

УДК 624.016.073.001.4

Ю.Н. Круль, И.А. Стебловский,

Харьковский национальный автомобильно-дорожный университет

РАБОТА ОБРАЗЦОВ СТАЛЕБЕТОННЫХ ПЛИТНЫХ ПРОЛЕТНЫХ СТРОЕНИЙ МОСТОВ

Авторы представляют результаты испытаний сталебетонных плит пролетных строений мостов с внешним листовым армированием. В результате экспериментальных исследований сталебетонных плит получены вертикальные перемещения точек плиты, деформации стального листа и деформации на поверхности бетона. Произведено сравнение экспериментальных и теоретических данных.

Ключевые слова: сталебетон, внешнее листовое армирование, пролетное строение, деформации.

Одновременно с совершенствованием железобетонных конструкций традиционного типа, в последнее время внимание отечественных и зарубежных исследователей привлекает изучение принципиально новых видов несущих элементов. К их числу относятся конструкции с внешним листовым армированием, которые в соответствии с международной терминологией принято называть составными типами «сталь-бетон», т.е. сталежелезобетон. Наибольший эффект от внешнего армирования достигается в изгибаемых в двух направлениях плитах пролетных строений мостов, перекрытий и покрытий промышленных зданий и сооружений. Плоский стальной лист, подкрепленный профильной арматурой, работает в условиях двухосного растяжения, благодаря чему повышается жесткость и несущая способность плиты при одинаковом по сравнению с железобетонной расходе металла. Настоящая статья является развитием исследований [1-3], в ней содержатся результаты экспериментальных исследований сталебетонных плит при действии сосредоточенных кратковременных нагрузок.

Авторами статьи проведены эксперименты опертой по двум противоположным сторонам и свободной на двух других сталебетонной плиты размером в плане 1600x1080 мм, составленной из трех панелей 1600x360мм.

Бетонирование плиты осуществлялось после сборки металлоконструкций (несъемной опалубки). Бетонная смесь имела состав на массе 1:1,23:2,9 при водоцементном отношении 0,38-0,40. При этом использовались: портландцемент Балаклейского комбината активностью 400; речной песок Кременчугского карьера с модулем крупности МК 2.5; гранитный щебень М-

1200 (по прочности) фракции 5-20 мм. Характеристики материалов, составляющих плиты, по результатам стандартных испытаний следующие: $R_b=1,001 \text{ кг}/\text{мм}^2$, $E_b=3 \cdot 10^4 \text{ МПа}$, $E_s=2 \cdot 10^5 \text{ МПа}$, $\sigma_t=2140 \text{ кг}/\text{см}^2$, $\sigma_b=3439 \text{ кг}/\text{см}^2$, $\mu=0.26$.

Изготовленные плиты (2 панели) хранились в лабораторных условиях. Для предотвращения образования усадочных трещин использовался слой влажного песка.

Средняя панель (рис. 1) армирована по длинным сторонам швеллерами №8 (ГОСТ 8240-89) и плоским листом толщиной 3 мм, приваренным к нижним полкам швеллеров электродуговой сваркой. Объединение для совместной работы бетона и стального листа выполнялось при помощи наклонных петлевых анкеров из гладкой проволочной арматуры $d = 4 \text{ мм}$ класса Вр-1, расстояние между ветвями анкеров выдерживалось 100 мм. Сопряжение ветвей осуществлялось по дуге радиусом 25 мм. Анкера приваривались к листовой арматуре, при этом, в соответствии с требованиями п. 3.46 СНиП 2.03.01-84, для предотвращения смятия стального листа и обеспечения большей зоны его включения в работу при вырывании анкерного стержня, длина сварочного шва выдерживалась 6-10 мм.

Крайние панели, составляющие плиту (рис. 1) отличались наличием ребер жесткости $\delta = 3 \text{ мм}$, установленных для восприятия отрицательных моментов при положении груза в точках свободного края. Соединение панелей выполнялось при помощи болтов $\phi 14 \text{ мм}$ в четырех сечениях по длине плиты. В каждом сечении располагалось по два болта, разведенных по высоте.

Испытания производились на действие сосредоточенной нагрузки, приложенной в точках I-IV через жесткий штамп, диаметром $\phi 15 \text{ см}$, который укладывался на подушки из резины толщиной 10 мм. Рабочее усилие создавалось домкратом. Схема испытательной установки приведена на рис. 2. Для обеспечения плотного равномерного контакта по сторонам опирания подкладывались свинцовые пластинки.

Вертикальные перемещения точек плиты в процессе нагружения фиксировались цифровыми индикаторами (в точках пересечения продольных осей симметрии каждой панели и линий, проведенных через 0,4 м вдоль длинной стороны плиты) с ценой деления 0,001 мм.

Деформации стального листа измерялись с использованием датчиков сопротивления типа КФП1-20-100-А-12. Во всех панелях измерялись деформации на поверхности бетона. Так как целью эксперимента было исследование напряженно-деформированного состояния плит при невысоком уровне напряженного состояния, то плиты до разрушения не доводились.

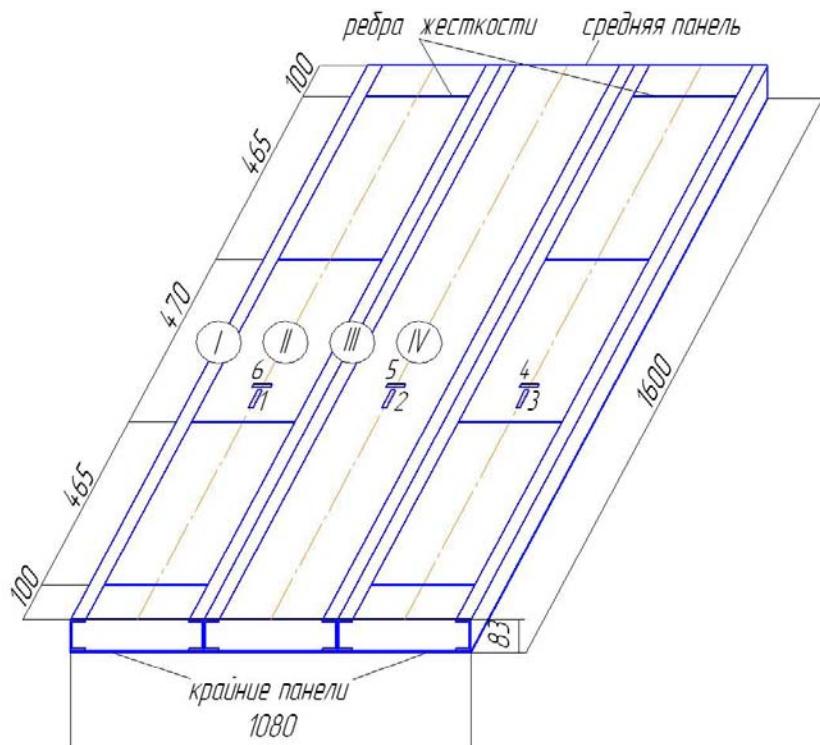


Рис. 1. Схема сталебетонной плиты: (I-IV) – области нагружения сосредоточенной нагрузкой; (1-6) – тензодатчики на бетоне



Рис. 2. Испытательная установка

Анализ диаграмм «нагрузка-прогиб» (рис. 3), полученных в результате испытания нагрузкой в центральной точке плиты (IV) позволяет утверждать, что зависимость нагрузка-прогиб (рис. 3, б) практически линейная.

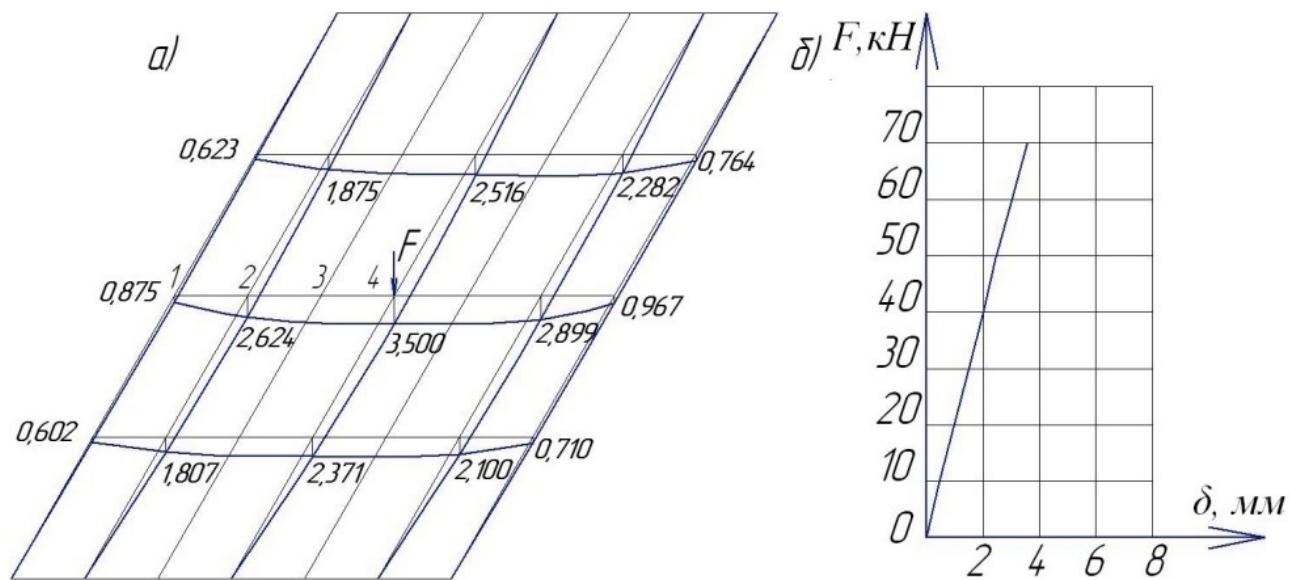


Рис. 3. Экспериментальные кривые деформирования сталебетонных плит: а) линии прогибов в местах установки индикаторов при нагрузке 70 кН; б) кривая деформирования плиты в точке (IV) приложения сосредоточенной силы

Как показывают результаты измерений деформаций внешней арматуры (рис. 4, а) и бетона (рис. 4, б) пластических деформаций не обнаружено. Результаты испытаний при приложении нагрузки в точках I, II, III приведены на рис. 5.

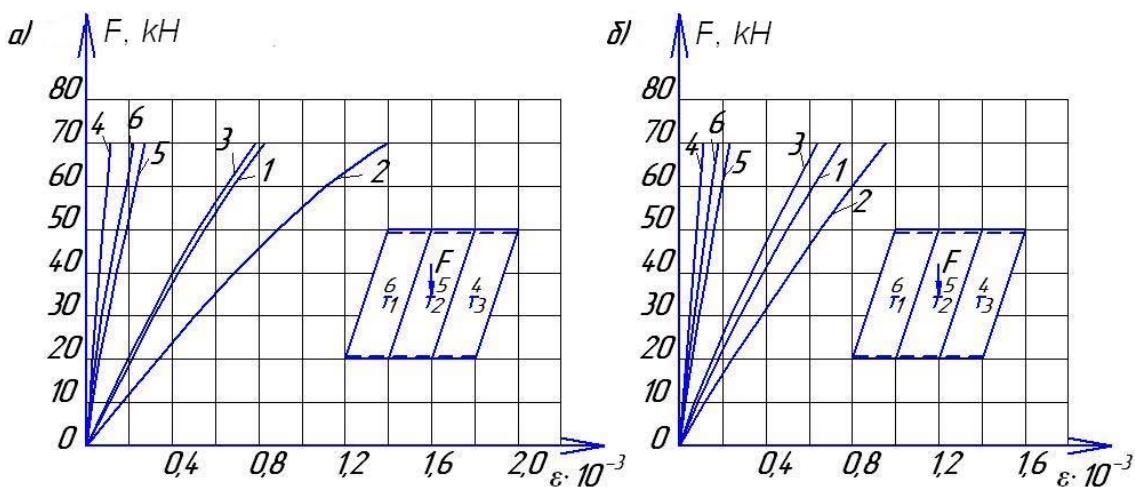


Рис. 4. Деформации (номер позиции соответствует номеру датчика): а) листовой арматуры плиты; б) бетона на поверхности плиты

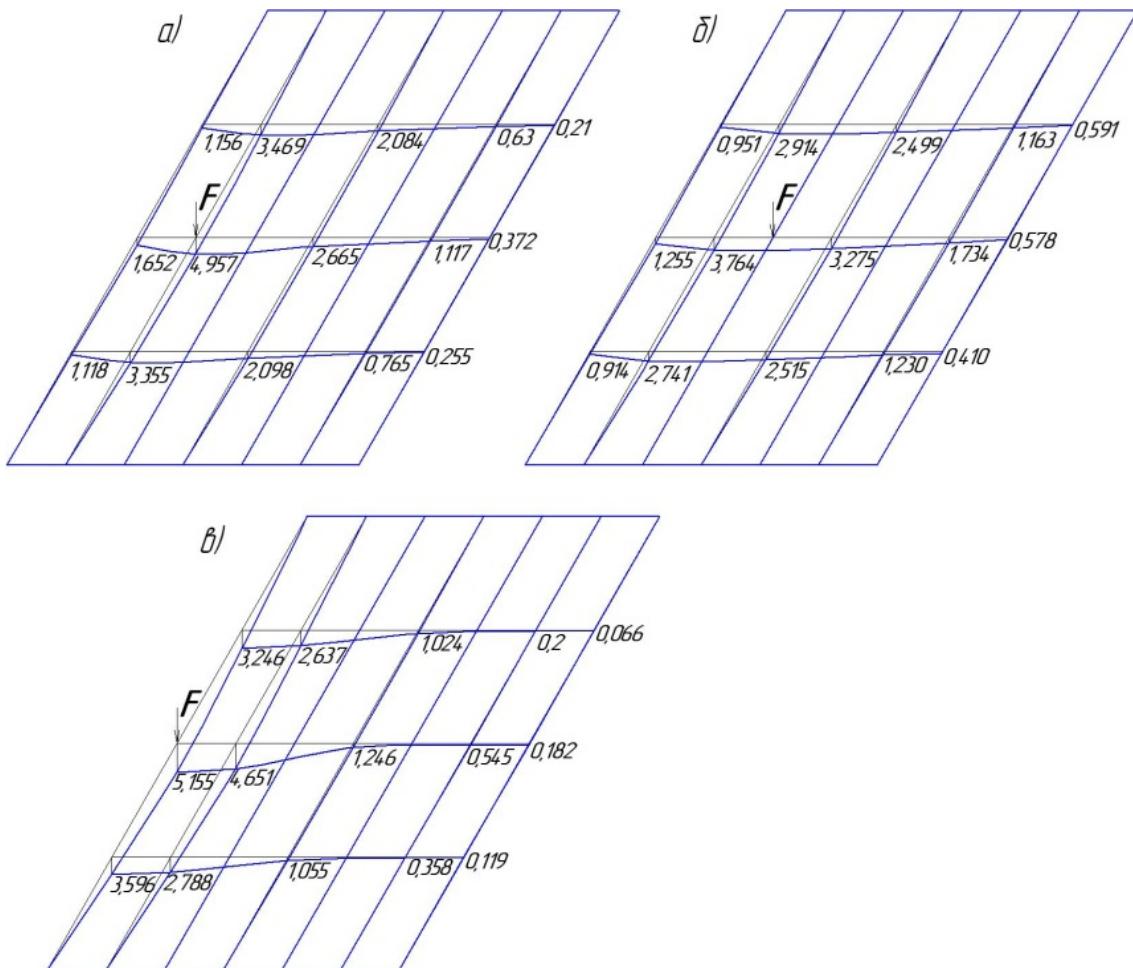


Рис. 5. Экспериментальные кривые деформирования сталебетонных плит: а) нагрузка в точке II; б) нагрузка в точке III; в) нагрузка в точке I

При малых уровнях напряжений, действующих в сечении, бетон работает как изотропный материал и работа сталебетонной плиты [2], описывается физическими уравнениями (1)

$$\begin{vmatrix} M_x \\ M_y \\ M_{xy} \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} D_{1_1} & D_1 & 0 \\ D_{2_1} & D_{2_2} & 0 \\ 0 & 0 & D_{3_2} \end{vmatrix} \times \begin{Bmatrix} K_x \\ K_y \\ 2K_{xy} \end{Bmatrix} \quad (1)$$

$$D_{1_1} = D_{2_2} = D = \frac{(E_b \lambda_b + E_s \lambda_s) h_0 E_s \lambda_s E_b \lambda_b}{(E_b \lambda_b + E_s \lambda_s)^2 - (\nu_s E_b \lambda_b + \nu_b E_s \lambda_s)^2};$$

$$D_{1_1} = D_{2_2} = \frac{D \cdot [\nu_s E_b \lambda_b + \nu_b E_s \lambda_s]}{[E_b \lambda_b + E_s \lambda_s]};$$

$$D_{3_2} = \frac{D \cdot [(1-\nu_s)E_b\lambda_b + (1-\nu_b)E_s\lambda_s]}{[2(E_b\lambda_b + E_s\lambda_s)]};$$

$$\lambda_s = \frac{x b_1}{((h_b - x)n) + \frac{b_2}{n} + b_2};$$

$$\lambda_b = \frac{b_1 + (h_b - x)b_2}{x} + \frac{(h_b - x)b_2 n}{x};$$

$$b_1 = \frac{x^2}{3}; \quad b_2 = \frac{(h_b - x)^2}{3}; \quad b_3 = A_s(h_b - x); \quad x = \frac{(0,5h_b^2 + A_s n h_b)}{A_s n + h_b}; \quad n = \frac{E_s}{E_b};$$

Выражение для кривизны принимается в соответствии с линейной теорией упругости.

В результате решения СЛАУ находятся значения функции прогибов и соответствующие компоненты напряженно-деформированного состояния M_x , M_y , M_{xy} главные моменты $M_{1,2}$, углы наклона главных площадок, соотношение напряжений на главных площадках $\eta = \frac{M_2}{M_1} = \frac{\sigma_2}{\sigma_1}$

Выводы

Выявлены особенности напряженно-деформированного состояния элементов плиты с учетом совместной работы бетона и стального листа.

Получены экспериментальные данные деформативности и несущей способности сталебетонной конструкции в несъемной опалубке.

Осуществлялась оценка сходимости данных экспериментальных исследований с данными теоретических расчетов. Проведенный анализ свидетельствует о хорошей сходимости результатов расчета напряженно-деформированного состояния [2] с результатами эксперимента.

Литература

1. Чихладзе Э.Д., Арсланханов А.Д. Несущая способность сталебетонных плит. - Известия вузов. Строительство и архитектура, 1989.- №4. - С. 5-8.
2. Чихладзе Э.Д., Арсланханов А.Д. Напряженно-деформированное состояние сталебетонных плит. - Строительная механика и расчет сооружений, 1990. - №2.-С. 22-26.
3. Чихладзе Э.Д., Арсланханов А.Д. Экспериментальные исследования сталебетонных плит. - Известия вузов. Строительство и архитектура, 1991. - №9.-С. 125-128.

Анотація

Автори подають результати випробувань сталебетонних плит прогонових будов мостів із зовнішнім листовим армуванням. У результаті експериментальних досліджень сталебетонних плит отримані вертикальні переміщення точок плити, деформації сталевого листа і деформації на поверхні бетону. Проведено порівняння експериментальних і теоретичних даних.

Annotation

The paper presents the results of the tests of the iron-reinforced plates of the bridge spans having external sheet reinforcement. The vertical shift of the plate points, the deformation of both an iron-reinforced sheet and the surface of concrete are the results of tests. Experimental and theoretical data are compared.