

## ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПРЕДЛОЖЕННОГО СБОРНО-МОНОЛИТНОГО АНТИСЕЙСМИЧЕСКОГО ПОЯСА ЗДАНИЙ

А. Думитрюк, инж. др-т

*Технический университет Молдовы, г.Кишинев*

### Введение

Для обеспечения сейсмостойкости зданий каменного типа выполняются антисейсмические пояса (АС) по капитальным стенам, в уровне перекрытий. Известны АС пояса из сборного, монолитного и сборно-монолитного железобетона. Последние наиболее эффективны, их строительство выполняется в одном технологическом цикле, совместно с монтажом плит перекрытия, без опалубки стенок циссов и технологических перерывов для твердения бетона. Прямо с плит перекрытий укладывается монтажная арматура и монолитный бетон пояса. Сейсмостойкость здания, технологичность и эффективность строительства во многом зависит от конструктивного решения поясов и их несущей способности.

**1. Предложенный антисейсмический сборно-монолитный пояс** (рис. 1, см. [1]) содержит: сборный блок со стенками (1 и 1а) с рабочей арматурой (2), арматурными выпусками (3), ж.б. шпонками (4) и перемычками (5) между стенками, приподнятыми над основанием и монолитный бетон сердечника (6). В отличие от известных решений [2-5], обеспечивается совместная работа сборного блока с монолитным бетоном сердечника, вплоть до стадии разрушения, выявленной в процессе ниже приведенных испытаний. Кроме того, обеспечивается опора пояса его монолитным сердечником на стены площадью не менее 70 - 80% их поперечного сечения, что не менее 60% установленных нормами.

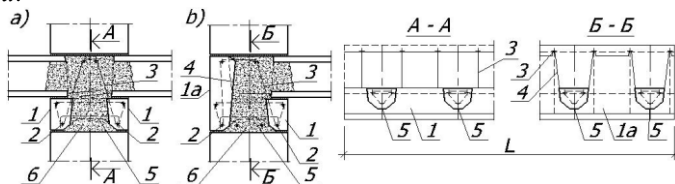


Рис. 1. Антисейсмический сборно-монолитный пояс [1]

**2. Методика проведения экспериментальных исследований сборно-монолитного ас пояса.** Для выявления особенностей работы сборно-монолитного пояса [1] для внутренних и наружных стен проводились 2 экспериментальные испытания, Э-1 и Э-2. Они проводились на натурных образцах длиной 3.2 м на 2-х, подвижной и неподвижной, опорах (рис. 2), расположенных на расстоянии 3 м друг от друга, с нагрузкой  $N$  приложенной к траверсе на 2-х катках, расположенных на расстоянии  $1/4 l$  от опор.

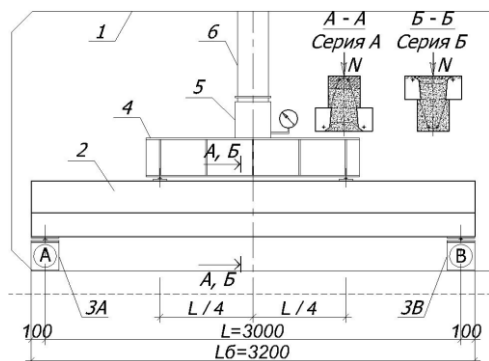


Рис. 2. Схема испытания сборно-монолитных балок серии А и Б  
АС поясов внутренних стен: 1 - рама стенда; 2 - сборно-монолитная балка серии А и Б; 3А - опора неподвижная; 3В - опора подвижная; 4 – траверса на подвижных опорах; 5 - гидравлический домкрат; 6 – насадка

**В эксперименте Э-1** испытывались образцы 4-х балок для внутренних стен (по 2 балки серии А и серии Б, с сечением показанным на рис. 3, с рабочей арматурой по 2d 16 АШ в растянутой зоне. При испытаниях 2-х балок – А-1 и А-2 (серия А, рис. 3, а), создавалось напряженное состояние, имеющее место в пролетных сечениях не разрезных многопролетных поясов. Два других образца Б-1 и Б-2 (серия Б, рис. 3, б) имитировали напряженное состояние опорных сечений неразрезных поясов. При этом рабочая арматура располагалась в растянутой зоне.

С помощью 30-ти тонного гидравлического домкрата нагрузка через траверсу и два катка передавалась на балки ступенями величиной около 10% от расчетного значения разрушающей нагрузки. После каждого этапа загрузки проводился визуальный осмотр балки с фиксацией появившихся трещин и определением ширины их раскрытия с помощью оптической градуированной трубки.

Одновременно осуществлялись инструментальные наблюдения за прогибами балки и сдвигом ее монолитной части относительно сбор-

ного элемента (рис. 3). Как прогибомеры так и сдвигомеры были изготовлены на базе индикаторов часового типа с ценой деления 0.01- 0.001 мм.

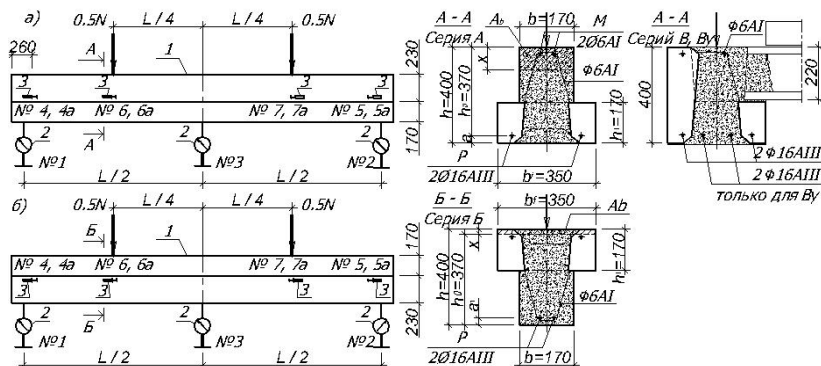


Рис. 3. Схема размещения измерительных приборов при испытаниях балок серий А, В, В<sub>у</sub> (а) и Б (б), их сечения А-А, Б-Б: 1 - сборно-моноклитная балка; 2 - прогибомер; 3 - сдвигомер; Р - рабочая, растянутая арматура А<sub>с</sub>; М - монтажная арматура; А<sub>б</sub> - сжатая зона бетона

**В эксперименте Э-2** испытывались образцы серии В балок для наружных стен здания, не симметричные относительно вертикальной оси (рис. 1, б) с опиранием плит перекрытия. Рабочая арматура, также как и в эксперименте Э-1, располагалась в растянутой зоне балок. При чем, в балке В располагалась 2d16AIII в сборном элементе, а в балке В<sub>у</sub> дополнительно устанавливались 2d16AIII в монолитном элементе (всего 4dAIII).

Эксперимент Э-2 осуществлялся в следующей последовательности: - после установки в стенд сборные балки серии В загрузались настилом из круглопустотных плит (С9-П63-10), с собственной массой  $q_1 = 300$  кгс/м<sup>2</sup>, по которому укладывались мелкие блоки, создававшие равномерно-распределенную монтажную нагрузку, величиной вызывающей трещинообразование в сборных балочках, интенсивностью  $q_2 = 115$  кгс/м<sup>2</sup> (суммарной нагрузкой  $q = q_1 + q_2 = 415$  кгс/м<sup>2</sup>).

После 5-ти дневной выдержки в цеху под такой нагрузкой, бетонировались монолитные части балок и спустя 4 недели, после твердения монолитного бетона настил дополнительно догружался до полезной нагрузки  $q_n = 350$  кгс/м<sup>2</sup> (суммарной нагрузкой  $q = q_1 + q_n = 650$  кгс/м<sup>2</sup>), создававшей равномерно распределенную нагрузку на балки  $q = 650 \times 6,1 / 2 = 1980$  кгс/м.п.

Далее экспериментальные испытания продолжались отдельно, в начале для балки  $B$ , а затем и для  $B_y$ , таким же способом как и для балок эксперимента Э-1.

**3. Результаты экспериментальных исследований образцов пояса.** В процессе испытания, по мере увеличений нагрузки, экспериментальные сборно-монолитные балки проходят 3-и стадии напряженно-деформированного состояния (НДС).

**В стадии I** (начальной), до появления первых трещин, составная сборно-монолитная балка ведет себя как монолитное изотропное тело, испытывая упругие деформации. Продолжительность этой стадии изменяется в зависимости от прочности, мощности рабочей арматуры и величины расчетного пролета балки. Границей стадии 1 является достижение в бетоне растянутой зоны балки напряжения равного  $Rbt$ , вызывающего трещинообразование.

**В стадии II** (эксплуатационной, наиболее продолжительной) с ростом нагрузки напряжения в бетоне достигают величины  $Rbt$ , появляются первые трещины, как правило, нормальные. В средней зоне балки, между 2-мя катками, передающими нагрузку, такие трещины появлялись практически одновременно по длине всей зоны (рис. 4) с шагом близким к расчетному шагу.

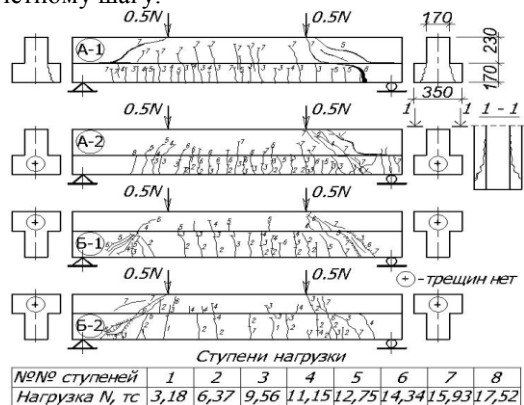


Рис. 4. Динамика трещинообразования в балках серии А и Б.

В балках серии А и Б первые трещины возникали при нагрузке, составляющей 20-40% от разрушающей. Первоначально эти трещины не доходили до горизонтальной плоскости, отделяющей сборный элемент балки от ее монолитной части. С увеличением нагрузки трещины преодолевали этот рубеж, распространяясь по большей высоте балки.

Между старыми трещинами дополнительно появлялись и новые, их шаг сокращался. Раскрытие трещин и увеличение их числа закономерно сопровождалось снижением жесткости балки. Ее прогибы росли. При этом графики прогибов не меняли своего плавного характера, свидетельствуя об отсутствии каких-либо глобальных изменений в конструктивной структуре балки, в взаимосвязи ее элементов (рис. 5). Это подтверждают и графики сдвиговых деформаций по плоскостям контакта, между сборным и монолитным элементами сборно-монолитных балок (рис. 6).

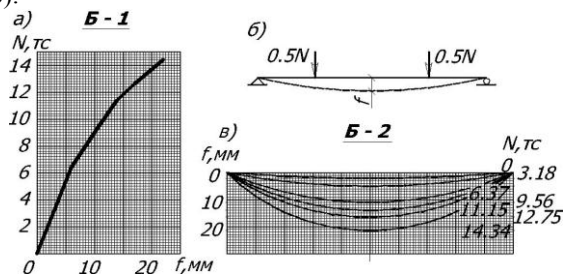


Рис. 5. График роста и схема прогиба балки Б-1 (а, б) и кривые прогибов балки Б-2 (в), при различных уровнях нагрузки

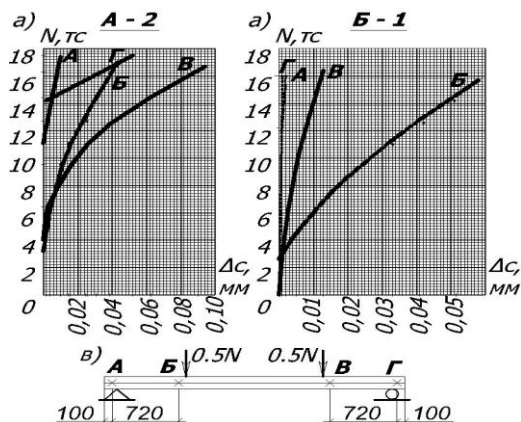


Рис. 6. Графики сдвиговых деформаций балок А-2 (а) и Б-1 (б)

При нагрузке  $N$ , составляющей 0,55 - 0,65 разрушающей нагрузки  $N_u$  в балках появлялись косые трещины, определяющие их предельную несущую способность. В 3-х балках серии А и Б, из 4-х испытанных такие трещины появлялись у опор (рис. 6), с ростом нагрузки интенсивно увеличивалось их раскрытие и продвижение в сжатую зону конструкции.

**В стадии III** (разрушающей) *максимально раскрылись косые трещины, сопровождавшиеся раздроблением бетона растянутых зон опорных участков балок* (рис. 4). Что свидетельствует о достижении в рабочей арматуре напряжений, равных пределу текучести стали и о некотором запасе в бетоне сжатой зоны балок, о возможности увеличения рабочей и поперечной арматуры для повышения их несущей способности.

Аналогично вели себя и балки серии *B* с настилом из плит перекрытия и выдержали нагрузку в 1,3-2 раза больше балок серии *A, B*. Что объясняется, в основном, включением в работу сжатой зоны плит перекрытия.

Разрушающая нагрузка балок серий *A, B* составила  $P_{\text{э}} = 15,6 \dots 23,5$  тс, а в аналогично армированных балках серии *B* составила  $P_{\text{э}} = 31,3$  тс. При этом бетон сборного и монолитного элементов был изготовлен в заводских условиях на известняковом щебне с модулем деформаций  $E_b = 0,55 \dots 0,60 E_{bn}$ .

*При изучении совместности работы сборных и монолитных частей выявлено, что в некоторых балках серий A и B, в стадии разрушения, имел место срез бетона по плоскостям контакта сборных и монолитных элементов на опорных участках балок, где касательные напряжения достигали максимума* (рис. 4). Вскрытием этих балок после испытаний установлено, что *в стадии разрушения монолитный бетон отслоился от сборных элементов, на некоторых опорных участках, что подтверждает закономерную относительно низкую прочность сцепления «старого» бетона с «новым»*. При этом железобетонные перемычки, соединяющие стенки сборного блока между собой, *остались не поврежденными во всех образцах. Совместная работа сборных и монолитных частей была нарушена только частично в некоторых балках серии A и B, из-за низкого сцепления монолитного бетона со сборным в растянутой зоне. А в балках серии B, где стык сборного элемента с монолитным расположен в сжатой зоне, совместность была обеспечена полностью до разрушения и расслоение по контактными плоскостям монолитного и нового бетона не обнаружено*.

### **Выводы**

1. Поперечные перемычки, шпоночные элементы и арматурные выпуски обеспечивают совместную работу сборного блока с монолитным сердечником, вплоть до стадии разрушения, обеспечивая несущую способность сборно-монолитных поясов.

2. В разрушающей стадии (при  $N_u > 0,55 \dots 0,65N$ ) максимально раскрываются косые трещины, сопровождавшиеся раздроблением бетона растянутых зон опорных участков всех балок (серий *A*, *B*, *B*). Это свидетельствует о достижении, в рабочей арматуре, напряжений равных пределу текучести стали и о запасе несущей способности в бетоне сжатой зоны балок, о возможности увеличения рабочей и поперечной арматуры для повышения их несущей способности.

3. Балки серии *B* с участием плит перекрытия, выдерживают нагрузку в 1,3-2 раза больше балок серий *A* и *B*, где они отсутствовали, что свидетельствует о включении в работу сжатой зоны перекрытий и о возможности учета их в расчетах, в соответствии с нормами.

4. В растянутой зоне некоторых балок серий *A* и *B* в стадии разрушения происходит традиционный срез бетона по плоскостям контакта сборных и монолитных элементов на опорных участках, где касательные напряжения достигают максимума в растянутом бетоне.

5. Вскрытием этих балок, после испытаний, установлено, что в стадии разрушения монолитный бетон отдельных опорных участков отслоился от сборных блоков. В данном случае реализовалась закономерная проблема относительно низкой прочности сцепления «старого» бетона с «новым». Это свидетельствует и о податливости контактного шва между сборным и монолитным элементами, исключаящей хрупкое разрушение при сейсмической нагрузке.

### **Summary**

**The article is devoted to issues related to ensuring of a seismic stability of buildings with the device prefabricated–monolithic anti-seismic belt new design.**

### *Литература*

1. Думитрюк А.В. Антисейсмический сборно-монолитный пояс. Одеса. В: Сб. научных трудов «Современные строительные конструкции из металла и древесины» №18, 2014, с. 66-71.

2. РСН-10-87. Строительство зданий из блоков пильного известняка в сейсмических районах Молдавской ССР. Кишинев: Тимпул, 1987. 44 с.

3. NCM F.03.02-2005. Проектирование зданий с каменными стенами; Утв. Департаментом строительства и развития территории приказом №47, 19.04.2006. Кишинэу: Агенство регион. развития Р. Молдова, 2005. 64 с.

4. Семченков А. С. Пути выхода сборного домостроения из кризиса В: ЖБИ и конструкции, 2010, № 2, с. 66-72, 77. [www.gbi-magazine.ru](http://www.gbi-magazine.ru)

5. Сборно-монолитная строительная система.  
<http://viakonpro.ru/proekty/sbornomonolit>