

## ИСПОЛЬЗОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Фильчаков П.Ф. Интеграторы ЭГДА. Моделирование потенциальных полей на электропроводной бумаге.: - К.:1961 – 200 с.
2. Ю.М. Константинов Гидравлика, - К. Вища школа – 1981 – 357 с.
3. Справочник по гидравлике. Под редакцией Большакова В.А. Киев издательское объединение «Вища школа», 1977 – 280 с.

УДК 624.012

## ПРОБЛЕМЫ РАСЧЕТА ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ КОНСТРУКЦИЙ ПОДВЕРГШИХСЯ РЕМОНТУ

Л.А. Кудряшов, А.С. Носов, Р.О. Красновский к.т.н.  
 ЗАО «Институт «Оргэнергострой», г. Москва, Россия

В последнее время большая часть работ в строительстве связана с ремонтом и реконструкцией существующих зданий и сооружений. В связи с этим остро стоит вопрос расчета несущей способности конструкций этих зданий и сооружений. Мы коснемся вопроса расчета элементов, у которых подвергалась ремонту сжатая зона бетона, т.е., когда элемент состоит из 2-х бетонов: основного и "ремонтного". Наиболее интересен и актуален случай, когда ремонт производится без разгрузки элемента. При этом основной бетон и растянутая арматура в отличие от "ремонтного" бетона будут иметь начальные напряжения и деформации, которые должны учитываться при расчете несущей способности этого элемента. СНиП 2.03.01-84\* [1] не регламентирует такие случаи расчета.

При этом из требований и рекомендаций СНиП [1] на примере изгибаемого элемента видно, что в случае, когда полученное из расчета значение высоты сжатой  $x > \xi_R h_0$ , разрушение происходит по сжатой зоне бетона, причем напряжения в арматуре к этому моменту не достигают предела текучести. Это обусловлено тем, что крайние наиболее сжатые волокна бетона достигают своих предельных деформаций, и, следовательно, сжатая зона бетона ограничена по своему максимальному значению. Причем, при использовании бетонов одинаковой прочности, но с разными пластическими свойствами высота сжатой зоны будет больше в случае использования более пластичного бетона.

При рассмотрении железобетонного элемента подвергнутого ремонту картина несколько меняется.

Возьмем для примера изгибаемую железобетонную балку, у которой произведен ремонт (замена) бетона сжатой зоны (Рис. 1) без демонтажа конструкций, т.е. на балку в процессе ремонта действуют нагрузки от собственного веса конструкций и, частично, временные нагрузки. Поскольку интересен случай, когда разрушение происходит по сжатой зоне бетона, важно заметить, что сечение должно быть переармировано, причем, растянутая арматура должна быть много массивнее сжатой.

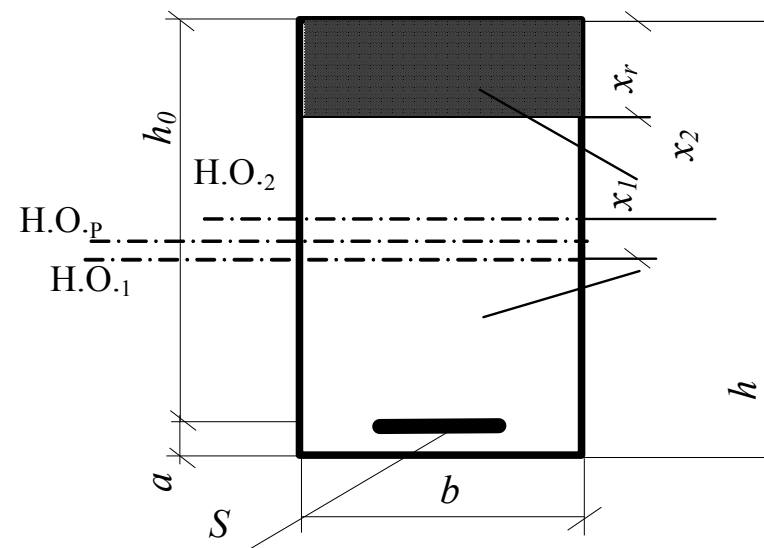


Рис.1. Схема сечения и эпюра деформаций

Масштаб по оси деформаций для «ремонтного» и основного бетона пропорционален росту деформаций в крайних наиболее сжатых волокнах этих бетонов.

- $\epsilon_1$  – деформации в основном бетоне после 1-го этапа нагружения;
- $\epsilon_{np1}$  – деформации соответствующие пределу прочности основного бетона;
- $\epsilon_{np1}$  – деформации соответствующие пределу пластичности основного бетона;
- $\epsilon_{np2}$  – деформации соответствующие пределу прочности «ремонтного» бетона

Авторы предлагают метод расчета, позволяющий определить несущую способность такого элемента. Данный расчет проводится с учетом напряженно-деформированного состояния конструкции. При этом предполагается в соответствии с СП 52-101-03 [3], что деформации в сечении линейны и принят закон плоских сечений.

Несущая способность элемента определяется по эпюре напряжений, полученной из эпюры предельных деформаций (Рис. 3) с помощью полных диаграмм деформирования (Рис. 2) для основного и ремонтного бетонов. Эпюра предельных деформаций получается суммированием эпюры деформаций от нагрузок 1-го этапа (действующих на неотреставрированный элемент) и эпюры деформаций от нагрузок 2-го этапа (нагрузки 2-го этапа в сумме с нагрузками 1-го составляют предельную нагрузку).

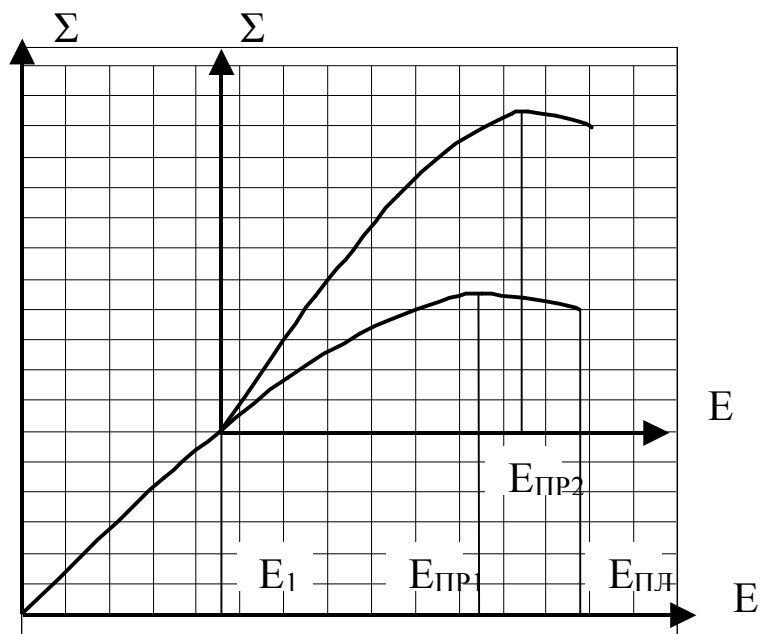


Рис.2. Диаграммы деформирования для «ремонтного» и основного бетонов.

Расчет высоты сжатой зоны и напряжений в неотремонтированном элементе от собственного веса и частично временных нагрузок производится по методу расчета по упругой стадии, т.к. эти нагрузки обычно составляют около 30% от несущей способности элемента, т.е. ниже границы образования микротрещин, которая по литературным данным составляет 0,4 от предела прочности.

Высота сжатой зоны находится из условия равенства нулю статического момента приведенной площади сечения относительно нейтральной оси (рассмотрен случай без сжатой арматуры):

$$S_{np} = \frac{bx^2}{2} - nA_s(h_0 - x) = 0 \quad (1)$$

откуда  $x$ :

$$x = \frac{nA_s}{b} \left( -1 + \sqrt{1 + \frac{2bh_0}{nA_s}} \right) \quad (2)$$

В формулах (1) и (2):

$n$  – отношение модуля упругости стали к модулю упругости бетона. Напряжения в бетоне и арматуре находят по формулам:

$$\sigma_b = \frac{M}{J_{np}} x \quad (3)$$

и

$$\sigma_a = n \frac{M}{J_{np}} (h_0 - x) \quad (4)$$

Момент инерции приведенного сечения  $J_{np}$  определяется по формуле:

$$J_{np} = \frac{bx^3}{3} + nA_s(h_0 - x)^2 \quad (5)$$

В формулах (1)-(5)  $x$  и  $h_0$ , высота сжатой зоны бетона и рабочая высота сечения неотремонтированного элемента соответственно.

Воспользуясь диаграммой деформирования, по полученным значениям напряжений получим соответствующие им значения деформаций и построим эпюру деформаций от первого нагружения.

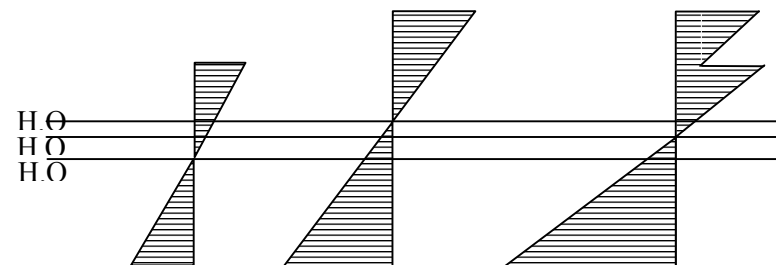


Рис.3. Эпюры деформаций от первого этапа нагружения, второго этапа нагружения и результирующая (предельная).

Главная трудность заключается в нахождении положения Н.О.<sub>2</sub> (нейтральная ось 2-го этапа). Мы предлагаем определять положение Н.О.<sub>2</sub> в следующей последовательности:

Определяем положение нейтральной оси для аналогичного сечения, но состоящего только из «ремонтного» бетона.

Если высота сжатой зоны такого сечения не превышает толщину слоя «ремонтного» бетона расчетного сечения, то разрушение пойдет по ремонтному бетону, и полученное значение высоты сжатой зоны будет искомым положением Н.О.<sub>2</sub>, а деформации в «ремонтном» бетоне  $\varepsilon_p$  будут равны  $\varepsilon_{pnp}$ .

Если сжатая зона такого сечения превышает толщину слоя «ремонтного» бетона расчетного сечения, то возможны 2 случая: разрушение идет по ремонтному бетону или по основному.

Для определения случая разрушения рассчитывают 2 величины, определяемые по формуле (6) и (7)

$$x_2 = \xi_{pr} h_0 \quad (6)$$

где  $x_2$  – высота сжатой зоны для 2-го этапа нагружения,

$\xi_{pr}$  – относительная граничная высота сжатой зоны бетона, рассчитанная для аналогичного сечения, но состоящего только из «ремонтного» бетона.

$h_0$  – рабочая высота расчетного сечения.

$$x_2 = \frac{x_r \varepsilon_{pnp}}{\varepsilon_{O1} + \varepsilon_{pnp} + \varepsilon_{Oп}} \quad (7)$$

где  $x_2$  – высота сжатой зоны для 2-го этапа нагружения,

$x_r$  – толщина слоя «ремонтного» бетона,

$\varepsilon_{pnp}$  – значение деформации «ремонтного» бетона соответствующее его пределу прочности, определяемое по диаграмме деформирования,

$\varepsilon_{Oп}$  – значение деформации основного бетона соответствующее его пределу прочности, определяемое по диаграмме деформирования,

$\varepsilon_{O1}$  – значение деформации основного бетона, соответствующее напряжению от 1-го этапа нагружения  $\sigma_6$  (3).

Если величина, определенная по формуле (7) будет больше определенной по формуле (6), то это будет признаком того, что разрушение пойдет по ремонтному бетону. В этом случае высота сжатой зоны, найденная по формуле (6) будет искомым положением Н.О.<sub>2</sub>, а деформации в «ремонтном» бетоне  $\varepsilon_p$  будут равны  $\varepsilon_{pnp}$ .

Если величина, определенная по формуле (7) будет меньше определенной по формуле (6), то это будет признаком того, что разрушение пойдет по основному бетону. В этом случае положение Н.О.<sub>2</sub> определяется по формуле (8)(8), а деформации в «ремонтном» бетоне по формуле (9).

$$x_2 = \xi_{Or} + \lambda \quad (8)$$

где  $x_2$  – высота сжатой зоны для 2-го этапа нагружения,

$x_r$  – толщина слоя «ремонтного» бетона,

$\xi_{Or}$  – относительная граничная высота сжатой зоны бетона, рассчитанная для неотремонтированного сечения.

$$\varepsilon_p = \frac{x_2 (\varepsilon_{Oп} - \varepsilon_{O1})}{x_2 - x_r} \quad (9)$$

где  $x_2$  – высота сжатой зоны для 2-го этапа нагружения, определенная по формуле (7),

$x_r$  – толщина слоя «ремонтного» бетона,

$\varepsilon_{Oп}$  – значение деформации основного бетона соответствующее его пределу прочности, определяемое по диаграмме деформирования,

$\varepsilon_{O1}$  – значение деформации основного бетона, соответствующее напряжению от 1-го этапа нагружения  $\sigma_6$  (3),

$\varepsilon_p$  – деформации в ремонтном бетоне.

По полученным значениям  $\varepsilon_p$  и  $x_2$  построим эпюру деформаций от 2-го нагружения. Сложив 2 эпюры, получим результирующую (предельную) эпюру, по которой построим результирующую эпюру напряжений и определим несущую способность элемента.

Важно заметить, что возможен также случай, когда разрушение произойдет по растянутой арматуре. Это произойдет, если высота сжатой зоны бетона, рассчитанная по формулам (10) или (11), окажется меньше, полученной выше для 2-го этапа нагружения.

$$x = \frac{R_{s1} A}{R_{br} l} \quad (10)$$

Если высота сжатой зоны  $x$ , полученная по формуле (10) окажется больше чем высота слоя ремонтного бетона  $x_r$ , то высоту сжатой зоны определяют по формуле (11)

$$x = \frac{R_{s1} A_s - R_{br} b x_r + R_{b1} b x}{R_{b1} b} \quad (11)$$

В этом случае несущая способность элемента определяется по формулам (12) или (13).

$$M_f = R_{br} b x \left( h_0 - \frac{x}{2} \right) \quad (12)$$

где  $x$  определена по формуле (10).

Если высота сжатой зоны  $x$ , полученная по формуле (10) окажется больше чем высота слоя ремонтного бетона  $x_r$ , то максимальный момент, воспринимаемый поперечным сечением, определяется по формуле(13).

$$M_f = R_b b \left( x - x_r \right) \left( h_0 - \frac{x}{2} - \frac{x_r}{2} \right) + R_{br} b x_r \left( h_0 - \frac{x_r}{2} \right) \quad (13)$$

где  $x$  определена по формуле (11).

В формулах (10)–(13):

$M_f$  – расчётный изгибающий момент, который способно воспринять сечение элемента (момент внутренних сил) и который определяет несущую способность элемента,

$b$  – ширина рассматриваемого прямоугольного сечения,

$x$  – высота сжатой зоны рассматриваемого сечения,

$x_r$  – высота слоя «ремонтного» бетона,

$h_0$  – рабочая высота рассматриваемого сечения,

$R_b$  – расчетное сопротивление основного бетона осевому сжатию для предельного состояния первой группы,

$R_{b1}$  – «остаточное» сопротивление основного бетона, равное  $R_b \cdot \sigma_b$ ,  $\sigma_b$  определено по формуле (3),

$R_{br}$  – расчетное сопротивление «ремонтного» бетона осевому сжатию для предельного состояния первой группы,

$R_{s1}$  – «остаточное» сопротивление растянутой арматуры, равное  $R_s \cdot \sigma_a$ ,  $\sigma_a$  определено по формуле (4), а  $R_s$  – расчетное сопротивление продольной арматуры растяжению для предельных состояний первой и второй группы,

$A_s$  – площадь сечения растянутой арматуры.

Нагрузка, приложенная к неотремонтированному элементу, включает в работу бетон, который, в случае полного сечения из одного бетона, не включился бы в работу (Рис. 3). Тем самым достигается увеличение высоты сжатой зоны бетона элемента по сравнению с аналогичным, забетонированным в один этап. Это может привести к увеличению несущей способности элемента. Это возможно, как правило, в случае, когда по расчету разрушение идет по ремонтному бетону.

Подбирая составы бетона, для которых известна полная диаграмма деформирования, и значения нагрузки первого этапа можно добиться того, чтобы при разрушающей нагрузке деформации в крайних наиболее сжатых волокнах «ремонтного» и основного бетона достигли значений соответствующих пределу прочности. Эпюра деформаций для предельного состояния такого элемента представлена на (Рис. 1).

Возможно, в случае, когда в бетоне первого этапа деформации превысят предел пластичности при достижении бетоном второго этапа деформаций близких к пределу прочности, разрушение не произойдет (диаграмма деформирования не оборвется), и бетон первого этапа будет продолжать нести нагрузку. В этом случае, возможно, удастся снять нисходящую ветвь диаграммы деформирования. В настоящее время готовится эксперимент по данной теме.

#### ИСПОЛЬЗОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

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

#### УДК 69.059

#### СЕГМЕНТАЦИЯ РЫНКА СУХИХ СТРОИТЕЛЬНЫХ СМЕСЕЙ В УКРАИНЕ

*Е.В. Лантух, к.т.н., доц., Е.А. Коваль, н.с., Е.Л. Юрченко, к.т.н., Ковтун-Горбачева Т.А., к.т.н., доц.*

*Приднепровская государственная академия строительства и архитектуры, г. Днепропетровск*

Строительству не обойтись без постепенного перевода технологий на сухие смеси. Некоторые количественные оценки: ежегодный (в том числе и ожидаемый) рост производства в отрасли, составляет и составит не 20%, а 25-30%; количество производителей – не 150 или более, а 120. Но тенденции обрисованы отчетливо и адекватно.

Сухие строительные смеси (ССС) – сложные строительные растворы (штукатурки, шпаклевки, «стяжки», клеи и т.п.), которые производят, хранят и перевозят в сухом виде, а водой разбавляют перед применением. В состав сухих смесей входят разнообразные добавки, улучшающие свойства СССР.

Официальных статистических данных о производстве сухих строительных смесей никогда не было. В информации об объемах импорта и экспорта этих материалов сухие смеси «проходят» в отчетности как цемент, гипс, известь, а то и песок. По мнению специалистов ООО «Хенкель-Баутехник (Украина)», в 2003 г. страна потребила около 300 тыс.т. смесей на основе цемента. Самый емкий сегмент этого субрынка – клей для плитки: по оценкам упомянутого ООО, его объемы – около 200 тыс.т. в год (67%). Впрочем, единого мнения нет: специалисты ОАО «Павлограджилстрой» считают, что страна использует в год немногим более 80 тыс.т. плиточного клея. Потребление всех плиточных составов ежегодно растет на 15%.

Составы для устройства полов, согласно утверждениям большинства фигурантов, занимают максимум 15% рынка цементных смесей. Дополнительно можно выделить специальные продукты для устройства полов на промышленных объектах, их доля пока не превышает 3% потребляемых в стране цементных смесей, но, по некоторым прогнозам, спрос на них за 3-4 года может вырасти в 10 раз. В среднем, спрос на СССР для производства полов ежегодно растет на 15-17%.