

**НАУЧНЫЕ АСПЕКТЫ УПРАВЛЕНИЯ РЕОЛОГИЧЕСКИМИ
ХАРАКТЕРИСТИКАМИ БЕТОННОЙ СМЕСИ**

Жилкибаева А.М., докторант АО «МОК»

Естемесова А.С., к.т.н., ассоциированный профессор АО «МОК»

Казахская головная архитектурно-строительная академия,

Алматы, Республика Казахстан, E-mail: axaya73@mail.ru

Аннотация: В статье проводится анализ по механизму и регулированию удобоукладываемости бетонной смеси и регулирование ее за счет введения комплексных модифицирующих добавок.

Ключевые слова: бетон, удобоукладываемость, модифицированные добавки, вязкость, когезия

**БЕТОН АРАЛАШМАСЫНЫН РЕОЛОГИЯЛЫК МҮНӨЗДӨМӨЛӨРҮН
БАШКАРУУНУН ИЛИМИЙ АСПЕКТИЛЕРИ**

Аннотация: Макалада бетон аралашмасынын иштөө механизмин жана жөнгө салынуусун талдап, комплекстүү модификациялык кошумчаларды киргизүү жолу менен жөнгө салат.

Ачкыч сөздөр: бетон, иштөө мүмкүнчүлүгү, өзгөртүлгөн кошумчалар, илешкектүүлүк, биримдик.

**SCIENTIFIC ASPECTS OF RHEOLOGICAL CONTROL CHARACTERISTICS OF THE
CONCRETE MIX**

Abstract: The article analyzes the mechanism and regulation of the workability of the concrete mix and its regulation by introducing complex modifying additives.

Key words: concrete, workability, modified additives, viscosity, cohesion.

1. Введение

Для коагуляционно-кристаллизационных структур в основном отмечается зависимость между прочностью на начальном этапе структурообразования и конечной прочностью кристаллизационной структуры.

Реологические характеристики бетонных смесей, как и других материалов на основе цементных вяжущих, связаны с их структурой, изменяющейся в процессе гидратации и твердения. В этой связи оценка реологических свойств бетонных смесей необходима в технологическом процессе производства бетонных, железобетонных изделий и конструкций, особенно в процессе начального структурообразования бетона.

Рассмотрим основные факторы, которые влияют на реологические свойства бетонных смесей. Проведенные разными авторами научно-исследовательские работы установили факторы которые, по их мнению, влияют на реологию бетонных смесей. Среди них можно выделить следующие [1, С.5-7]:

- концентрация, гранулометрия и форма частиц заполнителя бетона;
- характер динамического воздействия на смесь;
- режим движения частиц, степень проявления тиксотропных свойств;
- фактор времени и другие параметры.

По мнению авторов [3], на реологические характеристики бетонной смеси влияют два основных структурных факторов: величина поверхности мельчайших фракций и масса крупных заполнителей.

2. Методы исследования

Авторами [4] предложена классификация факторов, влияющих на удобоукладываемость бетонной смеси, в соответствии с которой эти факторы делятся на

внутренние и внешние. К внутренним относятся: текучесть цементного теста; тип заполнителя и отношение объема цементного теста к объему заполнителя. Определено, что текучесть цементного теста определяется В/Ц, типом цемента (в частности, его удельной поверхностью, содержанием C_3A , содержанием гипса, содержанием щелочей), наличием добавок. Тип заполнителя определяется максимальным размером, зерновым составом, содержанием мелких частиц (<300 мкм), и пористостью. К внешним факторам относятся условия перемешивания, температура смеси и время выдержки от момента затворения (зависит от наличия ускоряющих или замедляющих добавок).

3. Результаты и их обсуждения

Исследования [5] показали, что химический и минералогический состав цемента мало влияет на реологические свойства цементного теста; исключение составляет цемент с регулируемыеми сроками схватывания, который при прочих равных условиях образует цементное тесто повышенной вязкости. Установлено, что при увеличении В/Ц вязкость цементного теста падает; такое же влияние оказывает более грубый помол цемента и перемешивание цементного теста в период гидратации.

Авторами [6] установлено, что процессы течения, скольжения и внутреннего трения, которые имеют место в бетонной смеси в результате приложения сдвиговых деформаций обуславливаются передвижением частиц бетонной смеси относительно друг друга и во многом определяются состоянием воды, находящейся между зёрнами цемента и заполнителя и на их поверхности или контактной зоне.

Эксперименты авторов [7] показали, что подвижность бетонной смеси определяется толщиной образующихся после затворения вокруг цементных частиц плёнок воды, играющих роль своеобразной «смазки», а также количеством цементного теста, окружающего зёрна заполнителей. Зная зерновой состав твердой фазы бетонной смеси можно рассчитать объём пустого пространства, занимаемого водой, а по мере гидратации - цементным тестом, и тем самым толщину плёнок воды вокруг зёрен твердой фазы, играющих роль «смазки». По мере химического связывания воды в процессе гидратации цемента уменьшается толщина указанных плёнок, что наряду с заполнением пространства между зёрнами твердой фазы гидратными новообразованиями приводит к постепенной потере пластичности.

В исследованиях [8] также установлено, что процесс течения бетонной смеси определяется реологическими характеристиками жидкости, находящейся между частицами твердой фазы, и трением между частицами.

Величина когезии в основном определяется количеством воды. Внутреннее трение зависит от количества и геометрии заполнителей.

Авторы утверждают [7], что реологическое поведение бетонных смесей определяется тремя основными параметрами: когезией, трением и вязкостью.

Указанные величины зависят от сил, действующих в бетонной смеси. Это силы трения, капиллярные силы, силы коагуляционного структурообразования и коллоидного взаимодействия.

Известно, что силы взаимодействия между твердыми частицами смеси имеют разную физическую природу и зависят как от размеров частиц, так и от объёма жидкой среды, её природы, наличия в ней ионов других веществ (от растворимых добавок), величины поверхностного натяжения.

Зёрна песка, щебня и пустоты между ними велики, удельная поверхность мала, и поэтому действие поверхностных сил практически ничтожно. Такая смесь не имеет связности, вода под действием сил тяжести вытекает из пустот между зёрнами заполнителя. При приложении внешних сил в такой смеси появляются механические силы внутреннего трения.

С уменьшением размера частиц (1–0,1 мм) возникают капиллярные силы. Смесь начинает приобретать связность. Капиллярные силы действуют при отсутствии избыточного количества воды, в местах контакта твердых частиц, в то время, как поры между частицами

заполнены воздухом. Действие сил поверхностного натяжения в образующихся водных менисках обеспечивают сцепление между частицами. Смесь имеет, как правило, жесткую консистенцию.

С уменьшением размера частиц до $0,1-2 \times 10^{-4}$ мм начинают появляться силы поверхностного взаимодействия – флокуляционные. На поверхности кристаллических материалов (цемент, тонкодисперсные добавки и т. д.) обычно возникают электрические заряды. В мельчайших частицах эти заряды играют доминирующую роль, способствуя образованию флюкул вследствие притяжения разноименных зарядов.

Причем вода во флюкулах делается неподвижной, объем пор во флюкулах большой. Гравитационные силы из-за малых размеров частиц проявляются незначительно. Смесь обладает высокой связностью, но требует повышенного расхода воды и характеризуется малой подвижностью.

Частицы коллоидных размеров $2 \times 10^{-4}, 10^{-6}$ мм взаимодействуют между собой через возникающую на поверхности сольватную оболочку, состоящую из воды, адсорбционно связанной на поверхности твердой фазы. Обладая дипольным моментом, молекулы воды в зоне действия силовых полей, созданных некомпенсированными молекулярными силами поверхности твердого тела, ориентируются и уплотняются. Электрическая ориентировка и громадные давления, возникающие в зоне действия молекулярных сил, приводят к тому, что вода в адсорбированных пленках становится неподвижной и приобретает некоторые свойства твердого тела: упругость, прочность на сжатие, пониженную точку затвердевания, почти вдвое большую плотность.

С удалением от твердой поверхности молекулярные силы ослабевают обратнопропорционально расстоянию, но вследствие полярности молекул воды образуются ориентированные цепочки в несколько десятков или сотен молекул, уходящие вглубь жидкой фазы. Длина таких цепочек зависит от свойств поверхности твердого тела и процессов, протекающих при гидратации. Толщина слоя такой ориентированной воды, во многих отношениях потерявшей свойства обычной жидкости, как правило, не более $0,15$ мкм [9]. Силы связывания и изменение свойств воды в диффузионном слое резко падают при переходе от мономолекулярного к полимолекулярным слоям воды. Постепенно от свойств твердого тела вода приближается к свойствам обычной, хотя подвижность ее остается ограниченной вплоть до слоя, где межмолекулярные силы перестают сказываться.

Образующиеся на поверхности коллоидных частиц полутвердые водные оболочки выполняют двойную функцию. С одной стороны, оболочки придают цементной суспензии связность и известную устойчивость (способность сопротивляться деформациям, возникающим под действием внешних сил, не нарушая своей сплошности и не утрачивая формы). С другой стороны, эти оболочки обладают как бы смазочными свойствами, облегчая скольжения твердых частиц одна по другой за счет действия отталкивающих сил и образования ориентированными молекулами воды плоскостей скольжения по местам более слабых водородных связей.

Бетонная смесь содержит частицы различных размеров, и поэтому в ней появляются все отмеченные выше силы. Однако на их эффективность влияет характер структуры бетонной смеси и взаимодействие между частицами разного размера. Мельчайшие частицы, осаждаясь и приликая к поверхности более крупных зерен, теряют подвижность, и для ее повышения необходимо введение дополнительного количества воды и мельчайших частиц. Увеличение количества воды повышает подвижность, но понижает сцепление бетонной смеси. Меняя соотношение частиц между собой и содержание жидкой фазы получают заданную подвижность и связность бетонной смеси.

Для увеличения подвижности бетонной смеси необходимо уменьшение флокулообразующих сил и увеличение сил отталкивания.

Относительная значимость силы взаимодействия между твердыми частицами бетонной смеси определяется размерами зерен и расстоянием между ними. Указанные силы изменяются во времени по мере того, как частицы цемента реагируют с водой.

Выводы

Таким образом: Для улучшения удобоукладываемости бетонной смеси необходимо уменьшать когезию, вязкость и трение в смеси. Однако чрезмерное уменьшение этих величин приводит к водоотделению и сегрегации в смеси, что влечет за собой резкое ухудшение строительно-эксплуатационных свойств бетона.

Указанные недостатки могут быть частично устранены путем введения в смесь добавочного количества цемента. Однако, это может явиться причиной появления трещин в бетоне за счет повышенного тепловыделения.

Поэтому, важной процедурой при подборе состава бетона, является проблема прогнозирования реологических характеристик и технологических свойств бетонной смеси.

Улучшение реологических характеристик бетонной смеси может быть найдено в результате применения комплексных модифицирующих добавок.

Литература:

1. Гирштель Г.Б. Принципы математического моделирования в реологии бетонных смесей. Principles of mathematical modelling in rheology of concrete mixes. //Реологиябетонныхсмесейиетехнологическиезадачи: Тез. докл. III Всес. симпоз. -Рига: РПИ, 1979. - С.5-7.

2. Овчинников П.Ф. Реологические модели бетонной смеси с учетом уплотняющих устройств. Rheological models of a concrete mix in view of packing devices. //Реологиябетонныхсмесейиетехнологическиезадачи: Тез. докл. III Всес. симпоз. -Рига: РПИ, 1979. - С.8-10.

3. Смирнов А.В. К вопросу о взаимосвязи реологических характеристик и технологических параметров бетонных смесей. To a question on interrelation of the rheological characteristics and technological parameters of concrete mixes. /Куйбыш. фил. Всес. ин-та по проектир. орг. энерг. стр-ва. - Куйбышев: 1989. -7 с.

4. Colleparidi M. The Influence of Admixtures on Concrete Rheological Properties. Влияниедобавокнареологическесвойствабетона //Cemento. -1982. -№4. -pp.217-242.

5. Jones T.E.R., Taylor S. A Mathematical Model Relating the Flow Curve of a Cement Paste to its water/cement ratio. Математическая модель зависимости кривой течения цементного теста от В/Ц. //Mag. Concr. Res. -1977. -№101. -pp.207-212.

6. Kakuta S., Akashi T. Evaluation of Viscosity of Cement Paste. Оценкавязкостичементноготеста. //Rev. 32nd Gen. Meet. Cem. Assoc. Jap. Techn. Sess., Tokyo, 1978, Synopses. -Tokyo. -1978. -pp.53-54.

7. Massazza F., Costa U. Rheological Problems Related to the use of Cement. Реологическиепроблемыцементныхбетонов. //Cemento. -1982. -№4. -pp.217-242.

8. Mizuguchi H., Ohyama R. Relation between Rheological Constants of Fresh Mortar and Grading of Fine Aggregate. Зависимость между реологическими константами растворной смеси и гранулометрией песка. //Rev. 35nd Gen. Meet. Cem. Assoc. Jap. Techn. Sess., Tokyo, 1981, Synops. - Tokyo. -1981. -pp.80-82.

9. Odler I., Becker T., Weiss B. Rheological Properties of Cement Pastes. Реологическиесвойствацементноготеста. //Cemento. -1978. -№3. -pp.303-310.