

УДК 692.4:624.94

## ИСПЫТАНИЯ БАЛОК С ПЕТЛЕВЫМИ СТЫКАМИ МНОГОКРАТНО ПОВТОРЯЮЩИМИСЯ НАГРУЗКАМИ

**В.В.Малахов**

*Одесская государственная академия строительства и архитектуры,  
г.Одесса*

В связи с достаточно широким распространением сборно-монолитного железобетона в Украине возникла необходимость расширения области применения различных стыковых соединений. В частности, можно было бы существенно снизить трудоемкость при монтаже некоторых конструкций, внедрив петлевые стыки изгибаемых элементов.

Достоинствами петлевых стыков является простота их изготовления при малых затратах материала, а также возможность отказа от сварки в таких стыках при монтаже сборно-монолитных железобетонных конструкций.

В лаборатории тяжелых бетонов Одесской государственной академии строительства и архитектуры были проведены экспериментальные исследования по определению виброхарактеристик изгибаемых железобетонных элементов с петлевым стыком в продолжение исследовательских работ [3]. Была проведена серия испытаний аналогичных образцов со стыковыми соединениями различных видов: петлевой стык по технологии «КУБ-2.5», шпоночный стык, бесшпоночный стык (рис. 1). Для оценки полученных результатов наряду с конструкциями со стыками были изготовлены и испытаны изгибаемые железобетонные элементы без стыковых соединений.

Армирование опытных железобетонных балок длиной 1,2 м с поперечным сечением 100×150 см, выполненных из тяжелого бетона класса С12/15[2], принималось аналогичным с [3] (см. рис.2):

- для балок без стыковых соединений (балки по серии D) - сварными пространственными каркасами с цельными стержнями Ø10A500С;

- для балок со стыками, расположенными в середине пролета - двумя сварными пространственными каркасами с изогнутыми цельными стержнями Ø10A500С и двумя анкерными стержнями Ø10A500С в зоне стыка;

Балки испытывались как однопролетные, свободно опертые, нагруженные динамической нагрузкой, создаваемой вибромашинной (рис. 3), расположенной в середине пролета. Вибромашина была спроектирована и собрана на базе двух строительных вибраторов типа ИВ-99. Общий вес вибромашины вместе с крепежными деталями составил 49,8 кг.

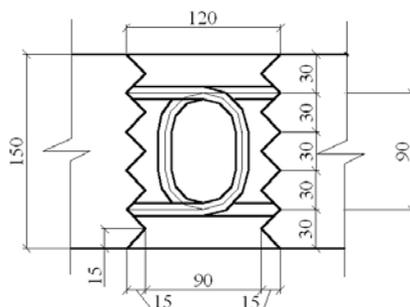
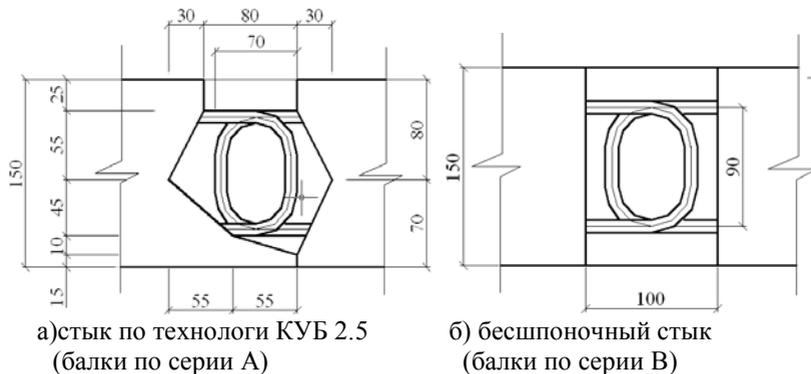


Рис.1 Схемы петлевых стыков экспериментальных образцов:

- а). стык по технологи КУБ 2.5(балки по серии А);
- б). бесшпоночный стык (балки по серии В);
- в).шпоночный стык (балки по серии С).

Экспериментальные балки при испытаниях знакопеременной нагрузкой устанавливались на металлическую станину, которая, в свою очередь, была установлена на резиновые виброгасители. Вибрационная нагрузка прикладывалась к балкам этапами: до

статического нагружения и после статического нагружения-разгрузки при величине нагрузки, составляющей 0,5, и 0,9 от разрушающей. Частота колебаний машины изменялась с помощью частотного преобразователя Danfoss в пределах от 2 до 16 Гц ступенями равными 2 Гц. На каждой ступени проводились контрольные измерения амплитуды колебаний (прогибов) экспериментальных образцов, а также виброускорения и виброскорости в точке И1. Количество циклов динамического нагружения на каждой ступени соответствовало  $N=600$  сек/Т. После чего балка подвергалась следующему статическому нагружению-разгрузки и динамические испытания повторялись.

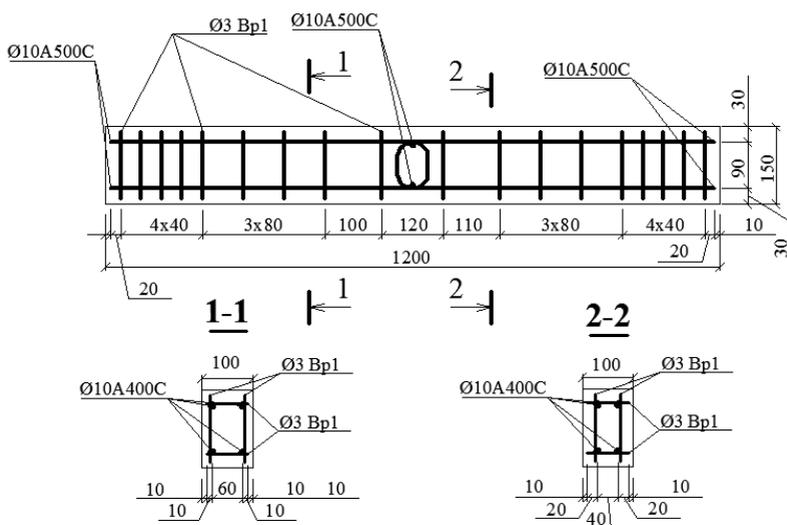


Рис.2. Схема армирования опытных железобетонных балок с петлевыми стыками, расположенными в середине пролета.



Рис.3. Схема динамического испытания образцов балок (F-амплитуда динамической силы вибромашины; И1-акселерометр)

Над зоной петлевого стыка устанавливалась регистрирующая аппаратура - низкочастотный сейсмический акселерометр Wilcoxon Research 731a, который использовался в качестве вибродатчика для измерения амплитуд ускорений, скоростей и перемещений при вынужденных колебаниях.

Управление процессом измерений амплитуд ускорений, скоростей и перемещений при вынужденных и свободных колебаниях, а также запись и обработка показаний приборов выполнялась с локального рабочего места с помощью системы сейсмомониторинга «Многоканальная измерительная система “Сейсмомониторинг”, версия 1.0» (рис. 4).

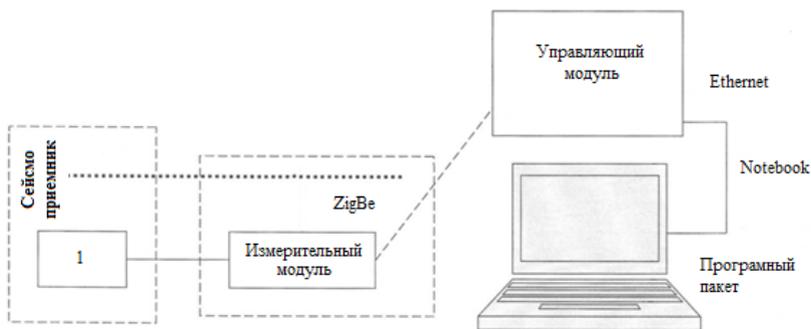


Рис. 4. Система сейсмомониторинга – управление процессом измерений амплитуд ускорений, скоростей и перемещений при вынужденных колебаниях выполняется с локального рабочего места

Перед испытаниями было определено значение теоретической частоты собственных колебаний экспериментальных балок, которое составило 205 Гц.

На рисунке 5 приведено по три опытные кривые: зависимость виброперемещений от частоты для балок до испытаний статическим нагружением и зависимости виброперемещений для тех же экспериментальных балок после их статического нагружения нагрузкой в 0.5 и 0.9 от разрушающей. Данные усреднены для балок по сериям.

Установлено, что при испытаниях железобетонных экспериментальных балок, выполненных с петлевыми стыками, виброперемещения после статической нагрузки-разгрузки в размере 0,5 от разрушающей были выше аналогичных значений, полученных на балках до испытания статическим нагружением. Существенные различия в восприятии вибрационной нагрузки петлевыми стыками

проявились при испытаниях железобетонных экспериментальных образцов, прошедших этап статического нагружения-разгрузки при силе, составляющей 0,9 от разрушающей нагрузки.

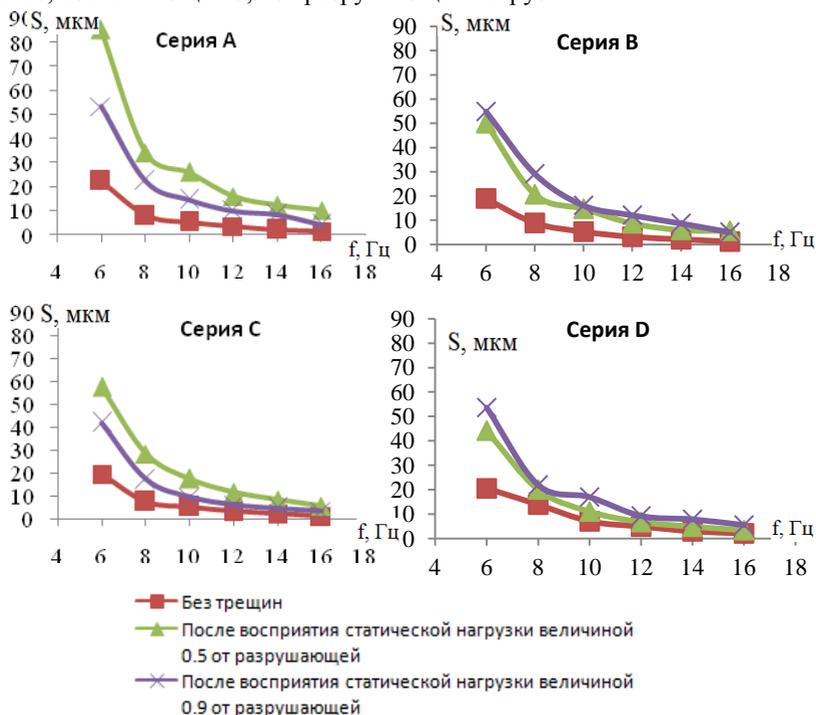


Рис. 5. Опытные зависимости виброперемещений середины пролета балок от частоты

На этом этапе перемещения в балках со шпоночными стыками стали еще выше аналогичных значений, полученных на предыдущих этапах. Аналогичная картина наблюдалась и при испытаниях экспериментальных балок, выполненных по серии D (без стыка). При этом, виброперемещения при испытании балок с петлевым стыком, выполненным по технологии «Каркас Унифицированный Безригельный - 2,5» и балок с бесшпоночным стыком оказались заметно меньше тех же значений, полученных при испытаниях этих же образцов после статического нагружения-разгрузки при нагрузке 0,5 от разрушающей.

## Выводы

Сопоставив графики зависимостей виброперемещений от частоты для балок с петлевыми стыками серий А, В, С и балок без стыков серии D для каждого этапа экспериментальных исследований (до нагружения статической нагрузкой и после нагружения-разгрузки величиной в 0,5 и 0,9 от разрушающей) при испытании многократно повторяющейся вибрационной нагрузкой, установлено (рис.6):

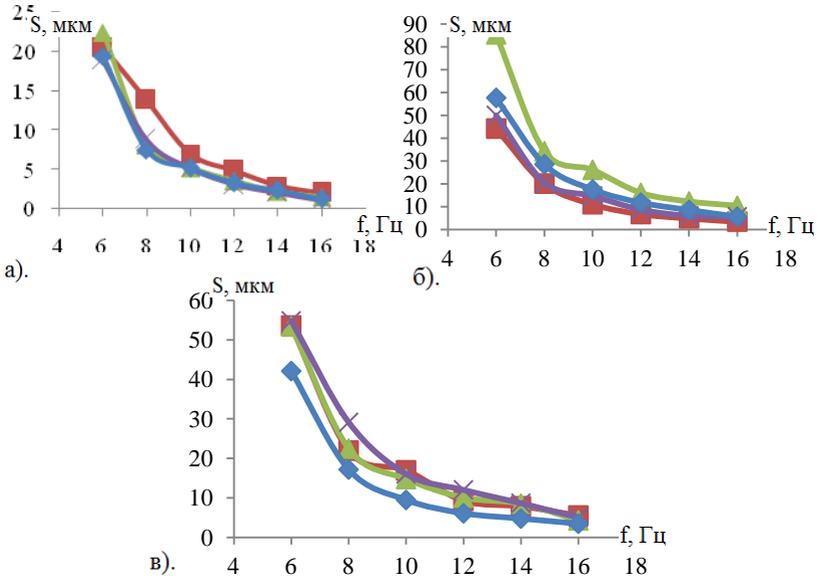


Рис. 6. Результаты динамических испытаний - графики зависимости виброперемещений от частоты. Пошаговое наложение для всех серий: а - без трещин; б - после восприятия статической нагрузки величиной 0.5 от разрушающей; в - после восприятия статической нагрузки величиной 0.9 от разрушающей

- При испытании динамической нагрузкой экспериментальных образцов без трещин разброс значений виброперемещений всех балок с петлевыми стыками в центральной зоне был небольшим. При этом падение виброперемещений балок серии D в среднем сечении по длине балки заметно отличались в большую сторону - на 30-40% от аналогичных значений для остальных балок.

- Дальнейшие испытания балок с петлевыми стыками динамической нагрузкой после их статического нагружения-разгрузки величиной в 0,5 от разрушающей показал большой разброс

абсолютных значений виброперемещений. При сравнении графиков зависимостей видно, что балки серии D имеют наименьшие амплитуды виброперемещений в середине пролета. Балки серии В со шпоночными петлевыми стыками на данном этапе эксперимента показали самые близкие к эталонным балкам серии D значения виброперемещений. Разница этих показателей составила 22-32%. Виброперемещения балок серии С были уже на 58-75% выше значений виброперемещений балок без стыков. Несколько неожиданным можно считать результат испытаний для балок серии А. Виброперемещения таких балок оказались в 2.4-2.55, а при 16 Гц в 3 раза больше виброперемещений балок без стыков.

- При испытаниях балок после их статического нагружения при нагрузке 0,9 от разрушающей установлены следующие изменения по сериям в результатах испытаний. При сопоставлении графиков зависимостей на рис. 7 видно, что виброперемещения среднего по длине балки сечения у балок серии С с бесшпоночными стыками на 35-44% меньше значений виброперемещений балок серии D, выполненных без стыков. В свою очередь, виброперемещения балок со шпоночными стыками (серия В) и со стыками, выполненными по технологии «Каркас Унифицированный Безригельный» (серия А) сопоставимы со значениями перемещений балок без стыков и отличаются от последних на 6-10%.

### **Summary**

**The alternating load tests of beams with loop joints were held. The character of beams with loop joints vibro characteristics changes because of cracking after the perception of static loading was defined.**

1. «Унифицированная система сборно-монолитного безригельного каркаса КУБ-2,5». НПСО «Монолит»; ЦНИИПИ «Монолит». Москва, 1990. 2. ДСТУ Б.В.2.6.-7-95(ГОСТ 8829-94). Конструкції будинків і споруд. Вироби будівельні бетонні та залізобетонні збірні. Методи випробувань навантажуванням. Правила оцінки міцності, жорсткості та тріщиностійкості. Київ, 1997. 3. Дорофеев В.С., Петраш С.В., Шеховцов И.В., Малахов В.В. «Прочность и деформативность балок со стыком «передерия». Ресурсоекономні матеріали, конструкції, будівлі та споруди// Збірник наукових статей. Вип. 22. Рівне, 2011р.- с.328-333.