

А. В. КРУХМАЛЁВ (ХНАДУ, Харьков)

## НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОЕ СОСТОЯНИЕ СТАЛЕЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ БАЛОК

Проведено експериментальні дослідження сталезалізобетонних балок, складених із двутавра № 16 і залізобетонної плити розмірами 220×60×1200 мм. В якості об'єднуючих засобів елементів конструкції використовувалися різні типи анкерів: петльові, стержневі, жорсткі. Випробування проводилося на дію зосередженого навантаження, прикладеного посередині довжини балки через траверсу. Виконано оцінку збіжності даних експериментальних досліджень з даними теоретичних розрахунків.

Проведены экспериментальные исследования сталежелезобетонных балок, составленных их двутавра № 16 и железобетонной плиты размерами 220×60×1200 мм. В качестве объединительных средств элементов конструкции использовались различные типы анкеров: петлевые, стержневые, жесткие. Испытание производилось на действие сосредоточенной нагрузки, приложенной посередине длины балки через траверсу. Произведена оценка сходимости данных экспериментальных исследований с данными теоретических расчетов.

The experimental investigations of steel-reinforced concrete beams composed of double-T No. 16 and the reinforced concrete slab of size 220×60×1200 mm were conducted. Various types of anchors (loop, rod, rigid ones) were used as unifying means of the structure elements. The test on action of concentrated load applied in the middle of the beam length through the traverse was carried out. The convergence estimate for these experimental results with the data of theoretical calculations was done.

Широкое использование в строительстве и мостостроении [1, 2] сталежелезобетонных конструкций сдерживается ввиду недостаточной разработанности методов расчета и проектирования с учетом особенностей взаимодействия железобетонной плиты и жесткой арматуры. В связи с этим выполнены описанные ниже экспериментальные исследования работы сталежелезобетонных балок с различными типами анкерных упоров.

Автором выполнены экспериментальные исследования сталежелезобетонных балок, составленных из двутавра № 16 и железобетонной плиты. Объединение обоих элементов конструкции для совместной работы осуществлялось различными видами анкерных упоров. Это: арматурные стержни Ø 6 мм, высотой 50 мм, расстояние между стержнями по ширине балки – 60 мм, шаг вдоль балки – 50 мм (балки Б1, Б2); петлевые анкеры из гладкой проволочной арматуры Ø 6 мм, расстояние между ветвями выдерживалось равным 40 мм, сопряжение ветвей осуществлялось по дуге радиусом 2,5 мм, шаг по длине балки – 100 мм, при этом петли выгибались под углом 45° к горизонтали и располагались симметрично по длине балки с отгибом в противоположные от оси симметрии стороны (балки Б3 и Б4); жест-

кие анкера из уголков 50×50×4, шириной 60 мм, с шагом в вдоль балки 100 мм, были размещены симметрично по длине с горизонтальными полками в противоположные от оси симметрии стороны (балки Б5 и Б6).

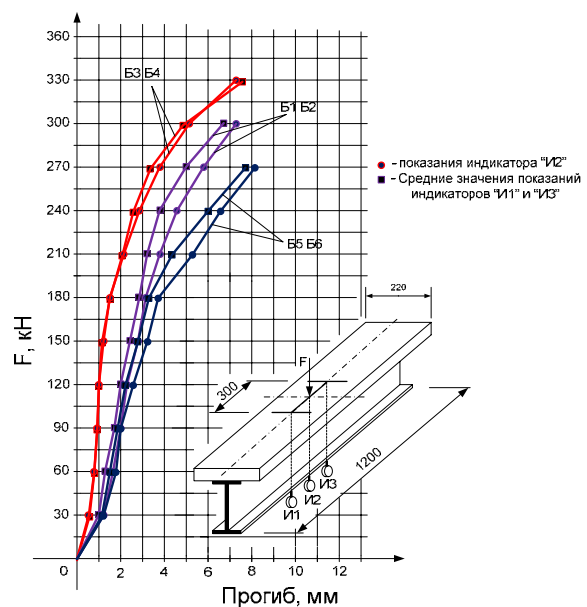


Рис. 1. Экспериментальная кривая деформирования сталежелезобетонных балок Б1...Б6: Б1, Б2 – балки со стержневыми упорами; Б3, Б4 – балки с петлевыми упорами; Б5, Б6 – балки с жесткими упорами

Анкерные упоры во всех балках приваривались к верхней полке двутавра электродуговой сваркой. Железобетонная плита имела размеры 220×60×1200 мм. Для изготовления бетонной смеси составом по массе 1:1,23:2,9 при водоцементном отношении 0,38...0,40 использовался шалакопортландцемент Балаклейского комбината М400 с содержанием 20 % молотого доменного шлака, речной песок Кременчугского карьера с модулем крупности МК-2,5. В качестве заполнителя применялся гранитный щебень М-1200 (по прочности) фракции 5...20 мм. Армирование плиты осуществлялось сетками их стержневой арматуры класса АIII периодического профиля Ø 8 мм. Изготовленные образцы (6 штук) хранились в лабораторных условиях, для предотвращения образования усадочных трещин в течении 7 суток содержались под слоем влажного песка. Образцы отличались только типом и расстановкой анкеров и их количеством.

Испытания производились на действие сосредоточенной нагрузки, приложенной к нагрузочному устройству (траверсе), создающему зону чистого изгиба. Рабочее усилие создавалось универсальной машиной УИМ-50. Опорные устройства не препятствовали повороту.

Вертикальные перемещения точек плиты в процессе нагружения фиксировались индикаторами часового типа (И1, И2, И3) с ценой деления 0,01 мм. Деформации двутавра измерялись с использованием датчиков сопротивления типа КФ5П1-20-100-А-12. Также при помощи тензодатчиков измерялись деформации на поверхности бетона. Анализ диаграммы «нагрузка – прогиб» (рис. 1), полученных в результате испытания позволяет выделить условно два слаболинейных участка, плавно переходящих друг в друга. Первый наблюдается в балках (Б1, Б2) до нагрузки 170 кН, (Б3, Б4) до нагрузки 180 кН, а (Б5, Б6) до нагрузки 150 кН. Нелинейность деформирования балок на этом участке диаграммы обусловлено развитием пластических деформаций в компонентах сечения. Как показывают результаты измерений деформации внешней арматуры (двутавра) (рис. 2) и бетона (рис. 3), пластические деформации в нижней полке двутавра появляются при нагрузке ≈200 кН, а при нагрузке ≈250 кН происходит разрушение верхнего волокна бетона в середине плиты. Переход ко второму участку диаграммы наметился после образования трещин на верхней поверхности плиты и характеризовался распростра-

нением пластических деформаций в нижней полке двутавровой балки.

Особенностью второго участка области является значительное увеличение деформаций плиты при относительно незначительных приращениях нагрузки.

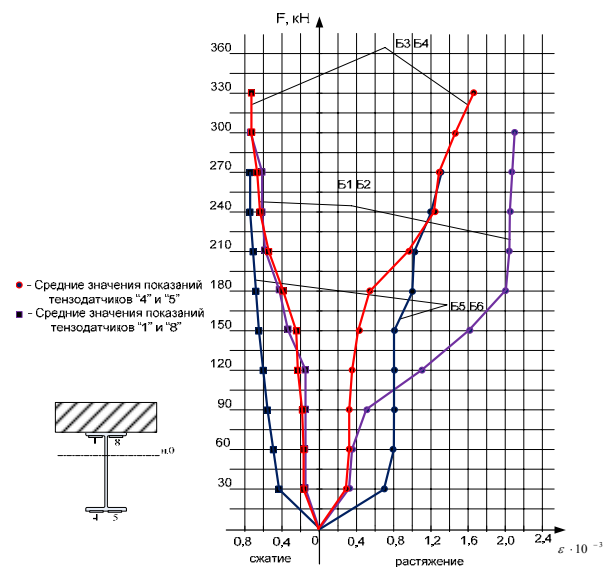


Рис. 2. Деформации двутавра в стале-железобетонных балках

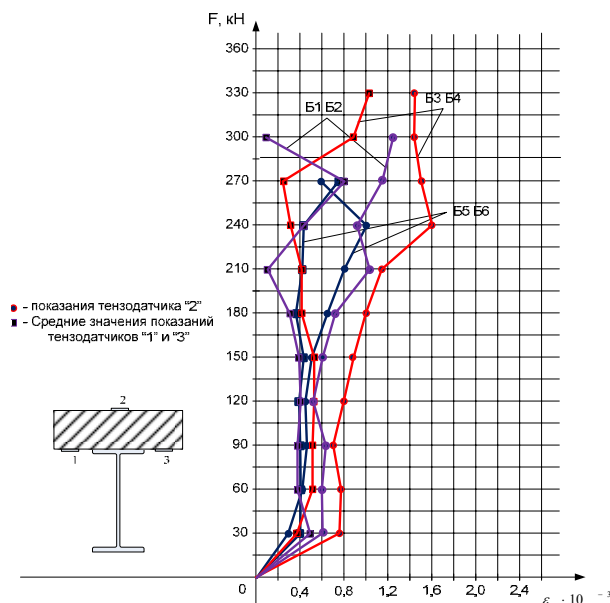


Рис. 3. График деформирования бетона на поверхности бетонной плиты

Проведенный анализ свидетельствует об удовлетворительной сходимости результатов расчета НДС с результатами эксперимента.

Петлевые наклонные анкера показали себя по сравнению со стержневыми и уголковыми анкерами наиболее надежными на сдвиг связями. Максимальные деформации в бетоне в балках Б3, Б4 вплоть до разрушения балок не

превысили 0,2 мм. Закон деформирования наклонных анкеров в условия сдвига может считаться линейным [3] до предела его прочности, достижения которого является одним из критериев предельного состояния.

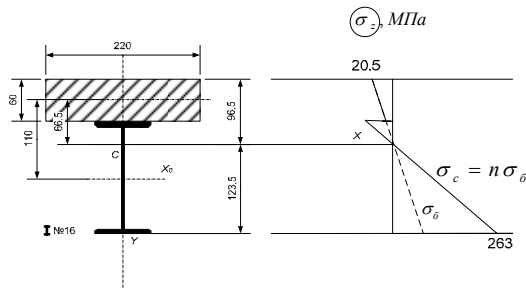


Рис.4. Напряжение в сечении сталежелезобетонной балки

1. Проведены экспериментальные исследования сталежелезобетонных балок с различными типами анкеров, объединяющих для совместной работы железобетонную плиту и двутавровую балку.

2. Характер деформирования всех испытанных балок и развитие пластических свойств нижней полки двутавровой балки к моменту разрушения позволяет говорить об исчерпании несущей способности по прочности нормальных сечений.

3. Петлевые наклонные анкера показали себя по сравнению с стержневыми и уголковыми анкерами наиболее надежными на сдвиг связями, обеспечивая вплоть до разрушения, совместную работу двутавровых балок и железобетонной плиты.

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Чихладзе, Э. Д. Экспериментальные исследования сталебетонных плит [Текст] / Э. Д. Чихладзе, А. Д. Арсланханов // Известия вузов. Строительство и архитектура. – 1991. – № 5. – С. 125-128.
2. Chichladze, E. D. Experimental researches of steel-concrete plates [Текст] / E. D. Chichladze, G. L. Vatylya // Proc. of the IASS 40<sup>th</sup> Anniversary Congress (Madrid, 20-24 September 1999). – 1999. – P. A13-A18.
3. Чихладзе, Э. Д. Экспериментальные исследования сталебетонных балок [Текст] / Э. Д. Чихладзе, А. Д. Арсланханов // Известия вузов. Строительство и архитектура. – 2000. – № 12. – С. 4-7.

Поступила в редколлегию 25.03.2010.

Принята к печати 02.04.2010.