

ПРОЧНОСТЬ И ДЕФОРМАТИВНОСТЬ БЕТОНА СЖАТОЙ ЗОНЫ ШВА*А.П. Жукьян*

Представлены результаты исследований прочности и деформативности бетона сжатой зоны шва. На основе экспериментальных исследований получена полиномиальная зависимость для описания диаграмм деформирования бетона сжатой зоны шва. Выявлены особенности деформирования бетона шва.

Одним из распространенных и эффективных способов усиления плит перекрытий является усиление созданием неразрезности [3]. Конструктивно неразрезность осуществляется установкой надопорной арматуры с последующим замоноличиванием швов на неразрезных опорах и устройством наращивания.

На образованных после усиления плит перекрытия неразрезных опорах сжатая зона состоит из бетона основной (усиливаемой) конструкции и бетона замоноличивания (наращивания). При этом толщина шва между торцами усиливаемых плит перекрытий является переменной. Устройство наращивания и замоноличивание швов на неразрезных опорах выполняется бетоном одного состава, прочностные и деформационные характеристики которого могут отличаться от бетона усиливаемой конструкции. Соответственно возникла необходимость изучения прочности и деформативности бетона сжатой зоны шва.

Для моделирования работы бетона шва сжатой зоны были изготовлены опытные образцы в виде призм $150 \times 150 \times 600$ мм, состоящие из сборных элементов и бетона замоноличивания шва. После формирования сборные элементы подвергались температурно-влажностной обработке в пропарочных камерах завода железобетонных изделий.

Сборные элементы попарно были объединены в опытные образцы в виде призм посредством замоноличивания между ними шва заданной толщины. Уход за бетоном замоноличивания не производился, так как в реальных условиях при усилении созданием неразрезности сжатая зона плит перекрытий и покрытий на образованных после усиления неразрезных опорах является недоступной. Дополнительно для определения характеристик бетона замоноличивания шва были изготовлены цельные призмы $150 \times 150 \times 600$ мм также по три образца для каждой серии.

В качестве варьируемых факторов были приняты: ширина шва Δ (20 мм; 90 мм; 200 мм) и призмная прочность бетона замоноличивания (15,6 МПа; 23,9 МПа; 39,5 МПа). Были изготовлены и испытаны по три призмы-близнеца каждой серии. Испытание на центральное сжатие опытных образцов в виде призм производилось на гидравлическом прессе П-125 с измерением деформаций на каждой из граней посредством индикаторов часового типа с ценой деления 0,01 мм, закрепленных на базе 400 мм при помощи металлических рамок. Дополнительно для измерения деформаций были наклеены по каждой грани тензорезисторы с базой 50 мм на бетон сборных элементов и бетон замоноличивания (за исключением стыка 20 мм). При работе с тензорезисторами использовался тензометрический мост. Для измерения деформаций контактной зоны шва использовались тензометры Гугенбергера с ценой деления 0,001 мм. Нагрузка прикладывалась ступенями не более 10 % от разрушающего значения, сохраняя в пределах каждой ступени скорость нагружения $0,6 \pm 0,2$ МПа/с.

Проведенные испытания показали, что характер разрушения опытных образцов с толщиной шва 20 мм независимо от прочностных характеристик бетона замоноличивания, а также опытных образцов с равнопрочными характеристиками бетона замоноличивания и сборных элементов (образцы II серии) с толщиной шва 90 мм и 200 мм аналогичен характеру разрушения монолитных призм.

При исследовании призм I серии с толщиной шва 90 мм и 200 мм, для которых прочностные характеристики бетона замоноличивания ниже прочностных характеристик сборных элементов, отмечено разрушение бетона замоноличивания без разрушения сборных элементов.

Для опытных образцов III серии с толщиной шва 90 мм и 200 мм, для которых прочностные характеристики бетона замоноличивания выше прочностных характеристик сборных элементов, отмечено только разрушение сборного элемента верхней либо нижней части.

Характер разрушения опытных образцов показан на рис. 1 – 3.

Средние значения прочности по результатам испытания трех опытных образцов представлены в табл. 1.

Анализ экспериментальных данных показывает, что прочность опытных образцов с толщиной шва 20 мм независимо от призмной прочности бетона замоноличивания незначительно снизилась по отношению к призмной прочности бетона сборных элементов (на 2,5...5 %). При равнопрочных характеристиках бетона сборных элементов и бетона замоноличивания наличие шва толщиной 90 мм и 200 мм также не повлияло на прочность опытных образцов.

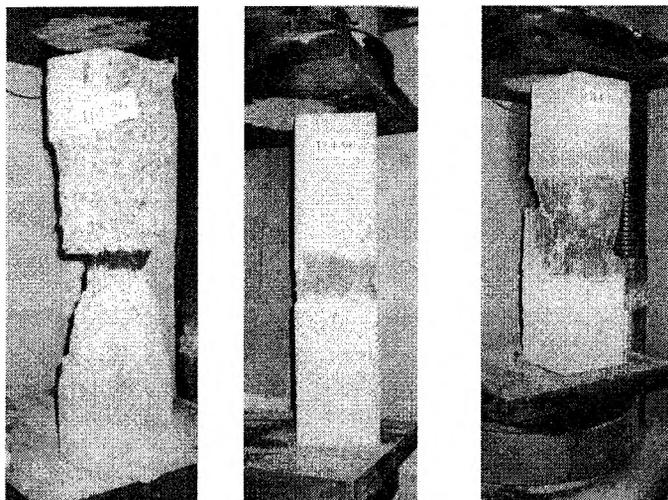


Рис. 1. Характер разрушения опытных призм I серии со швами толщиной 20 мм, 90 мм, 200 мм соответственно

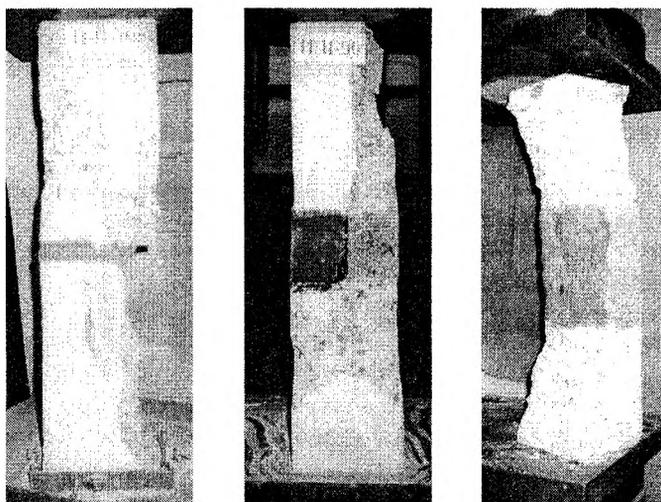


Рис. 2. Характер разрушения опытных призм II серии со швами толщиной 20 мм, 90 мм, 200 мм соответственно

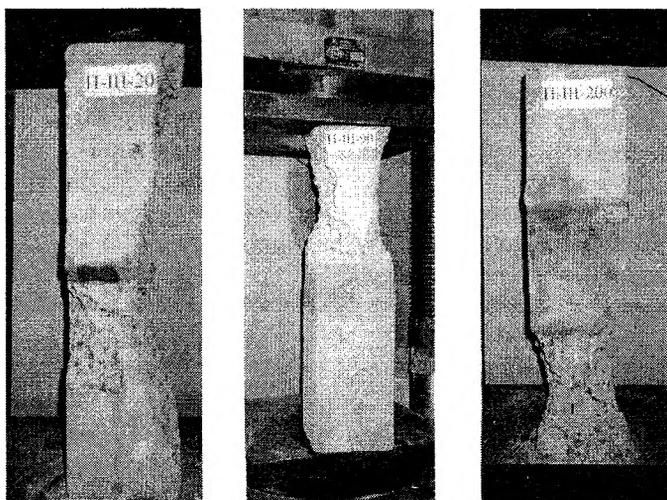


Рис. 3. Характер разрушения опытных призм III серии

Прочность опытных образцов

Шифр образца*	Толщина шва Δ , мм	$f_{сст}$, МПа	f_c , МПа	$f_{с\Delta}$, МПа
П-I-20	20	24,2	15,6	23,6
П-I-90	90			19,6
П-I-200	200			18,2
П-II-20	20		23,9	23,0
П-II-90	90			24,2
П-II-200	200			24,5
П-III-20	20		39,5	23,3
П-III-90	90			25,8
П-III-200	200			27,8

Условные обозначения. П – опытный образец в виде призмы; I, II, III – порядковый номер серии; 20, 90, 200 – толщина шва, мм; $f_{сст}$ – призмная прочность сборных элементов, МПа; f_c – призмная прочность бетона замоноличивания шва, МПа; $f_{с\Delta}$ – призмная прочность опытных образцов, МПа

Прочность опытных образцов I и III серий с толщиной шва 90 мм и 200 мм определяется прочностью элемента с более низкими прочностными характеристиками. Так, для образцов первой серии с толщиной шва 90 мм и 200 мм произошло увеличение прочности по отношению к призмной прочности бетона замоноличивания шва в среднем на 25 % и 18 % соответственно, а для образцов III серии с толщиной шва 90 мм и 200 мм произошло увеличение прочности по отношению к прочности бетона сборных элементов в среднем на 7,5 % и 13,8 % соответственно.

Повышение прочности вызвано влиянием сил трения на контактных поверхностях сборных элементов призмы, уменьшением отношения высоты элемента с более низкими прочностными характеристиками к его ширине, значение которого для данных образцов изменяется в пределах 0,6...1,33.

Проведенные экспериментальные исследования свидетельствуют о повышенной деформативности опытных образцов в виде призм со швами всех серий по сравнению с их монолитными аналогами. Инструментальные измерения деформаций по высоте опытных образцов в виде призм показали, что наибольшей деформативностью обладает контактная зона шва, при этом деформации контактной зоны вне зависимости от толщины шва и прочностных характеристик бетона замоноличивания превышают деформации сборных элементов.

Повышенная деформативность контактной зоны шва объясняется наличием структурных микротрещин в окаменевшем цементно-песчаном растворе по границе основного бетона и бетона замоноличивания [1]. По контактной зоне при замоноличивании происходит разрыв сплошности структуры зерен крупного заполнителя, что приводит к образованию по контактной зоне структуры бетона, состоящей только из цементно-песчаного геля. Вследствие значительного отсоса воды основными элементами из бетона замоноличивания при его твердении в составе сборной призмы происходит снижение прочностных характеристик и соответственно увеличение деформативности контактных слоев бетона замоноличивания, непосредственно прилегающих к основному бетону [1, 2].

Для получения диаграмм деформирования призм со швами проводилась статистическая обработка экспериментальных данных. Методом регрессионного анализа была построена зависимость модуля деформаций от ширины шва Δ и его прочностных характеристик. В натуральных обозначениях факторов модель имеет вид:

$$E_{сm\Delta} = 19000 - 268 \cdot \Delta + 489 \cdot f_c + 4,067 \cdot \Delta \cdot f_c + 0,603 \cdot \Delta^2, \quad (1)$$

где $E_{сm\Delta}$ – модуль деформаций, МПа; Δ – ширина шва, мм; f_c – прочность бетона замоноличивания, МПа.

Полученная полиномиальная модель (1) справедлива при ширине шва 20...200 мм и прочностных характеристиках бетона замоноличивания 15,6...39,5 МПа, соответствующих классам бетона $C^{16}/_{20}$... $C^{40}/_{50}$.

Диаграммы деформирования сжатой зоны бетона шва, построенные на основе зависимости Европейского комитета по бетону [3, 4] с учетом корректировки модуля деформаций по полученной полиномиальной модели и полученные экспериментально, хорошо согласуются с результатами опытных данных.

На основании проведенных экспериментально-теоретических исследований можно сделать следующие выводы:

1. На основании результатов экспериментальных исследований получена зависимость, позволяющая описывать диаграммы деформирования бетона сжатой зоны шва с учетом его толщины и прочностных характеристик бетона замоноличивания.

2. Выявлены особенности деформирования омоноличенного шва между торцами усиленных плит перекрытий, заключающиеся в повышенной его деформативности вследствие податливости контактных зон со сборными плитами при работе на сжатие и отсутствии работы на растяжение [6, 7].

3. На основании экспериментальных данных установлено, что прочность сжатой зоны опытных образцов, состоящих из сборных элементов и бетона замоноличивания, определяется толщиной шва и прочностными характеристиками бетона сборного элемента и бетона замоноличивания.

4. Проведенные исследования показали, что опытные образцы со швами более деформативны по сравнению с их монолитными аналогами. Повышенная деформативность обусловлена значительными деформациями контактной зоны по границе сборных элементов и бетона замоноличивания.

ЛИТЕРАТУРА

1. Карпенко Н.И. Общие модели механики железобетона. – М: Стройиздат, 1996. – С. 413.
2. Ахвердов И.Н. Теоретические основы бетоноведения. – Мн.: Высшая школа, 1991. – С. 188.
3. Лазовский Д.Н., Пецольд Т.М. Усиление железобетонных конструкций: Пособие П1-98 к СНиП 2.03.01-84*. – Мн.: Мин-во арх. и стр-ва Республики Беларусь, 1998. – С. 195.
4. СНБ 5.03.01. Конструкции бетонные и железобетонные. Нормы проектирования.