исследовалось нами при трех расходах цемента ЦЕМ I 42,5Н производства ЗАО «Пикалевский цемент» (280, 340 и 400 кг/м3) и трех дозировках добавки суперпластификатора марки С-3: 0,4; 0,6 и 0,8 %. Добавки вводились в бетонную смесь совместно вместе с водой затворения. Содержание добавок указано в процентах от массы цемента в расчете на сухое вещество добавки. Подвижность бетонной смеси характеризовалась осадкой нормального конуса и диаметром его расплыва. Водоотделение и раствороотделение определяли по стандартной методике [30], а воздухововлечение замерялось прибором С196 производства Matest и проверялось расчетным способом.

а) С-3=0,8%+ЛХД=0,05%



ОК=23см; D=57 см

б) С-3=0,8%+ЛХД=0,1%;

ОК=18,5см; D=39 см

в) С-3=0,8%+ЛХД=0,05%

ОК=22,5см; D=50 см

г) С-3=0,8%+ЛХД=0,1%

ОК=18см; D=37 см

Рисунок 1. Влияние воздухововлекающей ЛХД в комплексе с суперпластификатором С-3=0,8 % на характер пластификации бетонной смеси с расходом цемента 400 (а и б) и 280 (в и г) кг/м3

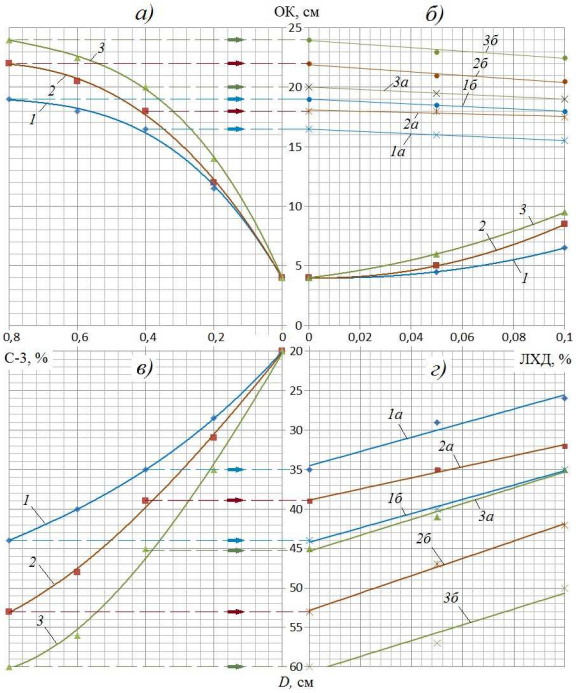


Рисунок 2. Влияние содержания добавки ЛХД в комплексе с суперпластификатором С-3 на изменение осадки конуса (ОК) и диаметра расплыва конуса (D):

1,2,3 – бетонная смесь с расходами цемента, соответственно, 280,340 и 400 кг/м3; а - 0,4% С-3+ЛХД; б – 0,8% С-3+ЛХД

На номограмме (рис.2) в левой верхней четверти «а» показано влияние добавки суперпластификатора на основе лигносульфоната нафталина (марки С-3) в различной дозировке от 0 до 0,8%, на осадку конуса, а в четверти «в» - на расплыв конуса; в верхней правой четверти «б» номограммы

в нижний части приведены кривые (1, 2 и 3) изменения ОК под действием воздухововлекающей поверхностно-активной добавки (марки ЛХД). Наклонные линии в верхней части четверти «б» показывают, как изменяется ОК при добавлении добавки марки ЛХД к добавке марки С-3, при дозировке последней 0,4 (кривые 1а, 2а и 3а) и 0,8 % (кривые 1б, 2б и 3б). Аналогичные графики в четверти «г» относятся к расплыву конуса (D).

Из номограммы (рис.2) видно, что при испытании добавок по отдельности обе они оказали пластифицирующее действие на бетонную смесь с ОК=4 см, но в разной степени. При этом эффективность обеих добавок возрастала с увеличением расхода цемента.

При расходе цемента 340 кг/м3 и содержании добавки марки С-3 0,8 % ОК увеличилась с 4 до 22 см. Добавка марки ЛХД, введенная к той же исходной смеси в количестве 0,1 %, повысила ОК до 8,5 см. При введении добавки марки ЛХД совместно с добавкой марки С-3 подвижность бетонной смеси снижается. При этом способ оценки подвижности по осадке конуса оказался менее чувствительным к влиянию добавки марки ЛХД – осадка конуса снизилась незначительно - на 0,5-1,5 см, что составляет 5-6 %. Более чувствительным способом является измерение расплыва конуса. При введении 0,1 % добавки марки ЛХД диаметр расплыва конуса уменьшается в среднем на 18-22 %. Независимо от содержания синергия добавок марок С-3 + ЛХД в отношении пластификации бетонной смеси оказалась отрицательной.

В то же время добавка марки ЛХД способствовала значительному воздухововлечению и снижению водоотделения и растворотделения бетонной смеси.

Как видно из рис. 1 и 2 по своим характеристикам бетонные смеси с добавкой С-3=0,8%+ЛХД=0,05% имеют литую консистенцию, а с воздухововлекающей добавкой становятся более связными и нерасслаивающимися. Они практически приближаются к самоуплотняющимся смесям и поэтому часть составов можно использовать в этом качестве, как наиболее экономичные перед самоуплотняющимися.

5. Самоуплотняющиеся бетонные смеси

Самоуплотняющаяся бетонная смесь (Рис.3) – это бетонная смесь, которая без воздействия внешних сил уплотнения (вибрирования) и самостоятельно под воздействием собственного веса течет, освобождается от воздуха и заполняет пространство между опалубкой сооружения и арматурными стержнями. В немецком языке самоуплотняющийся бетон получил сокращённое название SVB (selbstverdichtender Beton), в английском – SCC (self-compacting concrete), во французском – BAP (Béton autoplaçant) [7-13].

Рисунок 3. Самоуплотняющаяся бетонная смесь

Необходимость создания такого типа бетона была предложена профессором Х. Окамурой в 1986 году. Работы по разработке самоуплотняющегося бетона, включая фундаментальное исследование обрабатываемости бетона были проведены профессорами К. Маекавой, К. Озавой из Токийского университета в конце 1980-х годов. В своих работах им удалось предложить новый тип бетона, который имел высокую пластичность и низкое содержание воды.

В 1988 году впервые был представлен прототип самоуплотняющегося бетона. Такие бетонные смеси получили название “High Performance Concrete”.

В 1989 году профессором Отсиным бетон “High Performance Concrete” был определен как бетон с высокой прочностью из-за низкого водоцементного соотношения. С этих пор, термин “High Performance Concrete” используется во всем мире для обозначения высокой прочности бетона. Однако, совсем недавно термин бетона был изменен на “Self-compacting High Performance Concrete”.

В начале 2000-х интерес в Западной Европе, так в институте города Аахен (Германия) профессор В.Брамесхубер изучал свойства самоуплотняющегося бетона. Проведенные им исследования показали какими свойствами обладал самоуплотняющийся бетон по сравнению с обычным бетоном. Материал

получил название «Dyckerhoff Liquidur» и стал активно распространяться по строительным площадкам Европы вследствие своих уникальных свойств.

В 2002 году компания EFNARC опубликовала документ “Specification & Guidelines for Self-Compacting concrete" – (с англ. Спецификация и Руководство по самоуплотняющемуся бетону), который содержал в себе всю необходимую информацию о бетоне для производителей, строителей и проектировщиков.

В 2004 году пять европейских организаций: BIBM, CEMBUREAU, ERMCO, EFCA, EFNARC создали ученую группу, чтобы оценить накопленный опыт применения самоуплотняющегося бетона и подготовить новый документ, который охватывал бы все аспекты самоуплотняющегося бетона. В этом документе “The European Guidelines for Self-Compacting Concrete” (с англ. Европейское руководство по самоуплотняющемуся бетону) были приведены согласованные спецификации бетонных смесей для производства СУБС, методы их испытания, информацию о материалах [11]. В таблице 2 приведена классификация СУБС.

Таблица 2. Классификация бетонных смесей

Название бетонной смеси	Обозначение	Чем характеризуется	Значение величины
Высокоподвижная	SF1	Расплыв конуса	550 – 650 мм
	SF2		660 – 750 мм
	SF3		760 – 850 мм
Вязкая	VS1/VF1	Вязкость	8 сек.
	VS2/VF2		9 – 25 сек.
Легкоформуемая	PA1	-	Зависит от частоты армирования сооружения
	PA2	-	
Устойчивая к расслоению	SR1	Расслаиваемость	< 20%
	SR2		< 15%

В настоящее время изучение самоуплотняющихся бетонных смесей и методов их диагностики активно продолжается. Исследования проводятся в Техническом Университете города Берлин на строительном факультете под руководством профессора Б.Хиллемайера и доктора Ж.Бухенау.

В России применение самоуплотняющегося бетона только получает своё развитие, однако на протяжении последнего десятилетия рядом строительных организаций предприняты успешные попытки применения самоуплотняющегося бетона в гражданском строительстве [8]. Но в виду отсутствия Российской нормативной базы по самоуплотняющимся бетонам пользуются нормативными документами иностранного происхождения.

В целом, можно отметить, что применение СУБ должно быть экономически оправданно, так как такой бетон имеет свою специфику. В первую очередь должны учитываться параметры сложности и ответственности конструкций, так как самоуплотняющийся бетон – это высокомарочный бетон по прочности (100 и более МПа) и долговечности (морозостойкости до F600). Подразумеваются и повышенные требования к конструкции опалубки, которая должна быть прочной и герметичной, чтобы выдержать гидростатическое давление бетонной смеси.

6. Состав самоуплотняющегося бетона

Материалы, которые используются для приготовления СУБС, в целом, не имеют каких-либо отличий от материалов, используемых в приготовлении традиционных бетонов [12]. Отличается только их соотношение, а также использование специальных эффективных добавок.

Основные исходные материалы для подбора состава СУБС:

- цемент;
- крупный и мелкий заполнитель;
- минеральный наполнитель;
- добавки;

Рассмотрим каждый компонент в отдельности и проследим, как они влияют на бетонную смесь в целом.

Цемент. Как и в традиционном бетоне основным вяжущим в самоуплотняющихся бетонах является – портландцемент. Это вяжущее имеет сложную минеральную структуру, состоящую из окислов кальция, кремния, алюминия и железа. Иногда используется сульфатостойкий цемент. Следует также отметить, что

выбор цемента зависит в первую очередь от назначения конструкции, которое должно быть указано в техническом задании от заказчика.

Заполнитель. Для получения СУБС постоянного качества следует особенно тщательно и непрерывно контролировать и учитывать гранулометрический состав крупного и мелкого заполнителей [12, 14]. В отличие от обычного бетона, СУБС более чувствителен к колебаниям рецептуры, самое большое влияние на него оказывает содержание влаги, как в окружающей среде, так и заполнителей [6]. Крупный и мелкий заполнитель следует хранить в крытых складах, что позволит контролировать влажность и как следствие – водоцементное соотношение. Также при проектировании состава нужно учитывать и форму заполнителя. Окатанная форма заполнителя позволяет уменьшить вероятность упорядоченности заполнителя и тем самым увеличивается расплыв конуса.

В качестве крупного заполнителя рекомендуется применять щебень фракций 5-20, 5-10 из метаморфических горных пород. Крупность заполнителя выбирается из условий: шаг арматуры, размещение арматуры, геометрические формы конструкции. Мелкий заполнитель назначают часто в виде кварцевого песка с модулем крупности 1,7 – 2,5.

Минеральный наполнитель. В составе бетонов минеральный наполнитель (крупность <0,125 мм) может проявлять себя как инертный материал (известняк, доломит, пылевидный кварц и др.) либо как компонент, обладающий скрытой гидравлической активностью (туф, трепел, опока, микрокремнеземы и др.)

Добавки. Для регулирования свойств самоуплотняющейся бетонной смеси наибольшее применение нашли химические пластифицирующие добавки, а именно, гиперпластификаторы на основе эфиров поликарбоксилата. Эти добавки обеспечивают стабильность и жизнеспособность бетонной смеси самоуплотняющихся бетонов. Продолжительность пластифицирующего действия поликарбоксилатов в три-четыре раза больше по сравнению с сульфомеланиновыми, сульфонафталиновыми формальдегидами или лигносульфонатами.

Рисунок 4. Эффект от введения в бетон добавок на основе поликарбоксилата до и после

Но у добавок на основе поликарбоксилата есть и свои недостатки:

- проблема совместимости с видом цемента. Поликарбоксилат несовместим с химическим составом портландцемента. Именно поэтому заводам-производителям приходится заменять портландцемент на другой вид цемента, что может вести за собой срывы сроков в поставке сырья хорошего качества.
- поликарбоксилат чувствителен к низким температурам, что особенно актуально для климатических условий в России [16].
- лишнее вовлечение воздуха, что может влиять на прочность бетона.
- особые условия хранения – нельзя допускать высокую влажность и температуру.
- высокая стоимость добавок на основе поликарбоксилата.

Добавки, включая воздухововлекающие, ускоряющие и замедляющие твердение бетона, могут использоваться также, как и в обычном бетоне, с учетом рекомендаций производителя добавок по их применению и способу введения [12].

Рецептура самоуплотняющейся бетонной смеси отличается от состава обычной бетонной смеси. В целом:

- Первым отличием является принципиально другой подход к соотношению и гранулометрии заполнителей (расход щебня не превышает расход песка, рассев заполнителей, по возможности, приближается к идеальной кривой за счет обогащения нескольких фракций).
- Второе отличие заключается в обязательном присутствии в смеси наполнителей (как правило, это известняковый порошок) и повышенном расходе цемента.
- Третьим отличием являются тип и дозировка пластифицирующей добавки (как правило, это гиперпластификатор, доза которого на порядок превосходит стандартный расход для обычного бетона).

7. Экономическое сравнение ЛБС с СУБС

Для того чтобы повысить уровень качества строительства, снизить сметную стоимость строительства, сэкономить на трудовых и материальных ресурсах, возможно применение литых бетонных нерасслаивающихся смесей идентичных по своим прочностным и технологическим параметрам вместо самоуплотняющихся.

Широкое использование литых бетонов, укладываемых без вибрирования, является весьма эффективным технологическим мероприятием в современном строительстве. Стоит отметить, что при таком мероприятии обеспечивается снижение трудозатрат, повышение темпов и качества строительства. Впервые литой бетон применялся при строительстве Саратовской ГЭС для бетонирования штраб и ворот шлюза, спиральных камер турбин и других густоармированных конструкций.

Также литые смеси применялись при строительстве Нурекской и Шамбской ГЭС, для устройства буронабивных свай КамАЗа, при обделке туннелей водовыпуска второго судоходного шлюза Днепрогэс-II.

Поскольку для каждой конкретной цели требуются особые технологические характеристики строительных смесей, то при их изготовлении могут применяться различные компоненты в неодинаковых

соотношениях. Поэтому цены самоуплотняющегося и литого бетонов могут варьироваться в больших диапазонах. В таблице 3 приведены приближенные расценки самоуплотняющегося бетона на начало 2013г. В таблице 4 сопоставление цен на бетон прочности В15.

Таблица 3. Ориентировочные расценки СУБС

Поставщик	Марка	Цена, руб/м3	Примечания
ООО «Аква-Вектор»	В-45; П2 – П5; F300 – F300; W12 – W18	4 450	
ООО «Символ Бетон»	М-300/В22,5	6 590	при t = -20÷25°С
	М-350/В25	6 840	
	М-400/В30	7 140	
	М-450/В35	7 540	
	М-500/В37,5	8 190	
	М-550/В40	8 640	
	М-600/В45	8 990	
ЗАО «ИНГЕОКОМ»	БСТ В 50 П 4 F300 W12 (М700)	7 200	цена с НДС 18% без доставки
	БСТ В 50 П 4 F300 W12 (М700) (5 – 10)	7 300	
	БСТ В 50 П 5 F300 W14 (М700) фунд. с/у	7 500	
	БСТ В 50 П 5 F300 W14 (М700) с/у (5 – 10)	7 850	
	БСТ В 50 П 5 F300 W14 (М700)	8 300	
	БСТ В 60 П 5 F300 W16 (М800)	9 600	
	БСТ В 60 П 5 F300 W16 (М800) с/у (5 – 10)	9 950	
	БСТ В 70 П 5 F300 W16	11 300	
	БСТ В 70 П 5 F300 W17	11 550	
	БСТ В 85 П 5 F300 W20	14 600	

Таблица 4. Экономическое сравнение стоимости бетонов на 01.02.2014г

	Традиционный бетон	Литая бетонная смесь (ЛБС)	Самоуплотняющая бетонная смесь (СУБС)
Стоимость 1 м^3	2500 руб.	3050 руб.	6800 руб.

8. Заключение

Таким образом, самоуплотняющийся бетон – это сравнительно новое и перспективное направление в области технологии бетона. Но для полноценного применения в России самоуплотняющегося бетона необходимо создать научно-нормативную базу, где будут описаны методы диагностики самоуплотняющихся бетонов, рекомендуемые рецептуры его составов, классификация, для каких сооружений самоуплотняющийся бетон был бы применим и т.д.

Целью работы являлось развитие научных представлений в области разработки и применимости самоуплотняющихся бетонов при строительстве уникальных зданий и сооружений, исследование их свойств на разных стадиях затвердевания, сравнение технологических свойств самоуплотняющихся бетонных смесей со свойствами литого и обычного бетона.

Для достижения поставленных целей были решены следующие задачи и сделаны выводы:

1. Проведено экспериментальное исследование суперпластифицированных бетонных смесей и сделан вывод о экономической целесообразности применения ЛБС вместо СУБС.
2. Проведен аналитический обзор зарубежной и российской литературы по теме свойств и особенностей самоуплотняющегося бетона;

3. Высокая стоимость самоуплотняющихся бетонных смесей, с одной стороны, предполагает их использование только для получения высокопрочных бетонов с высокими и ультравысокими эксплуатационными свойствами, например, для высотных и большепролетных зданий и сооружений, а с другой стороны, побуждает к разработке мероприятий по снижению их себестоимости для расширения области возможного применения.
4. Так как СУБС это высокопрочные бетоны, то можно экономить на уменьшении конструктивных размеров элементов конструкций.

Литература

[1]. Телешев В. И., Ватин Н. И., Марчук А. Н., Комаринский М. В. Производство гидротехнических работ. Часть 1. Общие вопросы строительства. Земляные и бетонные работы. М.: Изд-во АСВ, 2012. 488 с.
[2]. Комаринский М.В., Червова Н.А. Транспорт бетонной смеси при строительстве уникальных зданий и сооружений//Строительство уникальных зданий и сооружений. 2015. N1(28).С.6-31.
[3]. Комаринский М.В. Производительность поршневого бетононасоса//Строительство уникальных зданий и сооружений. 2013. N6(11).С.43-49.
[4]. Телешев В. И., Комаринский М. В., Данилов В. М., Рыжов В. А. Исследования и опыт применения бетононасосного транспорта на строительстве Шульбинской ГЭС // Гидротехническое строительство. 1990. №10. С. 38-43.
[5]. Несветаев Г.В. Технология самоуплотняющихся бетонов // Строительные материалы. 2008. №3. С. 24-29.
[6]. Войлоков И.А. Самоуплотняющиеся бетоны. Новый этап развития бетоноведения // Бетоны. 2008. № 4. С. 5-8.
[7]. Болотских О.Н. Самоуплотняющийся бетон и его диагностика // Технологии бетонов. 2008. № 10. С. 28-31.
[8]. Словьянчик А.Р., Пуляев И.С., Нагорный Д.Е. Применение самоуплотняющихся бетонов в транспортном строительстве // Бетон и Железобетон. 2012. №1
[9]. Okamura H., Ouchi M. Self-Compacting Concrete // Advanced Concrete Technology. 2003. №1. P. 5-15.
[10]. Kitamura H., Nishizaki T., Ito, H., Chikamatsu R., Kamada F., Okudate M. Constructionof prestressed concrete outer tank for LNG storage using high-strength self-compacting concrete // Proceedings of the International Workshop on Self-Compacting Concrete. 1999. P. 262-291.
[11]. The European guidelines for self-compacting concrete: specification, production and use. UK, 2005. 21 p.
[12]. Александров Я.А. Выбор сырьевых материалов для производства самоуплотняющихся бетонов // Технология бетонов. 2011. №3-4. С. 18-19.
[13]. Okamura H., Ozava K. Mix design for self-compacting concrete // Concrete Library of the JSCE. 1995. № 2. P. 107-120.
[14]. Несветаев Г.В. Некоторые вопросы применения добавок для бетонов // Бетон и Железобетон. 2011. №1. С. 78-80.
[15]. Несветаев Г. В, Давидюк А. Н. Самоуплотняющиеся бетоны: прочность и проектирование состава // Строительные материалы. 2009. № 5. С. 54-57.
[16]. Мозгалев К.М., Головнев С.Г., Мозгалева Д.А. Эффективность применения самоуплотняющихся бетонов при возведении монолитных зданий в зимних условиях // Технология и организация строительного производства. 2014. №1. С. 33-37.
[17]. Вовк А.И. Добавки на основе отечественных поликарбоксилатов // Строительные материалы, оборудование, технологии XXI века. 2012. № 9. С. 31-33.
[18]. Технический каталог компании BASF. Добавки в бетон.
[19]. Barabanshchikov, Yu.G., Komarinskiy, M.V. Superplasticized technological properties of concrete mixtures // Интернет-журнал "Строительство уникальных зданий и сооружений". 2012. № 6 (21). С. 58.
[20]. Barabanshchikov, Yu.G., Komarinskiy, M.V. Influence of superplasticizer S-3 on the technological properties of concrete mixtures // Advanced Materials Research Vols. 941-944 (2014) pp 780-785. Trans Tech Publications, Switzerland. doi:10.4028/www.scientific.net/AMR.941-944.780
[21]. Барабанщиков Ю.Г., Комаринский М.В. Суперпластификатор С-3 и его влияние на технологические свойства бетонных смесей // Интернет-журнал "Строительство уникальных зданий и сооружений". 2014. № 6 (21). С. 58-69.
[22]. Феррари Г., Сурико Ф. Самоуплотняющийся бетон для моста “Калатрава” в Венеции // Бетон и Железобетон. 2006. №3. С. 28-29.
[23]. Barabanshchikov Yu., Komarinskiy M. Effect of air-entraining agent lhd on the technological properties of concrete mix containing superplasticizer s-3 // Applied Mechanics and Materials. 2015. Т. 725-726. С. 419-424.
[24]. Ватин Н.И., Барабанщиков Ю.Г., Комаринский М.В., Смирнов С.И. Модификация литой бетонной смеси воздухововлекающей добавкой // Инженерно-строительный журналю 2015. N4(56). С.3-11
[25]. Галузин В.М., Комаринский М.В., Телешев В.И. Выбор машин и оборудования для производства бетонных работ. Учебное пособие. Санкт-Петербург, 1995. 55с
[26]. Комаринский М.В. Возведение железобетонных гидротехнических сооружений с применением бетононасосной технологии // Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук / Ленинградский политехнический институт им. М. И. Калинина. Ленинград, 1989
[27]. Телешев В.И., Данилов В.М., Комаринский М.В., Бондаревский Ю.П. Способ возведения бетонной плотины // Патент на изобретение RUS 1395745 14.07.1986
[28]. Комаринский М.В., Клинцов В.П. Способ возведения противофильтрационного элемента в плотине из грунтовых материалов и объемная опалубка для его осуществления // Патент на изобретение RUS 1390292 10.02.1986
[29]. Телешев В.И., Данилов В.М., Комаринский М.В. Перспективы применения бетононасосного транспорта в гидротехническом строительстве // Гидротехническое строительство. 1986. № 6. С. 34-38
[30]. ГОСТ 7473-2010. Смеси бетонные. Технические условия. М.: Изд-во стандартов, 2011. - 22 с.

Liquid concrete and self-compacting concrete

M.V Komarinskiy[1], S.I Smirnov [2], D.E Burtseva [3].

Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University, 29 Polytechnicheskaya st., St.Petersburg, 195251, Russia.

ARTICLE INFO

scientific article

doi:

Articlehistory

Received 3 September 2015

Keywords

Liquid concrete;
self compacting concrete;
superplasticizer;
air-involving additive;
giperplastifikator;
concrete pump;
vibration-free installation technology;
gustoarmirovannye design;

ABSTRACT

The article presents research on the influence of the complex additives based on superplasticizer S3 on workability of concrete of conventional composition (suitable for pumping on the concrete pipelines), obtaining an antifloated of concrete mix of a floated consistence for vibrationless placing. Conducted an analysis the new self-compacting concrete mix. These compounds at this stage of the development of are novel and abroad and in Russia. The article presents comparison of the self-compacting concrete with a flow concrete mixes, which under certain conditions may be similar to those of self-sealing mixtures. Concluded that with using the intersection of mixtures with of the possible replacement self-mixtures on the cast, there are the most economical.

Corresponding author:

1. +7(812)297-59-49, komarin@cef.spbstu.ru (Mikhail Victorovich Komarinskiy, PhD)
2. +7(981)7317162, smirnovsta@mail.ru (Stanislav Igorevich Smirnov, Student)
3. +7(981)1815043, marengosapphire@gmail.com (Diana Evgenyevna Burtseva, Student)

References

[1]. Teleshev V.I., Vatin N.I., Marchuk A.N., Komarinskiy M.V. Production of hydraulic works. Part 1: General construction issues. Excavation and concrete work. M .: Publishing ASV, 2012. 488 Pp. (rus).

[2]. Komarinskiy M.V., Chervova N.A. Transport of concrete in the construction of unique buildings and constructions // Construction of unique buildings. 2015. N1 (28) .Pp.6-31. (rus).

[3]. Komarinskiy M.V. Performance Concrete piston // Construction of unique buildings. 2013. N6 (11). Pp.43-49. (rus).

[4]. Research and application experience in the construction of transport Concrete-pumping Shulba GES / Teleshev V.I., Komarinskiy M.V., Danilov V.M., Ryzhov V.A. // Hydraulic engineering. 1990. №10. Pp. 38-43. (rus).

[5]. Nesvetaev G.V. The technology of self-compacting concrete // Building materials. 2008. №3. Pp. 24-29. (rus).

[6]. Voilokov IA SCC. Self-packing concretes. The new stage of development betonovedeniya // Concrete. 2008. № 4. Pp. 5-8. (rus).

[7]. Bolotskih O.N. Self-packing concretes and its diagnostics // Technology of concrete. 2008. № 10. Pp. 28-31. (rus).

[8]. Solovyanchik A.R., Pylyaev, I.S., Nagorniy D.E. Application of self-compacting concrete in transport construction // Concrete and reinforced concrete. 2012. №1. Pp. 14-20. (rus).

[9]. Okamura H., Ouchi M. Self-Compacting Concrete // Advanced Concrete Technology. 2003. №1. Pp. 5-15.

[10]. Kitamura H., Nishizaki T., Ito, H., Chikamatsu R., Kamada F., Okudate M. Constructionof prestressed concrete outer tank for LNG storage using high-strength self-compacting concrete // Proceedings of the International Workshop on Self-Compacting Concrete. 1999. Pp. 262-291.

[11]. The European guidelines for self-compacting concrete: specification, production and use. UK, 2005. 21 p.

[12]. Aleksandrov A.A. Selection of raw materials for the production of self-compacting concrete // Concrete technology. 2011. №3-4. Pp. 18-19. (rus).

[13]. Okamura H., Ozava K. Mix design for self-compacting concrete // Concrete Library of the JSCE. 1995. № 2. Pp. 107-120.

[14]. Nesvetaev G.V. Some questions of application of additives for concrete // Concrete and reinforced concrete. 2011. №1. Pp. 78-80. (rus).

[15]. Nesvetaev G.V., Davidyuk A.N. Self-Compacting Concrete: the strength and design of the composition // Building materials. 2009. № 5. Pp. 54-57. (rus).

[16]. Mozgalev K.M., Golovnev S.G., Mozgaleva D.A. The effectiveness of self-compacting concrete in the construction of monolithic buildings in winter // Technology and organization of building production. 2014. №1. Pp. 33-37. (rus).

[17]. Vovk A.I. Additives based on domestic polycarboxylates // Building materials, equipment, technologies of XXI century. 2012. № 9. Pp. 31-33. (rus).

[18]. Technical catalog company BASF. Concrete admixtures. (rus).

[19]. Barabanshchikov, Yu.G., Komarinskiy, M.V. Superplasticizer technological properties of concrete mixtures // Internet magazine "Construction of unique buildings and structures." Number 2012. 6 (21). Pp. 58.

[20]. Barabanshchikov, Yu.G., Komarinskiy, M.V. Influence of superplasticizer S-3 on the technological properties of concrete mixtures // Advanced Materials Research Vols. 941-944 (2014) pp 780-785. Trans Tech Publications, Switzerland. doi:10.4028/www.scientific.net/AMR.941-944.780

[21]. Barabanshchikov, Yu.G., Komarinskiy, M.V. Superplasticizer C-3 and its effect on the technological properties of concrete mixes // Internet magazine "The construction of unique buildings and structures." 2014. № 6 (21). Pp. 58-69. (rus).

[22]. Ferrari G., Surikov F. Self compacting concrete for the bridge, "Calatrava" in Venice // Concrete and reinforced concrete. 2006. №3. Pp. 28-29. (rus).

[23]. Barabanshchikov Yu., Komarinskiy M. Effect of air-entraining agent lhd on the technological properties of concrete mix containing superplasticizer s-3 // Applied Mechanics and Materials. 2015. T. 725-726. S. 419-424.

[24]. Modification of the cast of concrete air-entraining admixture / N.I. Vatin, Barabanshchikov Yu., Komarinskiy M.V., Smirnov S.I. // Civil Engineering Journal. 2015. N4 (56). Pp.3-11. (rus).

[25]. Galuzin V.M., Komarinskiy M.V., Teleshev V.I. The choice of machines and equipment for concrete work. Tutorial. St. Petersburg, 1995. 55p. (rus).

[26]. Komarinskiy M.V. Construction of concrete hydraulic structures with Concrete-pumping technology // Abstract of dissertation for the degree of candidate of technical sciences / Leningrad Polytechnic Institute. Mikhail Kalinin. Leningrad, 1989. (rus).

[27]. A method of construction of a concrete dam / Teleshev V.I., Danilov V.M., Komarinskiy M.V., Bondarevskiy Y.P. // Patent for invention RUS 1395745 14.07.1986. (rus).

[28]. Teleshev V.I., Danilov V.M., Komarinskiy M.V. Prospects for the use of transport Concrete-pumping in hydraulic engineering // Hydraulic engineering. 1986. № 6. Pp. 34-38. (rus).

[29]. Komarinskiy M.V., Kuznetsov V.P. A method of construction of impervious element in the earth dam formwork and volume for its implementation // Patent for invention RUS 1390292 10.02.1986. (rus).

[30]. GOST 7473-2010. Concrete mixtures. Technical conditions. M .: Publishing House of Standards, 2011. - 22 p. (rus).

Комаринский М.В., Смирнов С.И., Бурцева Д.Е., Литые и самоуплотняющиеся бетонные смеси // Строительство уникальных зданий и сооружений. 2015. №11 (38). С. 106-118.

Komarinskiy M.V., Smirnov S.I., Burtseva D.E., Liquid concrete and self-compacting concrete. Construction of Unique Buildings and Structures, 2015, 11 (38), Pp. 106-118. (rus)