

УДК 624

Замалиев Ф.С. – кандидат технических наук, доцент

E-mail: zamaliiev49@mail.ru

Биккинин Э.Г. – аспирант

E-mail: bekkan@rambler.ru

Казанский государственный архитектурно-строительный университет

Адрес организации: 420043, Россия, г. Казань, ул. Зеленая, д. 1

Экспериментальные исследования начального напряженно-деформированного состояния сталежелезобетонных балок и плит

Аннотация

Статья посвящена описанию и результатам экспериментальных исследований, направленных на изучение начальных напряжений и прогибов в сталежелезобетонных изгибаемых конструкциях. Исследовано влияние эффекта усадки бетона на прогибы и на перераспределение напряжений между слоями композиционной балки. Даны описания испытываемых образцов, методика проведения испытаний, основные результаты в виде графиков развития прогибов, выгибов и напряжений в сечении стальной балки-ребра.

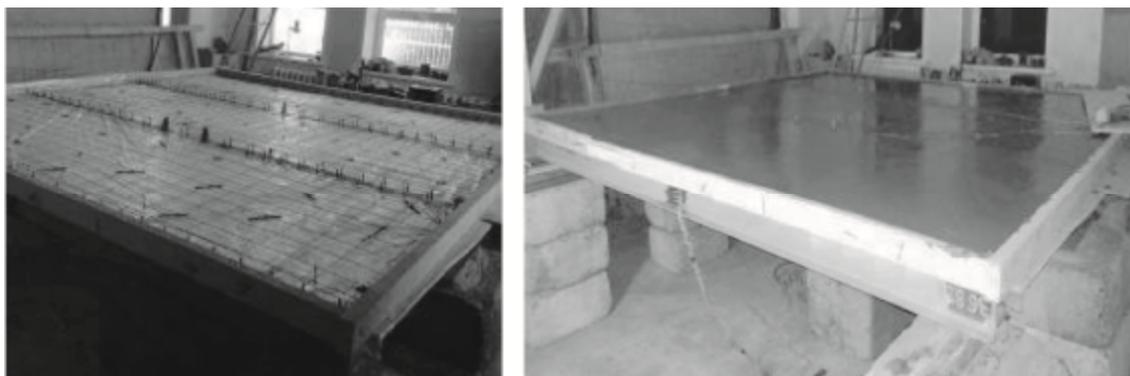
Ключевые слова: начальные напряжения, сталежелезобетонные балки, тавровое сечение, эксперимент, усадка, выгиб.

Использование сталежелезобетонных плитных конструкций в составе каркаса, как несущих элементов, позволяет достичь высоких технико-экономических показателей, из-за эффективного использования свойств бетона, хорошо воспринимающих сжимающие усилия и свойств стали, имеющего высокие показатели прочности при растяжении. Как следствие, при оценке прочности и долговечности таких конструкций приходится учитывать характерные свойства присущие для стали и железобетону, влияющих на перераспределение внутренних усилий в конструкциях. Обзор отечественной и зарубежной литературы, посвященных сталежелезобетонным и составным железобетонным конструкциям [1-5] и экспериментальные исследования, выполненные в лаборатории КГАСУ [6-9], выявили ряд решающих факторов, влияющих на начальное напряженно-деформированное состояние сталежелезобетонных конструкций. В основном они связаны с процессами протекающими в бетоне в период его твердения, а именно усадкой и набуханием. На перераспределение напряжений в сталежелезобетонных конструкциях в период эксплуатации влияют возникновение пластических деформаций и появление ползучести в бетоне, которые способствуют догрузению стального профиля и сдвигу в контакте шва между стальной балкой и железобетонной плитой. Анализ и учет факторов, влияющих на начальное напряженно-деформированное состояние, позволит на этапе эксплуатации уменьшить влияние эффектов ползучести и усадки бетона на напряженно-деформированное состояние при эксплуатационных нагрузках.

Целью экспериментальных исследований явилось изучение начальных напряжений и прогибов сталежелезобетонных изгибаемых конструкций в период возведения начиная с момента укладки бетонной смеси при естественных условиях его твердения до приобретения бетоном конструктивной прочности.

Изучение начальных напряжений в сталежелезобетонных конструкциях проводилось на следующих опытных фрагментах: 1) Сталежелезобетонная плита размером сторон 3х3; 2) Образцы сталежелезобетонных балок пролетом 4 м.

Сталежелезобетонная плитная конструкция размером сторон 3х3м включает в себя стальную балку из двутавра 14Б1 по ГОСТ 26020-83 длиной 3 м, плиту из бетона В30, длиной и шириной 3000 мм и высотой плиты 50 мм. Совместная работа двутаврового профиля и бетонной плиты обеспечивается установкой парных анкеров вдоль верхнего пояса стального профиля шагом 20 см в пролете балки и 15 см у опор Ø8 А300 длиной 4,5 см. Армирование бетонной части производилось арматурными сетками из проволоки Ø4 В500 по правилам принятым для железобетонных ребристых плит. Плита моделировалась шарнирно-опертой по концам балок-ребер с расчетным пролетом 2,9 м. Общий вид плиты до и после бетонирования показан на рис. 1.

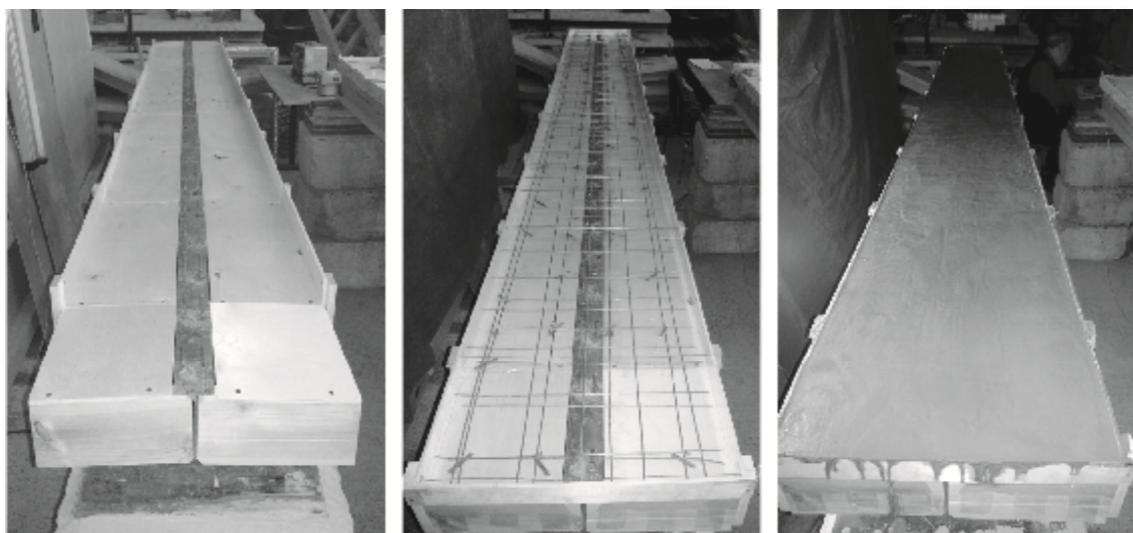


а)

б)

Рис. 1. Общий вид плиты: а) армирование; б) укладка бетонной смеси плиты

Опытный образец сталежелезобетонной балки состоял из двутавровой балки 12Б2 по ГОСТ 26020-83, длиной 4 м с расчетным пролетом 3,9 м. Плитная часть имела следующие размеры: длина – 4000 мм, ширина – 500 мм, высота – 50 мм. Верхнее и нижнее армирование бетонной части производилось арматурными сетками из проволоки $\varnothing 4$ В500. Класс бетона принималась равной В30. Совместная работа обеспечивалась приваркой анкеров в два ряда $\varnothing 6$ А300 длиной 4 см к верхнему поясу шагом 20 см в пролете балки и 15 см у опор. Опалубка была выполнена секционной с длиной ячеек в 22 см и 50 см, для исключения влияния жесткости ее бортовых элементов на деформативность стальной балки после укладки бетонной смеси. Так, для опытной балки, количество секций составило 18 ячеек. Общий вид сталежелезобетонной балки до и после бетонирования показан на рис. 2.



а)

б)

в)

Рис. 2. Общий вид балок: а) опалубка; б) армирование; в) укладка бетонной смеси балки

Во всех испытаниях, во время процесса твердения бетона, фиксировались прогибы в середине пролета и осадки опор. Частота снятия показателей составлял 1 час от условного «0». За условный «0» принималась время, соответствующее процессу завершения укладки бетонной смеси в опалубку. Для анализа развития напряжений в стальной балке были установлены электротензометрические датчики сопротивления базой 10 мм и 20 мм, а показания снимались автоматизированным тензометрическим комплексом ТК50М. Все эксперименты проводились при температуре окружающего воздуха 19⁰С.

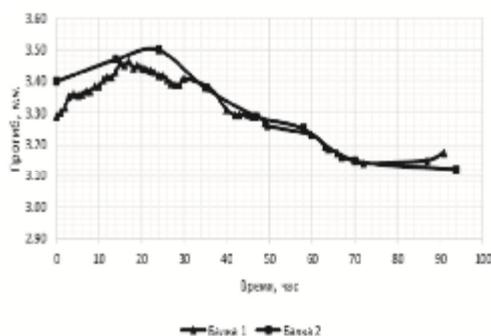


Рис. 3. Опытные значения прогибов по часам за 90 ч наблюдений

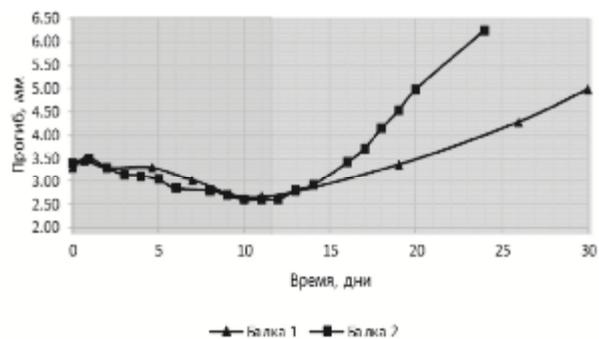


Рис. 4. Опытные значения прогибов по дням за 1 месяц наблюдений

Поведение балки под весом свежесуложенного бетона имеет следующий характер: за первые 24 часа после заливки бетонной смеси в опалубку наблюдается увеличение прогиба (рис. 3), далее вплоть до 13 дня наблюдаем обратный выгиб (рис. 4). Этот период включал в себя весь комплекс работ по уходу за состоянием бетона, распалубка осуществлялась после набора бетоном распалубочной прочности. По истечении 13 суток балка достигает максимального выгиба, затем из-за влияния эффекта усадки наблюдается обратный характер развития прогибов, который стабилизируется лишь через три месяца от начала испытания (рис. 5).

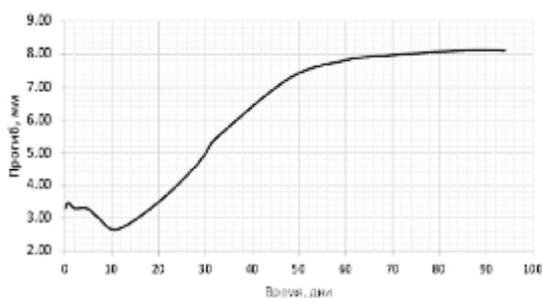


Рис. 5. Опытные значения прогибов по дням в середине балки за 90 дней нагружений

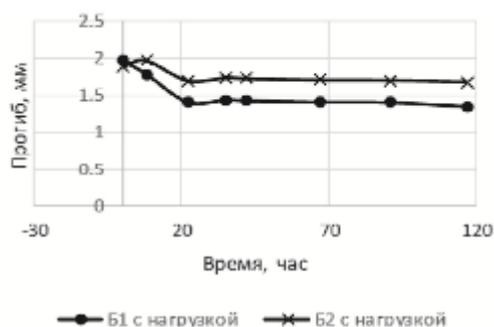


Рис. 6. Изменение прогибов ребер плиты

Для того, чтобы исследовать момент образования композиционного сечения, сталежелезобетонная плита в период твердения бетона была нагружена статической нагрузкой $P=250$ кг. Нагрузка передавалась через стальные балки с помощью закладных деталей, предварительно установленные до процесса бетонирования (рис. 1). Нагрузка прикладывалась частотой в 1 час, и снималась сразу же после снятия отсчетов по прогибомерам. Как показали эксперименты уменьшение прогибов наблюдается через 23 часа после укладки бетонной смеси в опалубку, что свидетельствует о начале включении бетонной полки в совместную работу со стальными балками (рис. 6).

Проанализировано развитие напряжений в поперечном сечении двутавровой стальной балки: с момента укладки бетонной смеси в опалубку и до 6 дней наблюдается уменьшение напряжений в нижнем поясе в 1,4 раза, а в верхнем поясе, наоборот, увеличение его значений в 1,26 раз (рис. 7). В период с 7 по 13 дни наблюдается обратный ход развития уровня напряжений, а именно, в нижнем поясе увеличение в 1,06 раза и уменьшение в 1,4 раза в верхнем поясе (рис. 8).

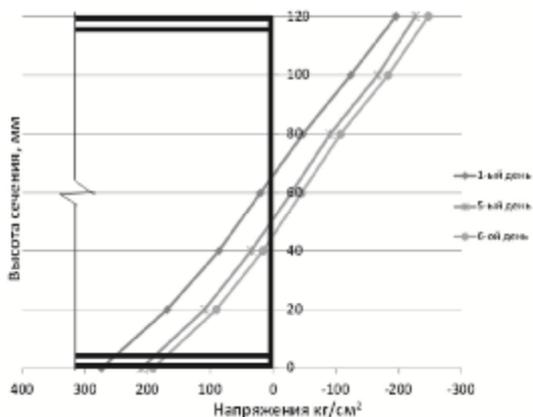


Рис. 7. Изменение напряжений за 1-6 дни

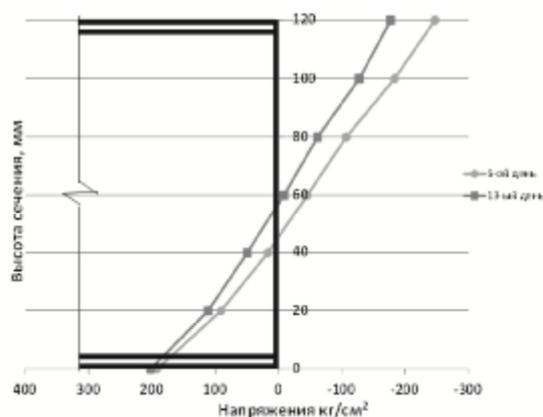


Рис. 8. Изменение напряжений 6-13 дни

Заключение

1. При естественных условиях твердения после укладки бетонной смеси в опалубку наблюдается уменьшение прогиба в середине балки. Данный процесс длится первые 13 дней, далее эффект усадки бетона способствует монотонному увеличению прогиба;

2. Изменения прогибов балки стабилизируются через 3 месяца с момента завершения бетонных работ;

3. Для сталежелезобетонных тавровых балок и плит изменение прогибов по времени имеет одинаковый характер;

4. Совместная работа бетонной полки и стальных балок-ребер в составе композиционного сечения наблюдается через 23 часа после укладки бетонной смеси в опалубку;

5. В процессе твердения наблюдается уменьшение напряжений в нижнем поясе двутавровой стальной балки, а в верхней полке – увеличение.

Список библиографических ссылок

1. Алмазов В.О. Проблемы использования Еврокодов в России // Промышленное и гражданское строительство, 2012, № 7. – С. 36-38.
2. Роджер П. Джонсон. Руководство для проектировщиков к Еврокоду 4: Проектирование сталежелезобетонных конструкций (пер. с англ.): МГСУ, 2013. – 412 с.
3. Голышев А.Б., Бачинский В.Я., Полищук В.П., Харченко А.В., Руденко И.В. Проектирование железобетонных конструкций: Справочное пособие, 2-е изд., перераб. и доп. – Киев.: Будивэльнык, 1990. – 544 с.
4. Бондаренко В.М., Бакиров Р.О., Назаренко В.Г., Римшин В.И. Железобетонные и каменные конструкции: Учеб. для строит. спец. вузов. – М.: Выс. шк., 2008. – 876 с.
5. Стрелецкий Н.Н. Сталежелезобетонные пролетные строения мостов. 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Транспорт, 1981. – 360 с.
6. Замалиев Ф.С., Гурьянов И.А., Шаймарданов Р.И., Хайрутдинов Ш.Н. Численные и натурные эксперименты в исследованиях сталежелезобетонных конструкций. // Известия КГАСУ, 2012., № 1 (19). – С. 46-52.
7. Замалиев Ф.С., Шаймарданов Р.И. Экспериментальные исследования сталежелезобетонных конструкции на крупномасштабных моделях // Известия КазГАСУ, 2008, № 2 (10). – С. 47-52.
8. Замалиев Ф.С., Биккинин Э.Г. Экспериментальные исследования сталежелезобетонных балок таврового сечения // Известия КГАСУ, 2014, № 4 (30). – С. 134-138.
9. Замалиев Ф.С. Эксперименты на сталежелезобетонных конструкциях по выявлению фактического НДС, вплоть до их разрушения // Механика разрушения строительных материалов и конструкций: материалы международной н/т конференции (VIII Акад. чтение РААСН). – Казань, 2014. – С. 86-96.

Zamaliy F.S. – candidate of technical sciences, associate professor

E-mail: zamaliy49@mail.ru

Bikinin E.G. – post-graduate student

E-mail: bekkan@rambler.ru

Kazan State University of Architecture and Engineering

The organization address: 420043, Russia, Kazan, Zelenaya st., 1

Experimental studies of the initial stress-strain state of steel-concrete composite beams and plates

Resume

The article describes the experimental beams and slabs, the results of research into the behavior of beams and plates in the pre production stage during their manufacture and curing of concrete. We describe the experimental designs steel-concrete composite beams and slabs. As prototypes made T-section beams, consisting of a reinforced concrete slab and steel I-beam edges in, and as a model of overlapping taken concrete slab supported by four steel I-beam ribs from. Joint work plate with ribs provided the same section anchors positioned with a single step for beams and slabs.

Shows the formwork design, providing compliance board members, excluding the impact of their stiffness of the beam during curing.

Details describe the methodology of experimental research, what instruments are measured deflections of beams in the middle and at the ends of beams and deflections are determined as a hardening concrete. To measure stress in the steel beams, ribs used electrical strain gauges are connected to a measuring complex.

The schedule of deflections and arching as a result of concrete shrinkage during the formation of the steel-concrete composite beam section. In the formation of the composite cross-section as a result of hardening concrete, there is a change of the stress-strain state of the beam. Presented stress distribution for the first and second week of hardening concrete, the analysis stresses on the height of the beam-edge.

At the end of the article gives a general conclusion on the results of the research.

Keywords: the initial stress, steel-concrete composite beams, T-section, experiment, shrinkage, bend.

Reference list

1. Almazov V.O. Problems using Eurocodes in Russia // *Industrial and Civil Engineering*, 2012, № 7. – P. 36-38.
2. Roger P. Johnson. Guidelines for designers to Eurocode 4: Design of composite structures (trans. From English.). MGSU, 2013. – 412 p.;
3. Golyshev A.B., Bachinskii V.Y., Polishchuk V.P., Kharchenko A.V., Rudenko I.V. Design of Concrete Structures: Handbook, 2nd ed., Rev. and dop. – Kiev.: Budivelnik, 1990. – 544 p.;
4. Bondarenko V.M., Bakirov R.O., Nazarenko V.G., Rimshin V.I. Reinforced concrete and stone structures: Textbook. For builds. spec. Universities. – M.: 2008. – 876 p.
5. Streletskii N.N. Steel-concrete bridge spans, 2nd ed., Rev. and add. – M.: Transport, 1981. – 360 p.
6. Zamaliy F.S., Guryanov I.A., Shaimardanov R.I., Khairutdinov Sh.N. Numerical experiments and field trials in steel-concrete structures // *News of the KSUAE*, 2012, № 1 (19). – P. 46-52.
7. Zamaliy F.S., Shaimardanov R.I. Experimental studies of steel-concrete structures for large-scale models // *News of the KSUAE*, 2008, № 2 (10). – P. 47-52.
8. Zamaliy F.S., Bikinin E.G. Experimental study of steel-concrete beams T-section // *News of the KSUAE*, 2014, № 4 (30). – P. 134-138.
9. Zamaliy F.S. Experiments on steel-concrete structures to identify the actual stress-strain state, including their destruction // *Fracture Mechanics Building Materials and Construction: Materials International H / T Conference (VIII Acad. RAASN reading)*. – Kazan, 2014. – P. 86-96.