

2. Материалы для производства бетона.

Вяжущее вещество и вода — активные составляющие бетона, так как в результате химической реакции они переходят в твердую фазу и образуют цементный камень. В качестве заполнителей применяют песок, щебень, гравий, шлаки и другие материалы горных пород и отходов производства. Заполнители и вода составляют 85...90%, вяжущие (цемент и др.) — 10...15% массы бетона. Заполнители в реакции твердения не участвуют, поэтому называются инертными материалами. Цементный камень связывает мелкий и крупный заполнители и образует жесткий скелет, который воспринимает внешние нагрузки. Вяжущее выбирают с учетом особенностей эксплуатации конструкции, требуемой прочности и условий твердения бетона.

В некоторых бетонах крупный заполнитель отсутствует. К ним относятся пено- и газосиликатные бетоны, которые используют в ограждающих тепло-, звуко- и вибропоглощающих конструкциях.

Составляющие бетона должны по своим свойствам отвечать определенным требованиям, которые устанавливаются Государственными стандартами (ГОСТами). Отклонения от требований стандарта для вяжущего, заполнителей или воды, как правило, приводят к изменению свойств бетона, а следовательно, его физико-механических и эксплуатационных характеристик.

Вяжущие материалы. Для приготовления бетона широко используют неорганические вяжущие вещества, которые при смешивании с водой в результате физико-химических процессов способны переходить из жидкого или тестообразного состояния в камневидное, т. е. твердеть, постепенно набирая прочность.

Вяжущие вещества подразделяют на гидравлические (цементы), твердеющие как на воздухе, так и в воде, и воздушные (например, известь, гипс), твердеющие только на воздухе. Отличительное свойство гидравлических вяжущих — способность в течение длительного периода (многие годы) повышать свою прочность. Достигнув воздушно-сухого состояния, они прекращают дальнейшее упрочнение. В строительстве в основном используют бетоны на цементных вяжущих.

Виды цемента. В зависимости от вида сырья цементы подразделяют на портландцемент обычный, с минеральными добавками и быстротвердеющий, шлакопортландцемент, быстротвердеющий шлакопортландцемент, сульфатостойкие портландцемент и шлакопортландцемент, пуццолановый портландцемент. Выпускают специальные виды цемента. К ним относятся белый и цветные портландцементы,

напрягающийся, расширяющийся и безусадочные цементы, фосфатные (жаростойкие), кислотоупорный.

Исходным сырьем для получения цемента являются известняковые мергели или сырьевые смеси, состоящие в основном из 75...78% известняка и 22...25% глины. Вместо глины иногда используют диатомит, трепел, глинистые сланцы, доменные шлаки, которые близки по химическому составу глине.

При подготовке сырьевой смеси известняки и глину измельчают и смешивают, затем смесь подают в печь для обжига. При обжиге при 1200... 1450° С в смеси происходят сложные физико-химические процессы. В результате обжига получают спекшуюся твердую массу (клинкер), состоящую из гранул размером с горошину или орех. Раскаленный клинкер охлаждают струей воздуха, после чего измельчают в мелкий порошок.

Основные свойства. Немаловажное влияние на свойства цемента оказывает тонкость помола клинкера: чем тоньше его измельчают, тем большей склеивающей способностью он обладает. Это объясняется тем, что при уменьшении размеров частиц процесс твердения цемента ускоряется.

Для регулирования свойств цемента при помоле в клинкер вводят гидравлические добавки (до 15% от общей массы), такие, как диатомиты, трепелы, опоки и гипс (до 3%), которые улучшают качество и удешевляют стоимость цемента.

Основным свойством, характеризующим качество любого цемента, является его прочность на сжатие (марка). За показатель прочности цемента принимается его так называемая активность, которая соответствует пределу прочности при сжатии.

Марка цемента определяется пределом прочности при сжатии образцов, изготовленных по ГОСТ 310.4— 81 и испытанных через 28 сут с момента изготовления.

Прочность цементов на сжатие колеблется от 30 до 60 МПа, что соответствует маркам М300, М400, М500, М600. Если прочность контрольных образцов окажется 47 МПа, то активность этого цемента будет также 47 МПа, а его марка — М400. При проектировании состава бетона лучше учитывать активность цемента, так как при длительном хранении его активность может оказаться ниже марки.

Промышленность выпускает в основном цементы М400 и М500. В настоящее время налажено производство цементов марок М600 и выше, прочность которых нарастает быстрее, чем цемента низких марок: через 3 сут цемент М500 имеет прочность 20...25 МПа, в то время как М400 — 10...12 МПа. При применении цементов высоких марок сокращаются сроки изготовления железобетонных конструкций, снижаются транспортные расходы, так как расход на приготовление 1 м³ бетона ниже, чем цементов низких марок.

При смешивании цемента с водой получают цементное тесто, которое постепенно загустевает, т. е. начинает схватываться. Характеризуют цементное тесто двумя показателями: нормальной густотой и сроками схватывания.

Сроки схватывания цемента определяют специальным прибором, принцип действия которого основан на измерении глубины погружением иглы в цементное тесто в начальный и конечный моменты схватывания, т. е. начало и конец превращения материала в твердое тело.

Начало схватывания должно наступать не ранее 45 мин, а конец — не позднее 10 ч от начала затворения. Такие сроки дают возможность транспортировать и укладывать бетонные смеси до начала их схватывания.

Процесс твердения цемента — химическая реакция, которая сопровождается выделением теплоты (экзотермией). Это приводит к значительному нагреву бетона при бетонировании больших массивов. Неравномерность распределения температуры по объему конструкции, вызванная охлаждением поверхностных частей, приводит к возникновению внутренних напряжений, способствующих растрескиванию бетона. Поэтому при возведении массивных конструкций применяют бетоны на цементах, выделяющих меньше теплоты. При этом поверхности бетонируемых конструкций предохраняют от охлаждения с таким расчетом, чтобы разница температур на поверхности и внутри конструкций была незначительной. Это позволяет снизить внутреннее напряжение в бетонируемом массиве и предотвратить образование трещин.

Тепловыделение цемента при твердении является полезным, так как с повышением температуры скорость набора прочности бетоном возрастает. Это особенно важно при возведении монолитных конструкций в холодный период.

Цемент используют в строительстве в огромных количествах. Несмотря на то что выпуск его постоянно увеличивается, растет и его потребление. Поэтому необходимо относиться к нему бережно: соблюдать правила и сроки хранения и транспортирования, предохранять от увлажнения, не допускать потерь, экономно расходовать. Например, за год хранения цемента активность снижается на 30...40%, поэтому запасы его не должны превышать 7... 10-дневного расхода при доставке цемента по железной дороге и 5...7-дневного — автотранспортом.

Цемент, который длительное время хранился на складе, перед употреблением подвергают лабораторным испытаниям (определяют его активность или марку).

Заполнители занимают в бетоне до 80% объема и существенно влияют на его прочность, долговечность и стоимость. За счет заполнителей сокращают расход цемента, повышают проч ность бетона, чем увеличивают долговечность сооружений.

Стоимость заполнителя составляет почти половину стоимости бетонных и железобетонных конструкций, поэтому применение в качестве заполнителей местных или более дешевых материалов позволяет снизить стоимость строительства, уменьшить объем транспортных перевозок, сократить сроки строительства.

Заполнители для бетона делятся на мелкие и крупные. Мелким заполнителем может служить естественный или искусственный песок, а крупным — щебень и гравий. Требования к заполнителям регламентируются ГОСТ 10268—80 и 9757-87. Зерновой состав, прочность и чистота заполнителя существенно влияют на свойства бетона.

Песок представляет собой рыхлую смесь зерен. Крупность зерен колеблется от 0,14 до 5 мм. Пески делятся на природные, образовавшиеся в результате выветривания горных пород, и искусственные, получаемые путем дробления твердых горных пород, материалов или отходов производства (доменных или топливных шлаков, керамзита, перлита и др.).

Чаще всего в природе встречаются кварцевые пески с примесью полевого шпата, слюды и зерен других минералов, которые наиболее пригодны для бетонов. Наибольший эффект достигается при использовании кварцевых песков с шероховатой поверхностью зерен. Такие пески, обладая большим сцеплением, повышают прочность бетона.

Зерновой состав определяют просеиванием 1 кг сухого песка через стандартный набор сит с отверстиями диаметром 5; 2,5; 1,25; 0,63; 0,3 и 0,14 мм. Просеивание начинают с сита с отверстиями 5 мм. В результате просеивания определяют остаток песка на каждом сите по массе. Зерна песка, оставшиеся на каждом сите, называют частным остатком. Масса этого остатка выражается в процентах от общей массы просеиваемого песка.

Для бетона наличие зерен крупнее 10 мм не допускается, а зерен размером 5... 10 мм должно быть не более 5%. Содержание в песке зерен, проходящих через сито с диаметром отверстий 0,14 мм, не должно превышать 10%, а содержание глинистых и пылеватых примесей - 3%. Наиболее вредна примесь глины, так как она препятствует сцеплению составляющих. От глинистых примесей песок очищают промывкой.

Для бетона наиболее пригодна смесь среднего и крупного песка. Использовать песок с модулем крупности менее 1,5 и более 3,5 не рекомендуется. Крупный песок имеет большой объем межзерновых пустот, который придется заполнять цементным тестом, что невыгодно.

Гравий — рыхлый материал, образовавшийся в результате естественного разрушения (выветривания) горных пород,— состоит из окатанных зерен размером 3...70 мм. У морского и речного гравия зерна более округлой (окатанной) формы, чем у горного.

Для бетонов предпочтительнее гравий с зернами малоокатанной формы, что улучшает их сцепление с цементным камнем.

Крупность гравия определяют путем просеивания через стандартный набор сит с круглыми отверстиями диаметром 70; 40; 20; 10 и 5 (или 3) мм. Наибольший размер зерен гравия (а также щебня) не должен превышать $1/4$ размера наименьшего сечения конструкции и $3/4$ наименьшего расстояния между арматурными стержнями. Например, для изготовления балок шириной 200 мм размер зерен гравия должен быть не более 50 мм. При бетонировании малоармированных массивных конструкций (фундаментов, эстакад, стенок) допускается применять гравий с зернами крупностью 120... 150 мм.

Щебень получают дроблением горных пород (например, гранита, диабаз, прочного известняка) на камнедробилках с отделением зерен размером менее 3 мм. Форма зерен щебня остроугольная. Для изготовления бетона лучше всего подходит щебень, близкий по форме к кубу или тетраэдру.

Щебень не должен содержать комков глины, суглинка и других примесей. Загрязнение заполнителя ухудшает качество бетона. Присутствие глинистых и других примесей снижает прочность и морозостойкость затвердевшего бетона. Пылеватые глинистые частицы, обволакивающие зерна заполнителя, ухудшают их сцепление с цементным камнем. При нагружении такой бетон начинает разрушаться в контактных зонах между цементным камнем и зернами заполнителя.

Находящиеся в заполнителе комья глины или суглинка впитывают и хорошо удерживают воду. При отрицательных температурах вода замерзает, увеличиваясь в объеме. Это приводит к возникновению дополнительных напряжений в бетоне и его разрушению, т. е. снижению морозостойкости конструкций.

При выборе крупного заполнителя для бетона оценивают его физико-механические свойства. Использование заполнителей с низкими физико-механическими характеристиками снижает прочность бетона, и более высокие прочностные характеристики цементного камня в этом случае оказываются неиспользованными. Таким образом, повышением прочности цементного камня при низкопрочном заполнителе невозможно получить бетон высокой прочности.

При выборе следует учитывать и экономический показатель — стоимость 1 м³ заполнителя. Предпочтительнее использовать местные материалы, так как они не требуют высоких транспортных расходов.

Для приготовления легких бетонов используют легкие пористые заполнители. Они бывают природные, которые получают дроблением пористых горных пород (пемзы, вулканических туфов, ракушечников), и искусственные, изготавливаемые из

промышленных отходов (например, топливных шлаков, гранулированных доменных шлаков, зольного гравия), а также специально приготовленные.

Промышленность строительных материалов выпускает искусственные легкие заполнители (керамзитовый гравий, песок, вспученный вермикулит, перлитовые вспученные песок и щебень, аглопоритовые, шлакопемзовые и шенгузитовые песок и щебень) с заданными свойствами, что позволяет получать более прочные и более легкие бетоны.

Вода. Для приготовления бетона применяют воду (ГОСТ 23732—79), которая не должна содержать примесей, задерживающих твердение цемента, вызывающих его коррозию и образующих высолы на открытых поверхностях конструкций. К таким примерам относятся соли и кислоты. Болотная вода, богатая органическими примесями, а также сточные воды, содержащие жир, сахар, кислоты и другие включения, для приготовления бетона непригодны. Обычно используют водопроводную воду, и в ряде случаев — морскую, если содержание солей в ней не превышает 5000 мг/л. Нельзя применять морскую воду при бетонировании внутренних конструкций жилых и общественных зданий в жарком и сухом климате, так как морские соли могут выступить на поверхность бетона или вызвать коррозию арматуры.