

СТРОИТЕЛЬНЫЕ КОНСТРУКЦИИ

М. З. СИМОНОВ

БУДУЩЕЕ БЕТОНА И ПРОБЛЕМА СЫРЬЯ

Универсальные и высокие технические достоинства бетона обеспечили ему безраздельное господство в современном строительном производстве. «Наилучшим из строительных материалов, изобретенных человечеством» называют бетон в наше время. Но сохранит ли бетон свое значение и в будущем и из чего будет изготавливаться?

Для того, чтобы наши экстраполяции были, насколько это возможно, обоснованными, необходимо прежде всего проанализировать тенденции, определившиеся в развитии бетона и железобетона в течение истекшего длительного периода, а также изучить особенности строительства намечаемого на обозримое будущее и резервы дальнейшего совершенствования бетона. При этом очевидно, что одним из решающих критериев перспективности применения бетона в будущем должно быть соответствие потребляемого им сырья интересам рационального использования природных ресурсов.

Качественные изменения за 50 лет. Представление о тенденциях в развитии бетона и железобетона в нашей стране и происшедших качественных изменениях достаточно точно можно получить из сопоставления между собой двух основных нормативных документов: ТУ и Н 1931 г. [1] и действующих в настоящее время СН и П 1121-75 «Бетонные и железобетонные конструкции» [2], которое позволяет констатировать, что в течение истекших лет в свойствах основных материалов для бетона и железобетона произошли следующие изменения.

В области цемента — повышение марок по прочности на сжатие до двух раз, увеличение их видов, а также появление цемента с добавкой поверхностно активных веществ, декоративных цемента, расширяющихся и напрягаемых цемента.

В области заполнителей — увеличение числа видов плотных и пористых заполнителей, в том числе из отходов промышленности и изменения прочностных требований в сторону понижения.

В области бетонов — увеличение числа их видов, повышение марок по прочности на сжатие бетонов на плотных заполнителях — до 4-х раз и бетонов на пористых заполнителях — до 8 раз, увеличение видов теплоизоляционных бетонов с существенно низкими объемными весами.

В области арматурных сталей — появление стержневой арматуры периодического профиля, проволочной и прядевой арматуры, повышение прочности стержневой арматуры до 3-х раз и проволочной — до 6 раз, переход от обычного армирования бетона к напрягаемому при использовании высокопрочных арматурных сталей.

Развитие взглядов на расчеты железобетонных конструкций. В ТУ и Н 1931 г. расчет железобетонных конструкций был принят по допускаемым напряжениям, в то время как в СНиП П-21-75 — расчет по предельным усилиям, который принципиально отличается от предыдущего. В статье [3] обстоятельно излагается сущность изменений, происшедших за истекший полувековой период во взглядах на расчеты строительных конструкций. Поэтому остановимся только на некоторых деталях рождения и развития новых путей расчета железобетонных конструкций, предложенных А. Ф. Лолейтом. В 1932 г. он показал, что расчет по допускаемым напряжениям, принятый во всех странах, приводит к слабому использованию сжатой зоны бетона и для усиления ее часто требуется постановка сжатой арматуры. Этот недостаток метода расчета особенно наглядно проявлялся в изгибаемых армированных элементах из низкомарочного легкого бетона, для которых фактическая разрушающая нагрузка превосходила определяемую расчетом допускаемую нагрузку в несколько раз.

Расчет изгибаемых элементов по стадии разрушения по его предложению строился на следующих принципах [4]: в растянутой зоне работает только арматура, достигая предела текучести, поскольку бетон растянутой зоны при удлинении, соответствующих началу текучести арматуры, образует трещину; усилие в сжатой зоне определяется условиями равновесия, причем, распределение напряжений по высоте сжатой зоны бетона принимается по трапециoidalной эпюре, исходя из чего определяется и плечо внутренних сил. Так же просто решались и расчеты разрушающего усилия для растянутого и короткого сжатого элементов.

А. Ф. Лолейт в ЦНИИССе возглавил широкие исследования по экспериментальной проверке и развитию расчета по разрушающим усилиям. Исследования, начатые в новом направлении в ЗИСе, прежде всего относились к легкому железобетону. Результаты выполненных нами теоретических и экспериментальных исследований по проверке предложений А. Ф. Лолейта были обобщены в [5].

Развитие масштабов применения в монолитном и сборном строительстве конструкций из легкого железобетона и эффективность их расчета методом разрушающих нагрузок потребовали создания в 1937 г. нормативного документа [6], т. е. раньше создания подобного документа для обычного железобетона.

Обе указанные книги были изданы с предисловием К. С. Завриева, который, исходя из стадии разрушения, дал решение совместного действия изгиба и сжатия, а в 1933 г. на основе метода расчета по разрушающим усилиям опубликовал формулы расчета железобетонных элементов [7].

Первые общие нормы проектирования железобетонных конструкций, в которых регламентировался расчет по несущей способности, были разработаны под руководством А. А. Гвоздева и утверждены комитетом по делам строительства при СНК СССР в 1938 году.

Для истории развития отечественного железобетона важно упомянуть работы Н. Ф. Хончалова [8], оказавшей влияние на разработку метода расчета конструкций по предельным состояниям, Я. В. Столярова [9 и др.], а также В. И. Мурашева [10] по разработке методов расчета железобетонных конструкций в эксплуатационной стадии: деформации и трещинообразования.

Количественные изменения за 50 лет. Для суждения о количественных изменениях в области производства основных строительных материалов за период выполнения пятилетних планов ограничимся сопоставлением данных последних лет первой и девятой пятилеток, соответствующих датам разработки упомянутых ТУИН 1931 г. и СНиП II—21—75.

Производство их увеличилось: стали—с 5,9 до 141 млн. т; цемента—с 3,5 до 120 млн. т; извести—с 3,0 до 24,4 млн. т; лесоматериалов—с 24,4 до 116 млн. м³. За указанный период производство цемента и, соответственно, бетона увеличилось в 35 раз, опередив темпы увеличения производства стали.

Произошли коренные изменения в характере производства бетонных работ. В 1965 году производство сборного железобетона достигло до 50% от всего объема применяемого бетона. Новым является создание и развитие производства предварительно напряженного железобетона, достигшего в 1975 году уровня 27 млн. м³, и легкого железобетона, получившего признание как наиболее перспективного вида железобетона. Производство различных видов пористых заполнителей для легкого железобетона, в том числе из отходов промышленности, достигло уровня 39 млн. м³.

Обращает внимание факт относительно незначительного увеличения масштабов производства лесоматериалов—всего до 5 раз. Замена дерева бетоном в таких массовых конструкциях, как междуэтажные перекрытия, перегородки, стропильные фермы, железнодорожные шпалы и т. п., обеспечила прежде всего повышение огнестойкости и долговечности этих конструкций. Но еще более важным является то обстоятельство, что бетон, заменяя древесину в строительстве, способствовал сохранению значительных площадей лесных массивов, послужив этим интересам защиты природы.

Изменения в развитии строительства в обозримом будущем. Строительство все более расширяется и усложняется. Жилые здания поднимаются в высоту, промышленные здания раздвигаются вширь, увеличиваются пролеты сооружений. Неуклонно будет расширяться строительство в новых малоосвоенных и неосвоенных районах: в жарких и засушливых или, наоборот, в холодных—на Дальнем Востоке и Сибири, все больше приближаясь к побережью Северного ледовитого океана.

В недалеком будущем намечается переброска части северных рек на южные и засушливые районы страны. Это потребует осуществления гидротехнического строительства в невиданно крупных масштабах. В будущем здания и сооружения будут строиться не только на поверхности земли и под землей, но и на поверхности морей и океанов и морском дне.

Все наши представления и определившиеся в строительстве тенденции свидетельствуют о том, что в указанных усложняющихся условиях строительства, в обозримом будущем бетон не только сохранит, но и существенно расширит свое значение. Именно бетон должен помочь человеку решить кардинальную проблему всевозрастающего значения—безопасно и экономично эксплуатировать богатейшие ресурсы океанов.

Резервы усовершенствования бетона. Бетон представляет собой гетерогенную физико-химическую систему, в которую входят различные по физическим свойствам и химическому составу материалы, из которых неизменно являются взятые в определенных сочетаниях сыпучие каменные материалы (заполнители) и цемент с водой, соединяющие их при затвердении в единый монолит заданной формы.

Зерна заполнителей отделены от цементного камня физической поверхностью раздела, на котором скачкообразно меняется ряд свойств системы: прочность; деформативность; плотность; коэффициент температурного расширения; теплопроводность и др. Это накладывает свои особенности на свойства бетона и эффективность использования в нем соответствующих его компонентов.

Из рассмотрения существующих эмпирических формул для расчета составов бетона следует, что плотные заполнители не влияют на его прочность, хотя последние в 5—10 раз прочнее бетонов. Такое неполноценное использование заполнителей в бетоне сопровождается приданием ему ряда других серьезных недостатков: высокой объемной массы и коэффициента теплопроводности; относительно раннего начала микротрещинообразования и др. Ключ, позволяющий вскрыть главный резерв усовершенствования обычного бетона, заключается в замене в нем заполнителей плотного строения пористыми.

Оптимальным является использование в бетоне заполнителей с такой пористостью, когда их прочность, плотность, деформативность и объемная масса близки к аналогичным свойствам цементного камня в бетоне заданной марки. При этом уменьшается масса расходуемого сырья на производство заполнителей, улучшается строение бетона и повышается однородность его по сечению, уменьшается собственный вес конструкции и стоимость транспортных операций, а также толщина ограждающих конструкций за счет улучшения теплозащитных свойств бетона.

Указанные основные преимущества стимулируют опережающее развитие производства и применение бетонов на пористых заполнителях.

Проблема сырьевого обеспечения бетона в будущем. Уже в 1975 году нерудной промышленностью для производства цемента и бетона было добыто 800 млн. м³ или свыше 1 млрд. 200 млн. т природного сырья. Его перевозка потребовала загрузки железнодорожного транспорта в размере 26% (947 млн. т), а речного 59% (281 млн. т) от всех перевезенных грузов. В том же году такие крупные горно-добывающие отрасли, как угольная и железорудная вместе взятые, выработали заметно меньшую продукцию.

Имеются данные, согласно которым бетон, изготавливаемый в нашей стране, поглощает свыше половины всех добываемых полезных ископаемых.

Учитывая дальнейшее интенсивное расширение масштабов применения бетона, из всех известных задач его совершенствования, наибольшую значимость и актуальность приобретают уменьшение массы затрачиваемого сырья на единицу объема бетона и повышение его марки, что достигается переходом на пористые заполнители и дальнейшим повышением марки цемента. Плотные заполнители должны сохранить преимущественное применение в высокомарочных бетонах. Всемерное расширение должно получить производство заполнителей из пористых горных пород — туфов, пемз, вулканических шлаков, пористых известняков, известняков-ракушечников, опок, трепелов — диатомитов и др.

В первую очередь эти заполнители должны изготавливаться из отходов производства штучных стеновых камней и облицовочных плит из пористых горных пород и отвалов в заброшенных карьерах. В Армянской ССР, где в крупных масштабах добыча камней из пористых горных пород началась еще в годы первой пятилетки, республика на десятки лет может быть обеспечена заполнителями для бетонов путем полной выработки действующих или заброшенных карьеров, не прибегая к открытию новых. Очистка всех отработанных карьеров является необходимой и для рекультивации нарушенных земель в этих карьерах.

Крупнейшим источником получения заполнителей являются отходы металлургической (доменные шлаки), химической (фосфорные шлаки), угольной (отходы углеобогащительных фабрик) и энергетической (золы тепловых электростанций) промышленности. Порошкообразные отходы и хвосты обогащения руд цветных металлов будут использоваться непосредственно в качестве кремнеземистых компонентов ячеистых бетонов, а также в качестве компонента портландцемента.

Генеральной тенденцией совершенствования бетона на будущее время сохранится стремление к повышению его прочности и снижению его объемной массы, в результате чего будет уменьшаться сечение элементов конструкций и сокращаться расход материалов.

ԲԵՏՈՆԻ ԱՊԱԳԱՆ ԵՎ ՀՈՒՄՔԻ ՊՐՈՐԼԵՄԸ

Ա մ փ ո փ ո լ մ

Գիտարկված է բետոնի և երկաթբետոնի զարգացման պրորլեմը ցեմենտի ամրության մակնիշի, ամրանային պողպատների ամրության աճի և թեթև երկաթբետոնե կառուցվածքների հաշվարկման մեթոդների կատարելագործման հիման վրա:

Բացահայտված են երկաթբետոնե կառուցվածքների կատարելագործման ուղեբովները բետոնի ամրության աճի և մի շարք արտադրությունների թափոններից ստացված թեթև ծակոտկեն լցանյութերի օգտագործման միջոցով:

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. ТУи Н на проектирование и возведение железобетонных сооружений, утвержденные приказом по ВСНХ СССР № 339 от 2 июня 1931 г.—М.—Л., гос. науч.-тех. изд., 1931.
2. СНиП П-21-75. Бетонные и железобетонные конструкции. Утвержд. постановлением Госстроя СССР № 196 от 24 ноября 1975 г. М., стройиздат, 1976.
3. Гвоздев А. А. Эволюция взглядов на задачи и методы расчета строительных конструкций.—Изв. АН СССР, Механика твердого тела, 1981, 2.
4. Лолейт А. Ф. Результаты опытной проверки основных положений расчета изгибающих железобетонных элементов по принципу критических усилий. Литограф. зап. М., изд. ЦНИИПС, 1933.
5. Симонов М. З. Вопросы расчета обычного и легкого железобетона.—Тифлис, изд. ЗИС, 1935.
6. Симонов М. З. Конструкции и сооружения из легкого железобетона (Инструкция по проектированию и возведению).—Тбилиси, ТНИС, 1937.
7. Завриев К. С. Формулы расчета железобетонных элементов. В кн.: Тр. Закавказ. инст. сооруж. Тифлис, 1933.
8. Хоциалов Н. Ф. Запасы прочности. Строительная промышленность, 1929, № 10.
9. Столяров Я. В. Введение в теорию железобетона.—М., стройиздат, 1941.
10. Мурашев В. И. Трещиностойчивость, жесткость и прочность железобетона.—М., машстройиздат, 1950.