

УДК 624.012.35/45

**Ф.С. Замалиев** – кандидат технических наук, доцент

**Р.А. Сагитов** – инженер

**Ш.Н. Хайрутдинов** – инженер

E-mail: [shamil153@mail.ru](mailto:shamil153@mail.ru)

**Казанский государственный архитектурно-строительный университет**

## **ИСПЫТАНИЕ ФРАГМЕНТА СТАЛЕЖЕЛЕЗОБЕТОННОГО ПЕРЕКРЫТИЯ НА СТАТИЧЕСКИЕ НАГРУЗКИ**

### **АННОТАЦИЯ**

Целью испытания являлось определение напряженно-деформированного состояния фрагмента сталежелезобетонного перекрытия при статических нагрузках. Приведены графики развития прогибов, деформаций сдвига на границе сталь-бетон и деформаций нижнего пояса стальных балок перекрытия.

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** сталежелезобетонные конструкции, статическая нагрузка, испытание.

**F.S. Zamaliev** – candidate of technical science, associate professor

**R.A. Sagitov** – engineer

**Sh.N. Khayrutdinov** – engineer

**Kazan State University of Architecture and Engineering**

## **STATIC LOAD TEST OF COMPOSITE STEEL AND CONCRETE CEILING FRAGMENT**

### **ABSTRACT**

The purpose of this test is estimation of the stress-strain mode of composite steel and concrete ceiling fragment under static load. The diagrams of deflection increase, shear strain of steel-concrete connection, and tensile strain of the bottom flange of steel beams are given.

**KEYWORDS:** composite steel and concrete structures, static load, test.

При реконструкции жилых и общественных зданий возникает потребность замены существующих перекрытий по деревянным балкам, не нарушая при этом статической связности зданий. Замену деревянных перекрытий в отечественной практике часто производят с помощью металлических балок и железобетонного настила. Однако, при проектировании таких конструкций часто исходят из предпосылки, что стальная балка и железобетонная плита работают отдельно и не связаны друг с другом. Но в зарубежной практике и в ряде случаев, имевших место в России и в том числе в Республике Татарстан, в качестве перекрытия применяли сталежелезобетонные конструкции, запроектированные с учётом совместной работы стальной балки с железобетонной плитой.

Однако в целом сталежелезобетонные конструкции в отечественной практике не нашли должного распространения. Это, вероятно, связано с отсутствием нормативной базы и малой изученностью сталежелезобетонных перекрытий. Целью этой работы явилось проведение испытания фрагмента сталежелезобетонного перекрытия и получение экспериментальных данных напряженно-деформированного состояния для последующего их использования в разработке новых методик расчёта.

### **1. Экспериментальная установка.**

В качестве фрагмента для испытаний изготовлено сталежелезобетонное перекрытие размерами 6000х6000 мм. Стальная часть перекрытия состоит из шести прокатных двутавровых балок № 20 по ГОСТ 8239-89 длиной 6000 мм, расположенных с шагом 1200 мм; бетонная часть: длина – 6000 мм, ширина – 6000 мм, высота – 80 мм. Армирование бетонной части производилось арматурными сетками из проволоки Ш5 Вр-I с шагом 100 мм по классической схеме для неразрезной балки. Совместность работы стальной и бетонной частей сталежелезобетонной конструкции достигалась за

счет двух рядов вертикальных анкерных стержней (2 Ш10 60 мм А-III), приваренных по всей длине к верхнему поясу стальных балок с шагом 150 мм в середине пролета, и 100 мм – по концам.

Применялся бетон класса В22,5 (М 300). Для определения его расчётных характеристик были изготовлены контрольные образцы – кубы 100х100х100 мм. При заливке монолитного бетона его уплотнение производилось глубинным вибратором.



Рис. 1. Вид опытной СЖБ плиты под нагрузкой

## 2. Измерительная аппаратура и методика замеров.

Для измерения деформаций стали и бетона на их поверхности наклеивались тензорезисторы с базой 50 мм (для бетона) и 20 мм (для стали). Продольные прогибы конструкции замерялись по центрам стальных балок с помощью линеек, укрепленных жестко на металлических треногах. Сдвиг по контакту сталь-бетон замерялся индикаторами часового типа с ценой деления 0,01 мм, укреплявшимися к концам стальных балок. Момент образования трещин и характер трещинообразования определяли визуально, а величина раскрытия трещин определялась с помощью микроскопа МБП-2 с 24-хкратным увеличением. Опытная разрушающая нагрузка фиксировалась путём предварительного определения веса всех грузов.

## 3. Результаты испытания.

Испытание проводилось постепенным нагружением однократной кратковременной статической нагрузкой сталежелезобетонной плиты перекрытия ступенями по 1/20 от ожидаемой разрушающей нагрузки. После каждого этапа нагружения снимались показания всех датчиков, индикаторов и прогибы.

При испытании изучался характер трещинообразования верхней и нижней граней железобетонной полки сталежелезобетонной плиты, а также закономерности развития деформаций бетона и стали несущих балок и монолитной плиты опытной сталежелезобетонной плиты.

Испытуемую плиту нагружали распределённой нагрузкой до 91 т. При нагрузке в 91 т прогиб конструкции составлял в разных зонах от 7,5 до 12 см, что составляет 1/50 длины конструкции (стальных балок). Таким образом, прогибы достигли недопустимых значений. При нагрузках от 0 до 91 т напряжения продолжали наращаться, происходило постепенное раскрытие продольных трещин в бетоне непосредственно над стальными балками, образовывалась сетка трещин в нижней части бетонной плиты, прогибы конструкции достигали 12 см, что означало наступление обеих групп предельных состояний.

При испытании опытной сталежелезобетонной плиты также изучались закономерности развития прогибов несущих балок фрагмента. Во всех шести несущих балках происходило увеличение прогибов при возрастании уровня нагружения, причем интенсивность их развития была различной на разных этапах.

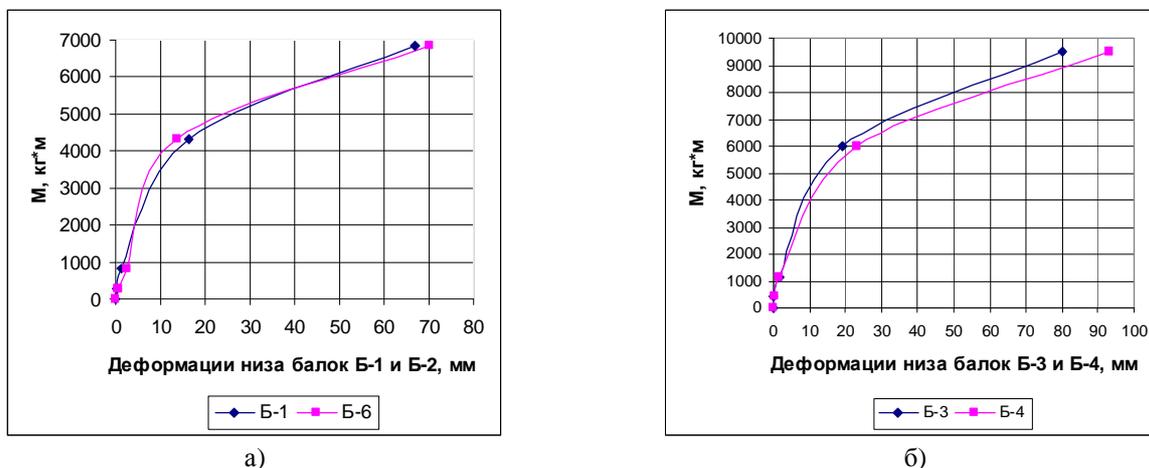


Рис. 2. Деформации крайних фибр нижнего пояса стальной части, измеренные в зоне чистого изгиба на участке 60 см, для крайних (а) и средних (б) балок плиты

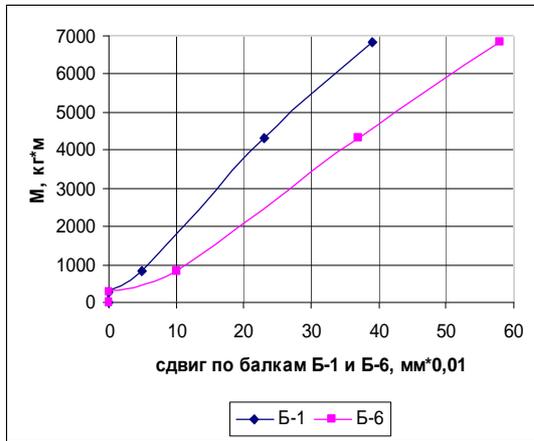


Рис. 3. Общий вид опытной сталежелезобетонной плиты после испытания

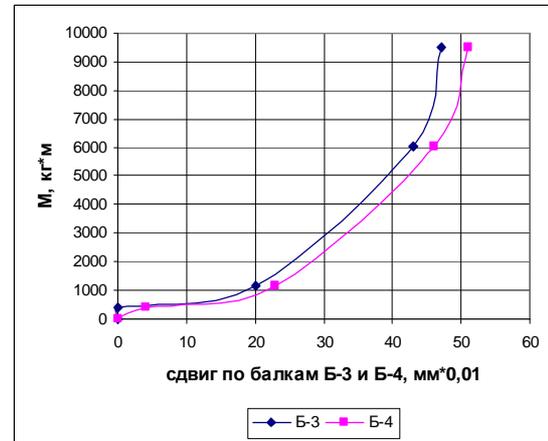
На начальных этапах загрузки наблюдается практически прямая пропорциональность между изгибающим моментом и прогибами, а затем с изменением эпюры деформаций по высоте сталежелезобетонного сечения, вследствие появления неупругих деформаций стали, происходит интенсивный рост прогибов при незначительном увеличении нагружения, т.е. излом графика прогибов. Наличие изломов на графиках прогибов свидетельствует о снижении жесткости несущих балок сталежелезобетонного фрагмента при увеличении уровня нагружения.

Снижение жесткости несущих сталежелезобетонных балок происходит по растянутой зоне, вследствие снижения модуля упругости стали после того, как сталь сталежелезобетонного сечения входит в зону неупругих деформаций. Это объясняется сдерживающим влиянием неразрезной железобетонной плиты фрагмента сталежелезобетонного перекрытия, работающей в двух направлениях, и постепенным её включением в работу с увеличением уровня нагружения.

Наибольшее значение прогибов, а также наибольшие значения деформаций сжатия и растяжения в одинаковых сечениях по длине пролета достигались в средних (третьей и четвертой) стальных балках опытной сталежелезобетонной плиты. Напряжения (деформации) нижних фибр стальной части сталежелезобетонного сечения развиваются более интенсивно, чем напряжения (деформации) по верхней грани бетонной полки, что свидетельствует о перераспределении усилий между сталью несущих балок и бетоном плиты и постепенном смещении нейтральной оси в сторону стальной части фрагмента сталежелезобетонного перекрытия.

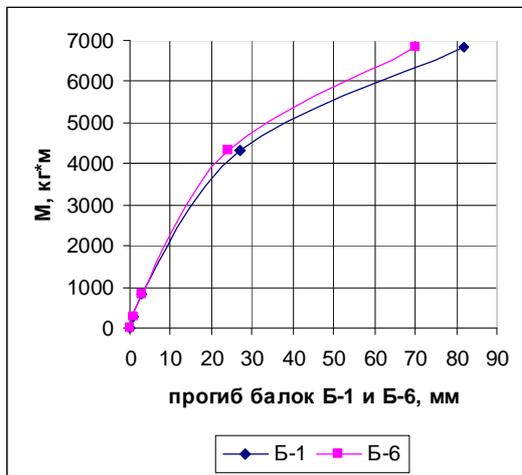


а)

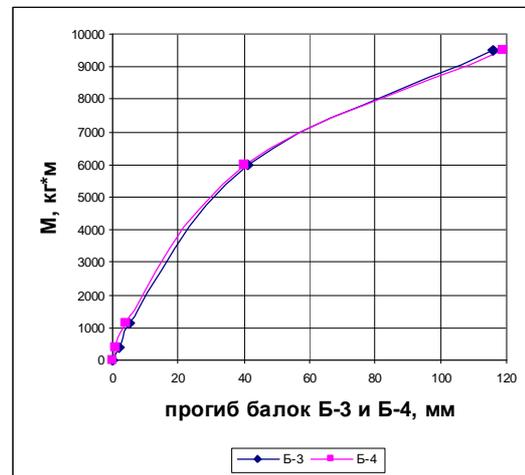


б)

Рис. 4. Графики развития максимальных деформаций абсолютного сдвига  $\Delta sh$  на границе контакта «сталь-бетон» для крайних (а) и средних (б) балок фрагмента перекрытия на различных этапах нагружения



а)



б)

Рис. 5. Графики развития прогибов в координатах «M-f» для крайних (а) и средних (б) балок фрагмента перекрытия на различных этапах нагружения

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. СНиП 2.05.03-84\*. Мосты и трубы. – М.: Стройиздат, 1996. – 210 с.
2. СНиП 2.03.01-84\*. Бетонные и железобетонные конструкции. Госстрой СССР. – М.: ЦИТП Госстроя СССР, 1989. – 80 с.
3. Замалиев Ф.С. Сталежелезобетонные конструкции. Новые методы расчета. – Казань, 1997. – 51 с.