

Самоуплотняющиеся бетоны

Выполнил: Кочетков Р.С.
ТСМИК

Проверил: Смирнов М.А.

Определение

Самоуплотняющийся бетон - это бетон, который без воздействия дополнительной внешней уплотняющей энергии самостоятельно, под действием собственной тяжести и за счет высокой подвижности течет, освобождается от содержащегося в нем воздуха и полностью заполняет пространство опалубки, в том числе между арматурными стержнями.

При этом остаточный объем пор в самоуплотняющемся бетоне не больше, чем в обычном бетоне

История и исследования

История самоуплотняющегося бетона началась в Японии в 1990 г. Там профессором Хайимой Окамурой было создано и внедрено в практику новое поколение добавок к бетону - высокоэффективные добавки для улучшения текучести на базе полиакрилата и поликарбоксилата. В результате удалось получить бетон, имеющий высокую пластичность при низком содержании воды.

История и исследования

Исследования в Германии (Аахене) показали, что прочность на сжатие самоуплотняющегося бетона, как правило, выше, чем обычного "вибрируемого" бетона, а прочность на раскалывание, статический модуль упругости, усадка и ползучесть - такие же. Кроме того, материал обладал прекрасными свойствами по водонепроницаемости и, таким образом, был официально допущен и рекомендован для использования при сооружении водонепроницаемых сооружений. Бетон получил название "Dyckerhoff Liquidur" и, благодаря своим уникальным свойствам, стал активно распространяться по строительным площадкам Европы

Свойства

- 1) Прочность на сжатие. При равном содержании цемента и водоцементном соотношении самоуплотняющийся бетон имеет более высокую прочность на сжатие за счет более плотного состава смеси.
- 2) Прочность на растяжение. При аналогичных показателях прочности на сжатие самоуплотняющийся бетон имеет более высокую прочность на растяжение по сравнению с обычным.
- 3) Связь "бетон - арматура". Поскольку 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 значения.
- 4) 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.

Свойства

- прочность на сжатие через: 28 суток – 40÷80 МПа, 91 сутки – 55÷100 МПа;
- эластичность – 30÷36 ГПа;
- усадка ($\times 10^{-6}$) – 600÷800;
- соотношение связующее/вода – 40/25%;
- количество содержащегося воздуха – 4,5÷6%.

Свойства

Удобоукладываемость это способность бетонной смеси легко и в полном объёме заполнять форму, способность не расслаиваться на фракции при хранении (перевозке).

| Марка по удобоукладываемости | ОК, см | РК, см | Жесткость, с |
|------------------------------|--------|------------|--------------|
| СУ3 | | 76-85 | |
| СУ2 | | 66-75 | |
| СУ1 | | 55-65 | |
| | | | |
| Р6 | | 63 и более | |
| Р5 | | 56-62 | |
| Р4 | | 49-55 | |
| Р3 | | 42-48 | |
| Р2 | | 35-41 | |
| Р1 | | Менее 35 | |

Состав бетонной смеси для уплотняющихся бетонов

| Компоненты бетонной смеси | Расход составляющих на 1 м ³ бетонной смеси |
|---|--|
| Вода, кг | 175 |
| Портландцемент с пониженным тепловыделением, кг | 530 |
| Зола, кг | 70 |
| Мелкий заполнитель, кг | 751 |
| Крупный заполнитель, кг | 789 |
| Добавка суперпластификатор, кг | 9 |

Состав бетонной смеси для уплотняющихся бетонов

Для Европейского союза:

| | |
|---------------------------------------|------------|
| Вода, кг | 190 |
| Портландцемент, кг | 280 |
| Известковый наполнитель, кг | 245 |
| Мелкий заполнитель, кг | 865 |
| Крупный заполнитель, кг | 750 |
| Добавка суперпластификатор, кг | 4,2 |

Состав бетонной смеси для уплотняющихся бетонов

Для США:

| | |
|---------------------------------------|-------------|
| Вода, кг | 180 |
| Портландцемент, кг | 357 |
| Гранулированный шлак, кг | 119 |
| Мелкий заполнитель, кг | 936 |
| Крупный заполнитель, кг | 684 |
| Добавка суперпластификатор, мл | 2500 |

Состав бетонной смеси для уплотняющихся бетонов

Для Индии:

| | |
|---|-------------|
| Вода, кг | 163 |
| Цемент, кг | 330 |
| Зола высококальцевая, кг | 150 |
| Крупный заполнитель 10 мм, кг | 309 |
| Крупный заполнитель 20 мм, кг | 455 |
| Мелкий заполнитель, кг | 917 |
| Добавка суперпластификатор, мл | 2400 |

Требования к материалам

Для достижения высоких эксплуатационных характеристик самоуплотняющихся бетонов предъявляются очень жесткие требования к производственным материалам. Крупность мелкого заполнителя составляет не более 0,125 мм, причем 70 % из них размером 0,063 мм. Крупный заполнитель обязательно фракционируют по размерам 10–16 мм и 16–20 мм. Также допускается применение неорганических материалов с высокой удельной поверхностью, которые увеличивают водоудерживающую способность смеси (белая сажа, молотый асбест, бентониты).

Рецептуры самоуплотняющегося бетона по Окамуре базируются на следующих граничных условиях:

- насыпной объем заполнителя крупной фракции должен быть не более 50% объема бетона;
- объемная часть песка в растворе должна составлять 40%

Материалы

Пластифицирующие добавки

Механизм действия пластификаторов заключается в том, что частицы поликарбоксилатов адсорбируются на поверхности цементных зерен и сообщают им отрицательный заряд. В результате цементные зерна взаимно отталкиваются и приводят в движение цементный раствор (рис. 1). Только небольшая часть цементного зерна покрыта полимером, и свободной поверхности флоккулы (хлопьевидное скопление) состоящей из нескольких частиц цемента достаточно для доступа воды и протекания реакции гидратации. Отметим, что структуры полимеров различаются по длине основной цепи, длине боковых цепей, количеству боковых цепей и ионному заряду. Поэтому свойствами данных полимеров можно управлять, изменяя молекулярную структуру и направленно воздействуя на свойства бетона.

Материалы

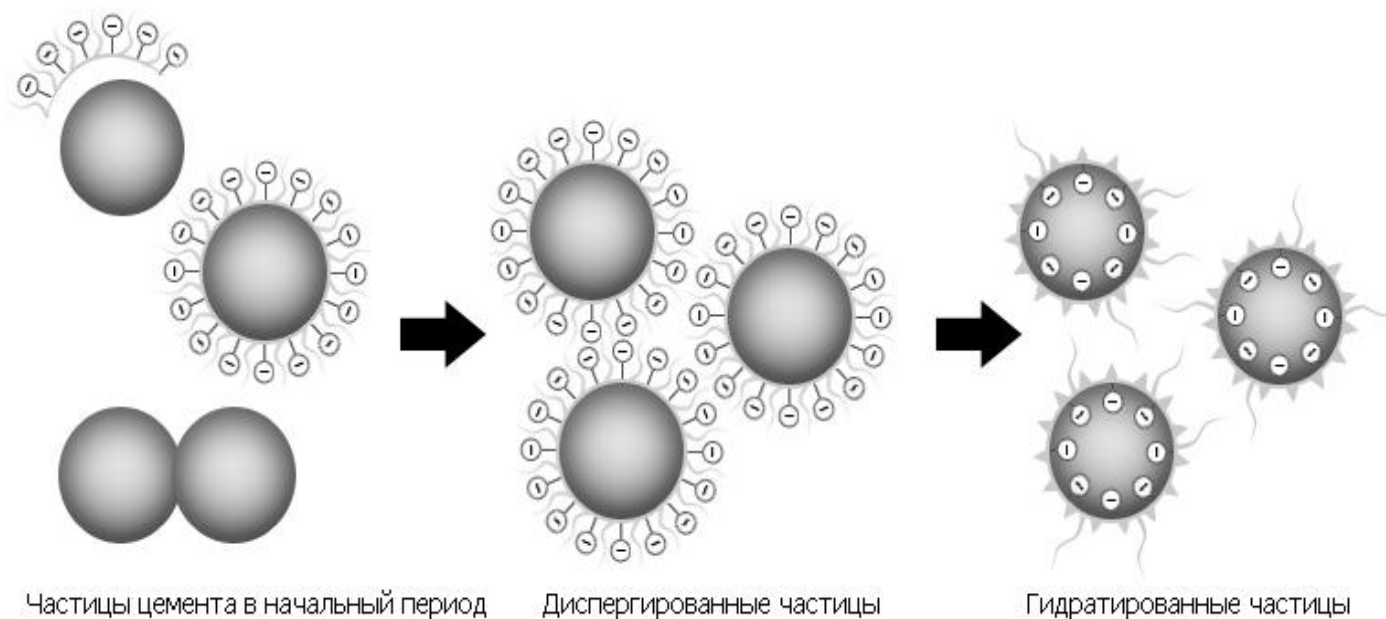


Рисунок 1. Механизм действия суперпластификатора

Трещинообразование

Трещинообразование в самоуплотняющемся бетоне может развиваться не под воздействием агрессивной среды, а за счет термических напряжений, так как при возведении крупных сооружений объемы формуемых монолитных конструкций зачастую составляют десятки и даже тысячи кубических метров. Известно, что в течение небольшого промежутка времени вследствие экзотермического эффекта температура бетона значительно возрастает и может превысить температуру окружающей среды. При этом для 1 м³ бетона разница температур между наружными и внутренними слоями может достигать 6–8 С.

Выделение тепла при твердении

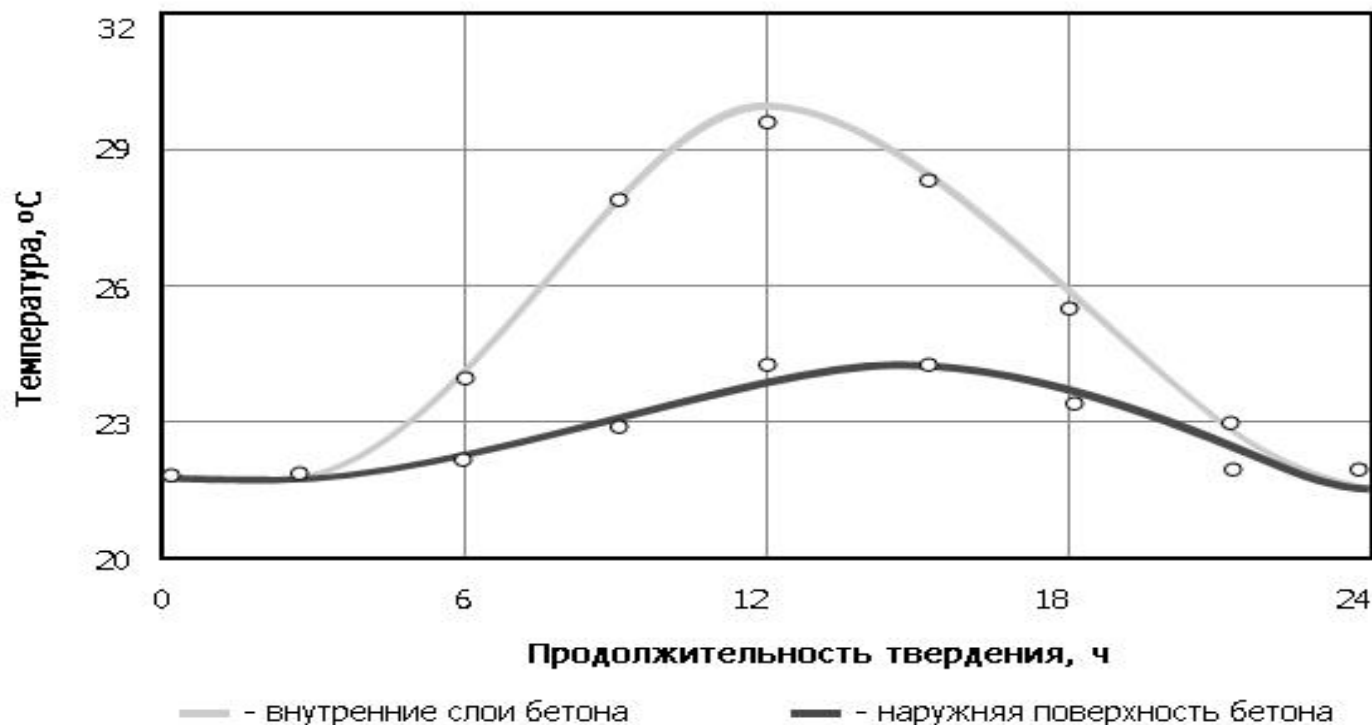


Рис. 2. Кинетика изменения температуры внутренних слоев и наружной поверхности бетона в процессе гидратации цемента

Способы уменьшения тепловыделения

Для снижения внутренних напряжений и, соответственно, риска трещинообразования рекомендуется использовать вяжущие вещества с низким тепловыделением, незначительным содержанием щелочей, сульфатостойкий или шлакопортландцемент.

Преимущества самоуплотняющегося бетона

Для заказчика - высокая безопасность капиталовложений за счет:

- возведения строительных конструкций высокой прочности, в которых исключены дефекты, вызванные ошибками при уплотнении бетонной смеси;
- сокращение продолжительности строительства.

Преимущества

Для архитектора - широкий выбор форм конструкций и возможности придания конструкции заданного внешнего вида за счет:

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

Преимущества

Для проектировщика - свободный выбор геометрической формы конструкций, обеспечение их долговечной эксплуатации и упрощение разработки проекта производства работ за счет:

- снижения трудоемкости и продолжительности работ по бетонированию (отпадает необходимость в уплотнении);
- возможности более плотного расположения арматуры;
- прочного сцепления арматуры с бетоном и проникания бетона в самые труднодоступные места;
- возможности подачи бетона непосредственно через опалубку, например, через отверстие в ней;
- более простой и менее массивной конструкции опалубки (из-за отсутствия процесса вибрирования бетона динамические и статические нагрузки на опалубку значительно снижены).

Преимущества

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

- интенсификации возведения конструкций из бетона;
- отсутствия необходимости уплотнения бетона и исключения ошибок, которые могли бы возникнуть при его уплотнении;
- работы персонала в безопасных условиях;
- самостоятельного растекания бетонной смеси по всей конструкции;
- исключения возможности расслоения бетонной смеси;
- отсутствия шума и вибрации, негативно воздействующих на персонал и на проживающих рядом со строительной площадкой людей.

Перспективы использования

На строительных площадках очень часто приходится сталкиваться с ситуациями, когда использование самоуплотняющегося бетона просто необходимо:

- при бетонировании на большой высоте или на воде, когда процесс уплотнения крайне затруднен, требует значительных средств и небезопасен для персонала;
- при бетонировании густоармированных конструкций, где обычный бетон не заполняет всю полость опалубки, что может впоследствии привести к появлению дефектов и преждевременной коррозии;
- при бетонировании конструкций сложной геометрической формы, а также конструкций, к которым предъявляются особые требования по качеству наружной поверхности;
- при бетонировании опор мостов, плотин, туннелей и других труднодоступных и ответственных сооружений, когда необходимо непрерывно подавать на объект большое количество бетона, а работа персонала крайне затруднена и небезопасна.

Спасибо за внимание!