

2. На основании проводимых исследований создаются теоретические основы и методы расчета конструкций заглубленных зданий с учетом внешних воздействий (механических, физических и химических), а именно: расчет прочности устойчивости и трещиностойкости железобетонных конструкций заглубленных зданий с учетом взаимодействия с окружающим грунтом; расчет тепловых потерь заглубленных зданий; расчет железобетонных конструкций заглубленных зданий с учетом развития коррозионных процессов в бетоне и арматуре; расчет радиационных воздействий естественных радионуклидов.

3. На основании выявления закономерностей взаимодействия конструкций заглубленных зданий с окружающей средой, возможно создание рациональных заглубленных зданий, удовлетворяющих требованиям надежности, комфортности и экологической безопасности.

УДК 624.012

#### ВОПРОСЫ СОВМЕСТНОЙ РАБОТЫ "СТАРОГО И "НОВОГО" (РЕМОНТНОГО) БЕТОНА В ОТРЕМОНТИРОВАННОМ ИЗГИБАЕМОМ ИЛИ ВНЕЦЕНТРЕННО СЖАТОМ ЖЕЛЕЗОБЕТОННОМ ЭЛЕМЕНТЕ

*А.С. Носов асп., Л.А. Кудряшов асп., Р.О. Красновский к.т.н.  
ЗАО "Институт "Оргэнергострой", г. Москва, Россия*

В настоящее время эксплуатируется большое количество зданий и сооружений, нуждающихся в ремонте или реконструкции. Основной причиной снижения несущей способности железобетонных конструкций является коррозия арматуры и/или разрушение сжатой зоны бетона в результате влияния агрессивных сред и/или силового воздействия.

В последнем случае при ремонте и реконструкции возникает необходимость в удалении разрушенного бетона и замене его новым (ремонтным) бетоном.

Особенность реконструкции, при этом, состоит в том, что ремонтируемое сооружение или его элементы, как правило, находятся в нагруженном состоянии, т.к. как на него продолжает действовать постоянная нагрузка от собственного веса. Кроме того, механические характеристики старого и нового бетонов могут значительно различаться.

Механические (прочностные и деформационные) характеристики бетона при сжатии определяются его полной (с нисходящей ветвью) диаграммой деформирования (Рис. 1).

Чем нисходящая ветвь длиннее, тем большими пластическими свойствами обладает бетон данного состава.

Эти условия необходимо учитывать при определении несущей способности усиленного железобетонного элемента.

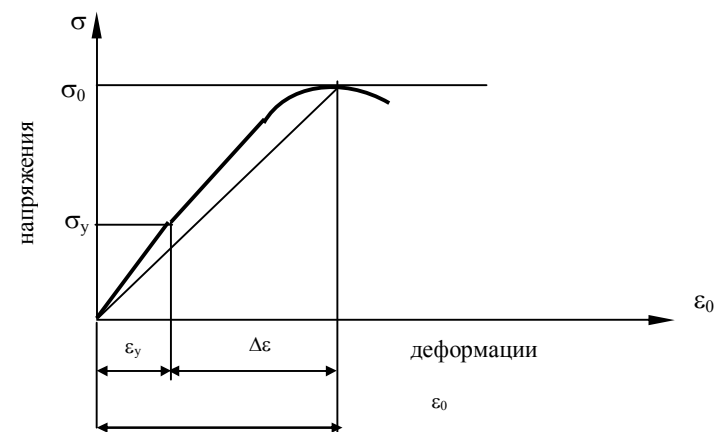


Рис. 1 Полная (с нисходящей ветвью) диаграмма деформирования.

Усиление железобетонных конструкций с путем замены разрушенного бетона сжатой зоны новым ремонтным бетоном имеет смысл в тех случаях, когда бетон и арматура продолжают работать в упругой стадии.

Особенность определения несущей способности усиленного железобетонного сечения, состоящего из двух видов бетона, состоит в том, при расчете по СНиП 2.03.01-84\* [1], принимается, что сечение находится в предельном состоянии. Это напряженное состояние достигается к моменту разрушения железобетонного элемента, когда арматура и бетон находятся в предельном (пластическом) состоянии.

В эксплуатационной стадии железобетонные конструкции нагружены так, что бетон и арматура работают в упругой стадии. Подтверждением того, что железобетонная конструкция продолжает работать в упругой стадии в соответствии с главой 6 СНиП 2.03.01-84\* [2] служит отсутствие прогибов, превышающих расчетные, и раскрытие трещин превышающие допустимые значения. Это, как правило, устанавливается предварительно проведенным обследованием.

В настоящее время подготовлен к выпуску Свод правил СП 52-101-03 [2] в котором железобетонные элементы рассчитываются по нелинейной деформационной модели, с использованием диаграммы состояния бетона (полной диаграммы деформирования).

В соответствии с главой 2 СП 52-101-03 [2] модуль упругости бетона при построении диаграммы состояния принимают в зависимости от класса бетона, а значение предельных относительных деформаций зависят только от длительности нагружения. Однако, известны исследования, полной диаграммы деформирования цементного камня, мелкозернистого бетона и

обычного тяжелого бетона. Их результаты показали (Рис. 2), что характер диаграмм и значения деформаций зависят от состава бетона. Так, например значения полных деформаций изменялись: для цементного камня  $-(280-310) \times 10^{-5}$ , для мелкозернистого бетона  $-(124-206) \times 10^{-5}$ , для обычного тяжелого бетона  $-(200-224) \times 10^{-5}$ . При этом для цементного камня нисходящая ветвь не была получена. Для мелкозернистого бетона ее размер был очень мал и составлял - от  $0,5 \times 10^{-5}$  до  $7 \times 10^{-5}$ , что составляет 0,2—6% от полной деформации. Для обычного тяжелого бетона нисходящая ветвь была значительно больше (Рис.2) - в зависимости от состава  $235 \times 10^{-5}$  до  $366 \times 10^{-5}$ , а нисходящая ветвь от  $18 \times 10^{-5}$  до  $124 \times 10^{-5}$ , что составляет 8-63 % от полной.

Анализ полученных результатов показал, что размер нисходящей ветви зависит в основном от относительного объема заполнителя (песка и щебня) в общем объеме материала. Введение крупного заполнителя (щебня) само по себе значительно увеличивает размер нисходящей ветви.

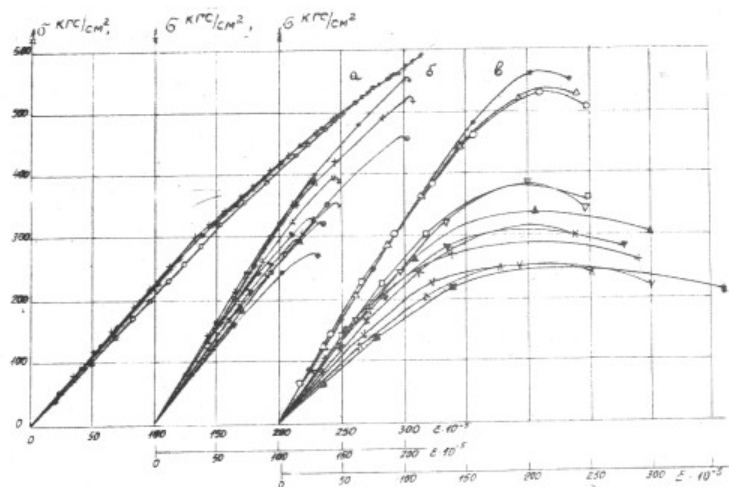


Рис. 2 Диаграммы деформирования. а – цементного камня; б – мелкозернистого бетона; в – обычного тяжелого бетона.

Указанные диаграммы состояния бетона были получены из опытов на бетонных образцах, находящихся в условиях равномерного одноосного сжатия (безградиентного). Согласно СП 52-101-03 [2] считается возможным диаграммы состояния бетона при неоднородном напряженном состоянии (вследствие изгиба) получать из опытов по однородному напряженному состоянию простого сжатия. Однако в изгибаемых и внецентренно сжатых элементах деформации сжатых волокон соответствуют условиям градиентного напряженного состояния и их диаграммы могут отличаться от случая центрального сжатия.

В случае замены части разрушенного бетона сжатой зоны нагруженного эксплуатационной нагрузкой железобетонного изгибаемого или внецентренно

сжатого элемента старый бетон нагружен и работает в упругой стадии, а новый бетон, до того как конструкция будет дополнительно нагружена, не работает.

После окончания восстановительных работ при последующем нагружении конструкций деформации в новом бетоне будут расти более интенсивно, чем в старом, так как новый бетон расположен ближе к сжатой грани сечения. Но при этом в старом бетоне деформации могут достичь значения соответствующие пределу прочности раньше, чем в новом. Одновременно старый бетон благодаря нисходящей ветви диаграммы деформирования будет продолжать работать в пластической стадии, не воспринимая дополнительной нагрузки.

В идеальном случае, бетоны следует подбирать такого состава и прочности, чтобы старый и новый бетон одновременно достигали предельного состояния, а несущая способность железобетонного элемента, по крайней мере, была не ниже, чем у элемента с ненарушенной структурой, т.е. - не ниже проектной. (Рис.3).

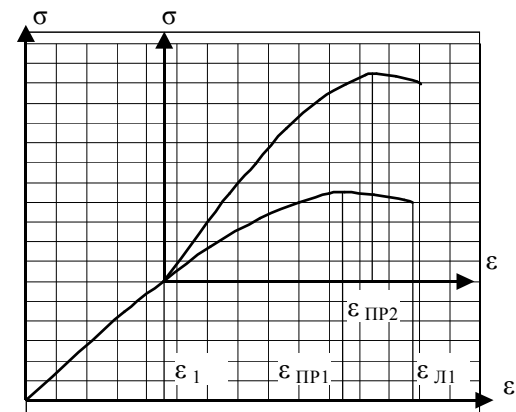


Рис. 3

Однако к моменту разрушения старого бетона (конец нисходящей ветви в области деформаций) новый бетон в зависимости от типа его диаграммы деформирования может не достигнуть предельного состояния (Рис. 4).

Таким образом, для того, чтобы наиболее эффективно осуществлять ремонт поврежденной сжатой зоны железобетонных конструкций, следует учитывать не только прочностные, но и деформативные свойства бетона.

Кроме того, необходимо знать какова совместная работа старого и нового бетона в зоне их контакта, как будет смещаться нейтральная ось балки после того, как начнет работать сечение, состоящее из двух бетонов. Для решения этих вопросов составлена программа исследование совместной работы бетонов с разными физико-механическими характеристиками. С определением варианта ремонтных составов с оптимальными прочностными и деформационными характеристиками.

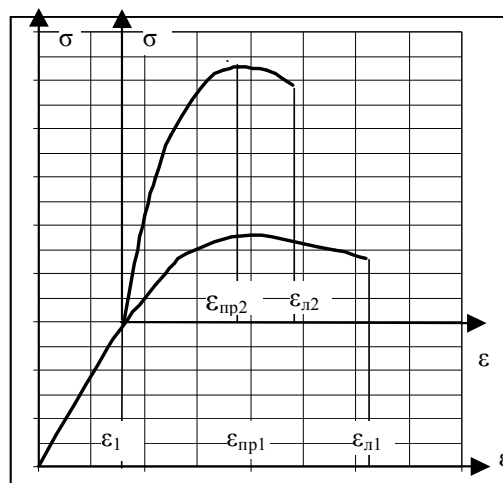


Рис. 4

Исследование решено провести на изгибаемых железобетонных элементах в зоне действия постоянного момента. С этой целью запроектированы железобетонные балки нагружаемые двумя грузами.

Для моделирования условий ремонта бетона балки бетонируются без участка сжатой зоны в области действия постоянного момента (с вырезом) (Рис. 5) Для того, чтобы обеспечить разрушение бетона по сжатой зоне балки проектируются перearмированными. Участки балки вне зоны действия постоянного момента армируются поперечной арматурой, для предотвращения разрушения по поперечной силе и от среза по линии контакта старого и нового бетонов.

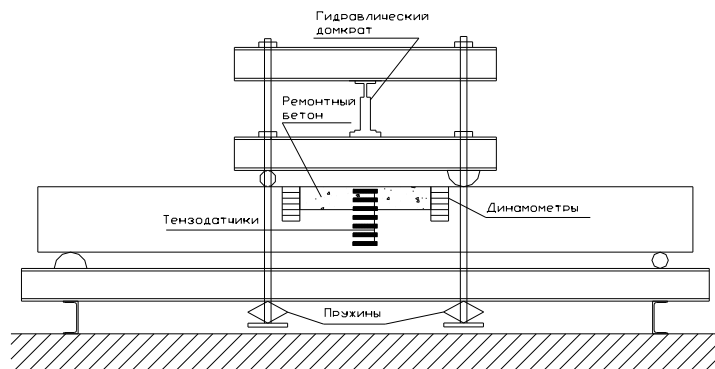


Рис. 5 Принципиальная схема испытательной установки

Балка с вырезом первоначально нагружается эксплуатационной нагрузкой, так чтобы бетон в сжатой зоне работал в упругой стадии. Эта нагрузка выдерживается в процессе бетонирования и твердения нового бетона, уложенного в вырез. После окончания твердения балка догружается до разрушения.

В процессе первоначального нагружения и догружения измеряются деформации по высоте сжатой зоны и напряжения с помощью динамометров установленных по высоте сжатой зоны с целью определения положения нейтральной оси, напряжения в бетоне сжатой зоны и определения формы эпюры сжатой зоны.

#### ИСПОЛЬЗОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. СНиП 2.03.01-84\* Бетонные и железобетонные конструкции. Стройиздат, М. 1996.
2. СП 52-101-03 Бетонные и железобетонные конструкции без предварительного напряжения арматуры Госстрой России, М. 2003.
3. Кроль И.С., Красновский Р.О. Некоторые результаты измерения нисходящей ветви диаграммы деформирования бетонов при сжатии. Труды ВНИИФТРИ, вып. 41 (71)

#### УДК 539.3

#### К ПРОБЛЕМЕ ВЫБОРА КРИТЕРИЕВ УСТОЙЧИВОСТИ И НАЧАЛЬНЫХ УСЛОВИЙ ПРИ АПЕРИОДИЧЕСКОМ НАГРУЖЕНИИ ЦИЛИНДРИЧЕСКИХ ОБОЛОЧЕК

*И.Д. Павленко, к.т.н., доцент  
Днепропетровский национальный университет*

Проблема выбора критерия устойчивости оболочек при нагружении импульсом внешнего давления была и остается актуальной при расчете реальных конструкций. В результате широкого обсуждения этой проблемы в конце прошлого столетия утвердилось мнение, что бифуркационный критерий, широко используемый при квазистатическом нагружении, оказывается неприемлемым. Более эффективными в этом случае были признаны технические критерии устойчивости, связанные с обеспечением работоспособности конструкций после импульсного воздействия. Это обусловило характер исследований подобных задач, который заключался в изучении поведения оболочек в условиях импульсного нагружения. Чаще всего анализировалась зависимость максимального прогиба оболочек от параметров воздействия. Однако при этом важную роль играют сопутствующие нагрузки, а также особенности дальнейшего нагружения оболочки. Как правило, наряду с импульсными воздействиями, оболочка воспринимает квазистатическую нагрузку с различной историей нагружения.