

УДК 691.34

*Болотских О.Н., доктор-инженер, заведующий
кафедрой Технологии строительного производства и
строительных материалов
Харьковский Национальный Университет городского
хозяйства,
тел. +38 067 260 57 75, факс +38 057 717 52 45,
e-mail: bolotskich@ukr.net*

САМОУПЛОТНЯЮЩИЙСЯ БЕТОН И ЕГО ПРЕИМУЩЕСТВА

В статье рассмотрены преимущества самоуплотняющегося бетона с точки зрения качества поверхности, прочности, долговечности, безопасности выполнения работ, экономичности.

Ключевые слова: бетон, добавки, концепция, прочность, состав.

Введение

Отсутствие тесной взаимосвязи между строительной наукой и практикой, недостаточно квалифицированный и не заинтересованный персонал на строительных площадках и в проектных бюро и использование старых технологий, средств механизации и материалов в строительстве во времена «развитого» социализма привело к значительному отставанию строительной отрасли в бывшем Советском Союзе по сравнению с Западом. Результаты этого «развития» мы и сейчас можем наблюдать на улицах наших городов:

- однообразие и серость городской застройки,
- низкое качество строительства,
- применение не долговечных и зачастую опасных для здоровья человека материалов,
- не комфортные условия проживания в большинстве зданий старой послевоенной постройки.

Используя устаревшие материалы и методы возведения зданий и сооружений, а также не квалифицированный персонал невозможно обеспечить технический прогресс в строительстве. А ведь строить надо сейчас, причём быстро, много и качественно! Некоторые заказчики, чтобы избежать проблем низкого качества выполнения строительных работ с местными строителями, привозят персонал на период строительства из-за рубежа, а проектные работы выполняют в дальнем зарубежье. Всем понятно, что это временное и не дальновидное решение.

Что же делать? Как же обеспечить у нас в современных условиях надлежащее качество строительства? Ответ прост: только благодаря использованию новых технологий и современных строительных материалов, а также благодаря постоянному контролю качества исходного сырья и материалов (прежде всего бетонной смеси и её компонентов) можно обеспечить в современных условиях высокое качество строительства. Необходимо срочно навёрстывать упущенное, осваивать работу с новыми материалами и современным оборудованием, уделять внимание повышению квалификации персонала начиная уже со студенческой аудитории.

В последние 20 лет ситуация на строительных площадках бывшего СССР изменяется к лучшему. С развитием рыночных отношений к качеству строительного производства и к дисциплине и безопасности труда предъявляются всё более жёсткие требования. У производителей строительных материалов начали появляться современные строительные лаборатории и приборы, позволяющие постоянно контролировать качество входного сырья и готовой продукции. Также осуществляется контроль качества и непосредственно на строительных площадках. На рынке СНГ появилось высококачественное лабораторное оборудование европейских производителей.

Панельное домостроение на территории бывшего Советского Союза всё больше уходит в историю. Монолитный и сборно-монолитный способы возведения зданий и сооружений приобретают у нас в настоящее время всё большее распространение. Панелевозы уступают место «миксерам», доставляющим бетонную смесь на строительную площадку. Установка арматурных каркасов и опалубки, доставка, укладка и уплотнение бетонной смеси с последующим уходом за ней - являются сейчас основными компонентами процесса возведения зданий и сооружений. А можно ли сейчас у нас упростить и удешевить этот процесс без ущерба для качества строительства (а может даже и с улучшением качества строительства!), например: исключив процесс вибрирования бетонной смеси? Ответ прост: можно, за счёт использования *самоуплотняющегося бетона*, который уже около 20 лет успешно используется на строительных площадках во всём мире.

Что такое самоуплотняющийся бетон?

Самоуплотняющийся бетон - это бетон, который без воздействия на него дополнительной внешней уплотняющей энергии, самостоятельно под воздействием собственной массы: течёт, освобождается от содержащегося в нём воздуха и полностью заполняет пространство между арматурными стержнями и опалубкой. Самоуплотняющийся бетон может содержать остаточный объём пор точно также как и вибрированный бетон. / 2 /

В немецком языке самоуплотняющийся бетон получил сокращённое название SVB (selbstverdichtender Beton), в английском - SCC (self compacting concrete), во французском - ВАР (Béton autoplaçant) / 3 /. Не исключено, что с распространением самоуплотняющегося бетона у нас он также получит в русском языке сокращённое обозначение СУБ.

История и исследования самоуплотняющегося бетона

История самоуплотняющегося бетона началась в Японии в 1990 году. Там профессором Хаймой Окамурой было создано и внедрено в практику новое поколение добавок к бетону, а именно высокоэффективные добавки для улучшения текучести на базе полиакрилата и поликарбоксилата. Ему удалось создать бетон, имеющий высокую пластичность и низкое содержание воды. Кроме Окамуры в создании и развитии самоуплотняющегося бетона принимали участие профессора К. Маекава и Кацумаса Озава.

Благодаря уникальным свойствам и преимуществам этого бетона он быстро распространился в направлении Западной Европы. В начале этот бетон использовался на предприятиях, производивших готовые железобетонные изделия. Затем самоуплотняющийся бетон начинает активно использоваться в качестве так называемого «транспортного бетона», т.е. бетона, который доставляется и укладывается непосредственно на строительной площадке.

Дальнейшее активное развитие и изучение свойств самоуплотняющегося бетона происходило в Германии. Так в Институте строительных исследований в городе Аахен (Германия) в 2000 и 2001 году под руководством профессора Вольфганга Брамесхубера по заказу фирмы «Dyckerhoff Beton GmbH» после тщательного изучения его свойств, были созданы первые предпосылки для официального допуска и распространения этого материала по всей Европе. Исследования, проведенные в Аахене, показали, что прочность на сжатие самоуплотняющегося бетона, как правило, выше, чем у обычного «вибрируемого» бетона, а прочность на раскалывание, статический модуль упругости, усадка и ползучесть самоуплотняющегося бетона была такой же. Кроме того, этот материал обладал прекрасными свойствами по водонепроницаемости и, таким образом, был официально допущен и рекомендован для использования при сооружении водонепроницаемых сооружений. Материал получил название «Dyckerhoff Liquidur» и стал активно распространяться по строительным площадкам Европы вследствие своих уникальных свойств / 1, 4 /.

Последним шагом по расширению распространения самоуплотняющегося бетона в Западной Европе было издание в Берлине «Немецким комитетом по железобетону» в ноябре

2003 года нормативного документа «DAfStb-Richtlinie Selbsverdichtender Beton (SVB-Richtlinie)». В этом нормативном документе на 41 странице подробно изложены термины и связи с другими европейскими нормативными документами, а также методы диагностики самоуплотняющегося бетона. Таким образом, после выхода этого нормативного документа, самоуплотняющийся бетон официально допущен и разрешён к использованию в Европе, без необходимости каких либо дополнительных разрешений, согласований и допусков.

Состав самоуплотняющегося бетона

Состав компонентов смеси для приготовления самоуплотняющегося бетона осуществляется, как правило, по японскому методу, разработанному профессором Окамурой. Концепция этой рецептуры базируется на повышении доли мелких пылевидных частиц. Рецептуры самоуплотняющегося бетона по проф. Окамуре базируются на следующих граничных условиях:

- насыпной объём заполнителя крупной фракции должен быть не более 50% объёма бетона;
- объёмная часть песка в растворе должен составлять 40% / 6 /.

Схематично это можно представить следующим образом:

При оптимизации состава самоуплотняющегося бетона возникают, как правило, следующие вопросы:

- Каким образом подобрать оптимальное количество песка?
- Действительно необходимо ли большое количество цемента?
- Какое влияние оказывают различные наполнители смеси (золевая пыль и молотый известняк)?
- Какое количество крупной фракции заполнителя можно использовать? / 6 /

Состав и виды самоуплотняющегося бетона постоянно развиваются. Так, к примеру, в 2003 году в Германии был получен допуск на использование лёгкого самоуплотняющегося бетона. Несмотря на низкую плотность в не затворённом состоянии равную $1,38 \text{ кг/дм}^3$, этот бетон обладает прекрасной подвижностью и способностью самоуплотняться. Механические свойства этого бетона аналогичны свойствам обычного бетона / 7 /.

Свойства самоуплотняющегося бетона

Анализ самых последних исследований, проведенных в Японии, Германии и Швеции, / 7 / даёт возможность представить свойства самоуплотняющегося бетона следующим образом:

В своём большинстве свойства самоуплотняющегося бетона во многом совпадают со свойствами обычного бетона. Путём комбинирования компонентов самоуплотняющийся бетон может быть запроектирован как бетон с обычной прочностью, так и как высокопрочный бетон.

Прочность на сжатие

При аналогичном содержании цемента и водоцементном соотношении самоуплотняющийся бетон обладает более высокой прочностью на сжатие за счёт более плотного состава смеси.

Прочность на растяжение

При аналогичных показателях по прочности на сжатие самоуплотняющийся бетон имеет незначительно более высокую прочность на растяжение по сравнению с обычным бетоном.

Связь бетон/арматура

Вследствие того, что самоуплотняющийся бетон обладает хорошей подвижностью и сцеплением между отдельными частицами, он обладает хорошими свойствами образования плотного соединения с арматурными стержнями. При этом расположение арматуры (верхний или

нижний ряд стержней) не имеет никакого значения.

Модуль упругости

Модуль упругости самоуплотняющегося бетона примерно на 15% ниже чем у обычного бетона. Это связано с повышенным содержанием мелких пылевидных частиц в бетонной смеси и пониженным содержанием крупной фракции заполнителя по сравнению с обычным бетоном.

Усадка

Усадка бетона всегда связана с количеством цементного теста в бетоне. Так как содержание цементного теста у самоуплотняющегося бетона незначительно отличается от обычного, то оба бетона имеют примерно одинаковую усадку.

Качество поверхности

Поверхность самоуплотняющегося бетона до мельчайших подробностей повторяет поверхность опалубки. Таким образом, при использовании современных видов опалубок, можно сразу получить идеально гладкую и ровную поверхность.

Преимущества самоуплотняющегося бетона

Преимущества самоуплотняющегося бетона по сравнению с другими традиционными видами бетона можно условно разделить по группам и представить следующим образом / с использованием 1 /:

Для заказчика: более высокая безопасность капиталовложений, за счёт:

- создания строительных конструкций, имеющих высокую прочность и в которых исключены дефекты, вызванные с ошибками при уплотнении бетонной смеси,
- сокращения продолжительности строительства.

Для архитектора: более широкий выбор форм конструкций и возможности приданию конструкции определённого заданного внешнего вида, за счёт:

- особой гладкой и плотной наружной поверхности бетона, которая в точности повторяет форму и поверхность опалубки,
- опалубки различной формы и структуры
- возможности создания любой геометрии бетонируемой конструкции.

Для проектировщика: свободный выбор геометрии конструкций, обеспечения её долговечной эксплуатации и упрощение разработки проекта производства работ за счёт:

- упрощения работ по бетонированию (отпадает необходимость в уплотнении),
- возможности более плотного расположения арматурных стержней,
- плотного сцепления арматуры с бетоном и проникновению бетона в самые труднодоступные места в опалубке,
- возможности подачи бетона непосредственно через опалубку, например, через отверстие в нижней её части,
- более простой и менее массивной конструкции опалубки (из-за отсутствия процесса вибрирования бетона на опалубку не воздействуют дополнительные динамические и статические нагрузки).

Для строительной фирмы, выполняющей работы на площадке: более безопасное ведение строительных работ и сокращение затрат на зарплату персонала, за счёт:

- возможности укладки за смену большего объёма бетона,
- отсутствия необходимости уплотнения бетона и за счёт этого исключения ошибок,

которые могли бы возникнуть при его уплотнении,

- возможности работы персонала в более безопасных условиях при бетонировании,
- самостоятельного растекания бетонной смеси по всей конструкции,
- исключения возможности расслоения бетонной смеси,
- отсутствия шума и вибрации, негативно воздействующих как на персонал, так и на проживающих рядом со строительной площадкой людей.

Экономичность и перспективы использования самоуплотняющегося бетона

Проанализировать экономичность самоуплотняющегося бетона можно на основе уже имеющегося европейского опыта использования этого вида бетона. К примеру, в Германии в литературе / 8 / можно найти следующие данные:

Если сравнивать цены, то самоуплотняющийся бетон вследствие своего модифицированного состава и стоимости отдельных компонентов бетонной смеси дороже обычного бетона аналогичного вида. Разница в цене составляет от 13 до 18 Евро за 1 кубический метр. Эта удорожание бетона компенсируется экономией средств при его укладке и благодаря целой группе других преимуществ этого бетона (см. предыдущий раздел).

Анализ работ по бетонированию в Германии показал, что за счёт того, что отпадает необходимость в уплотнении бетонной смеси на строительной площадке, экономия средств за счёт использования самоуплотняющегося бетона при бетонировании отдельных строительных конструкций может составлять от 3 до 6 Евро за конструкцию. Кроме того, необходимость уплотнения бетона, например при бетонировании колонн и опор, вызывает необходимость частых перерывов при подаче бетонной смеси, а при использовании самоуплотняющегося бетона такие перерывы исключены!

На строительных площадках Украины очень часто приходится сталкиваться с ситуациями, когда использование самоуплотняющегося бетона уже сейчас просто необходимо, а именно:

- при бетонировании на большой высоте или на воде, когда процесс уплотнения крайне затруднён, стоит значительных средств и небезопасен для персонала,
- при бетонировании густоармированных конструкций, где обычный бетон не может проникнуть во все места, что ведёт в последствии к появлению дефектов и преждевременной коррозии,
- при бетонировании конструкций сложной геометрической формы, а также конструкций, к которым предъявляются особые требования по качеству наружной поверхности бетона,
- при бетонировании опор мостов, плотин, туннелей и других труднодоступных сооружений, где непрерывно необходимо подавать большое количество бетона, а работа персонала крайне затруднена и небезопасна.

Если учесть ещё факт того, что многие наши фирмы уже приобрели высококачественную современную опалубку, а самоуплотняющийся бетон в точности повторяет поверхность опалубки и не имеет полостей и каверн, то использование этого бетона даст существенный выигрыш по качеству наружной поверхности по сравнению с обычным бетоном (т.е. во многих случаях отпадёт необходимость в дальнейшей отделке: шпатлёвке и т.д.), а это также ведёт к существенному сокращению затрат на строительство. Более того, из-за отсутствия процесса вибрирования можно использовать более простую и менее массивную конструкцию опалубки!

Стоит добавить, что зарплата персонала на строительных площадках и у нас в последнее время также значительно возросла. Если необходимость в уплотнении бетонной смеси на строительной площадке за счёт использования самоуплотняющегося бетона отпадёт и подавать бетон можно не сверху, а непосредственно в опалубку, то это приведёт к возможности сокращения персонала во время бетонирования и, таким образом, к экономии средств и повышению безопасности при выполнении этих работ.

ЛИТЕРАТУРА

1. Рекламно-информационный проспект немецкой фирмы «Dyckerhoff Beton GmbH».
2. Европейский нормативный документ по самоуплотняющемуся бетону: DAfStb-Richtlinie Selbsverdichtender Beton (SVB-Richtlinie). Ausgabe November 2003.
3. Hillemeier, B.; Buchenau, G.; Herr, R.; Hüttl, R.; Klüßendorf, St.; Schubert, K.: Spezialbetone, Betonkalender 2006/1, Ernst & Sohn, стр. 534-549.
4. Brameshuber, W.; Krüger, Th.; Uebachs, St.: Selbsverdichtender Beton im Transportbetonwerk. Немецкий журнал: Beton. 10/2001. стр. 546-550.
5. Rings, K.-H.; Kolczyk, H.: Selbsverdichtender Beton SVB - ein neuer Hochleistungsbeton. Heidelberger Addiment.
6. Rings, K.-H.; Kolczyk, H., Lösch, P.: SCC: Grenzen der Betonzusammensetzung. Немецкий журнал: Beton. 4/2002. стр. 192-196.
7. Rings, K.-H.; Kolczyk, H., Lösch, P.: SCC: Grenzen der Betonzusammensetzung. Немецкий журнал: Beton. 7+8/2006. стр. 357-362.
8. Breitenbücher, R.: Selbsverdichtender Beton. Немецкий журнал: Beton. 9/2001. стр. 496-499.

САМОУЩІЛЬНЮВАНИЙ БЕТОН І ЙОГО ПЕРЕВАГИ

© Болотських О.М.

У статті розглянуті переваги самоущільнюваного бетону з точки зору якості поверхні, міцності, довговічності, безпеки виконання робіт, економічності.

Ключові слова: бетон, добавки, концепція, міцність, склад.

SCC AND ITS ADVANTAGES

© Bolotskih O.N.

The paper considers the advantages of self-compacting concrete in terms of surface quality, strength, durability, safety works and profitability.

Keywords: concrete, additives, concept, strength, composition.