

СОБСТВЕННАЯ ЧАСТОТА КОЛЕБАНИЙ КАК КРИТЕРИЙ ЦЕЛОСТНОСТИ ПЕТЛЕВЫХ СТЫКОВ

Дорофеев В.С., д.т.н., проф., Малахов В.В., асп., Музычук А.Б.

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

Введенные в эксплуатацию здания и сооружения претерпевают непрерывный процесс функционального устаревания. При реконструкции существующего жилого фонда предусматривается усиление существующих конструкций и приведение их в соответствие с новыми технологическими и моральными требованиями. Помимо этого, в настоящее время существует определенный процент зданий, подверженных воздействию внешних факторов, оказывающих негативное воздействие на прочность их конструкции. В виду актуальности проблемы безопасности и целостности как строительных сооружений, так и любых других конструкций, этими вопросами занимаются ученые различных областей науки и техники.

В большинстве случаев основными информативными динамическими параметрами технического состояния конструкций являются частоты и декременты собственных колебаний по основному тону, которые наиболее чувствительны к имеющимся в строительных конструкциях дефектам и повреждениям. Известно, что при появлении трещин в конструкции начинает падать основная (первая) собственная частота[1].

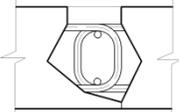
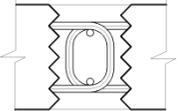
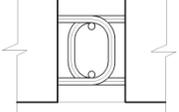
В лабораторных условиях была поставлена серия экспериментов по определению собственных частот колебаний железобетонных балок с петлевыми стыками. Габаритные размеры экспериментальных балок - 1200x100x150 мм, общее количество – 16 шт. Основные виды и маркировка экспериментальных образцов приведена в таблице 1.

Предварительно перед испытаниями все образцы были подвержены статическому нагружению, вследствие чего в них образовались дефекты в виде трещин в растянутой зоне образцов.

Для определения частот собственных колебаний балок использовался метод мгновенного снятия нагрузки и последующая обработка затухающих колебаний. В качестве вибродатчика использовался низкочастотный сейсмический акселерометр марки 731A фирмы Wilcoxon Research (США). Регистрация вибросигналов выполнялась с

локального рабочего места с помощью портативной восьмиканальной измерительной системы “Сейсмомониторинг”. Для определения частот колебаний экспериментальных железобетонных балок с петлевыми стыками производился спектральный узкополосный анализ в диапазоне частот 1-1000 Гц. По результатам динамических испытаний регистрировались временные сигналы вертикальных виброускорений и рассчитывались спектры для железобетонных балок при мгновенном сбросе нагрузки.

Табл. 1. Маркировка экспериментальных образцов

Позиция	Маркировка серии экспериментальных образцов	Схема петлевого стыка серии	Примечание
1	A		Петлевой стык по технологии КУБ-2,5[2]
2	B		Шпоночный петлевой стык
3	C		Бесшпоночный петлевой стык
4	D	—	Образцы без стыка

Перед началом эксперимента была определена теоретическая частота собственных колебаний железобетонных балок с заданной жесткостью при условии отсутствия в них повреждений. Ее величина составила $f_{theor} = 204,9$ Гц. Все результаты сопоставлялись со значениями частот первой формы собственных колебаний, полученных экспериментальным путем для каждой балки в отдельности до испытания ее статическим нагружением. Данные значения были приняты за 100%.

После статического нагружения-разгрузки при величине нагрузки, составляющей 0.5 от разрушающей, испытания балок серии А показали снижение частот собственных колебаний до значений 69-85% от пер-

воначальной. После статического нагружения-разгрузки при величине нагрузки, составляющей 0,9 от разрушающей, собственная частота снизилась до значений в 55-58% от первоначальных показаний. Абсолютные значения частот собственных колебаний до испытаний статическим нагружением для таких балок варьировались в диапазоне от 202 Гц до 211 Гц.

При динамических испытаниях методом мгновенного сброса нагрузки собственная частота колебаний балок серии В после статического нагружения-разгрузки при величине нагрузки, составляющей 0,5 от разрушающей, находилась в пределах от 64% до 72% от первоначальных значений. При испытаниях после статического нагружения-разгрузки при величине нагрузки, составляющей 0,9 от разрушающей, значения собственной частоты колебаний снизились до 45-51% от аналогичных значений, полученных до нагружения-разгрузки экспериментальных образцов статической нагрузкой.

Собственные частоты для первой формы колебаний балок серии С после статического нагружения в размере 0,5 от разрушающей нагрузки снизились до 71-86% от первоначальных значений. После статического нагружения при нагрузке, составляющей 0,9 от разрушающей, эти значения уже составляли 64-73%. Испытания балок, выполненных без петлевого стыка, показывают снижение собственной частоты колебаний при первой форме до 81-94% для второго этапа (после нагружения образцов до нагрузки в размере 0,5 от разрушающей и последующей разгрузки). Значения собственных частот вертикальных колебаний на третьем этапе для таких балок в процентном отношении составило 54-56% от первоначальных значений. Общая картина снижения частот собственных колебаний для балок по сериям отображена на табл.1.

В дальнейшем для оценки влияния изменения динамических характеристик балок с петлевыми стыками на жесткостные характеристики были проведены численные исследования при помощи ПК «ЛИРА-САПР».

На рис. 1 приведена расчетная схема балки. Балка была разбита на конечные элементы «Тип 33» и «Тип 36», размерами 0,01м x 0,01 м с жесткостью соответствующей табличным значениям для С12/15. Моделирование стержней арматуры было выполнено при помощи элемента «Тип 10» – универсального пространственного стержневого КЭ. Зона бетонной вставки соединена с бетоном балки двухузловым КЭ моделирующей упругую связь между узлами – Тип 55.

Табл. 2. Значения собственных частот колебаний балок

Расчетный случай	Натуральный вид	Значения собственных частот колебаний балок			
		A	B	C	D
1	Без повреждений	100	100	100	100
2	После восприятия статической нагрузки, величиной в 0.5 от разрушающей	77	76	77	88
3	После восприятия статической нагрузки, величиной в 0.9 от разрушающей	55	55	60	55

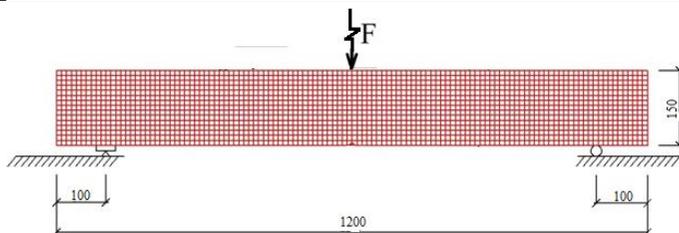


Рис. 1. Расчетная схема балки

На первом этапе расчета при помощи функции модального анализа определялись собственные частоты колебаний для каждой из экспериментальных балок. В дальнейшем моделировали повреждения и нарушения целостности зоны петлевых стыков путем уменьшения жесткости в конечных элементах непосредственно в зоне петлевого стыка. Жесткость изменялась путем уменьшения модуля упругости без изменения геометрических характеристик сечения. На рис. 2 показаны конечные элементы с уменьшенной жесткостью для второго и третьего расчетного случаев. В результате понижения жесткости наблюдалось снижение собственной частоты колебаний для каждой балки (рис.3). При достижении значений собственных частот колебаний аналогичных результатам натурального эксперимента (табл.2) фиксировался модуль упругости КЭ бетона петлевого стыка для каждого из расчетных случаев. По результатам численного эксперимента составлены сводные таблицы и графики зависимости собственной частоты от жесткости бетона петлевого стыка и графики зависимостей изменения модуля упругости от собственной частоты колебаний для каждой балки (рис.4).

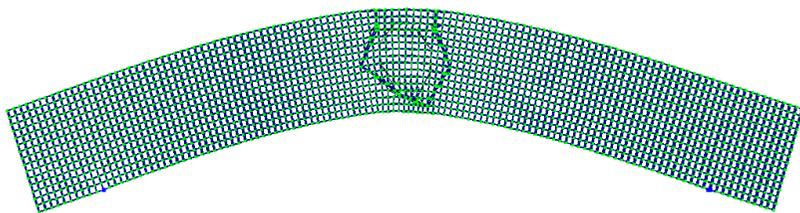
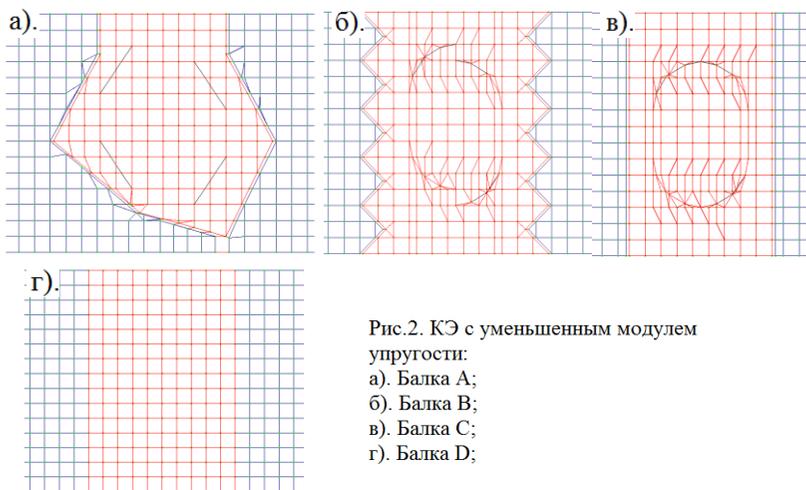


Рис.3. Рассматриваемая форма колебаний, балка А

Выводы

На основании проведенных исследований установлено:

1. По результатам расчета наблюдалось сопоставимое снижение показателей модуля упругости при уменьшении жесткости балок в образцах серий В и С. Относительные значения модуля упругости для данных балок при втором расчетном случае составили 13,48% и 13,22% от первоначальных значений. Соответственно, для третьего расчетного случая эти значения составляли 4,09% для балок серии В и 5,09% для балок серии С. Для балок серии С при третьем расчетном случае была принята собственная частота колебаний, составляющая 60% от первоначального значения. Для балок серии В аналогичное значение было принято в пределах 55%. В связи с этим, дополнительно была просчитана задача со снижением собственной частоты колебаний для балок серии С до 55% от первоначальной. Модуль упругости в этом случае снизился до 3,87%. Снижение модуля упругости для вто-

рого расчетного случая для балок серии А наблюдалось до уровня 22,61% от первоначального. На третьем этапе расчета модуль упругости для балок серии А был получен 4,7%. Для балок серии D установлено снижение модуля упругости до 26.52% при втором расчетном случае и до 3.52% - при третьем расчетном случае.

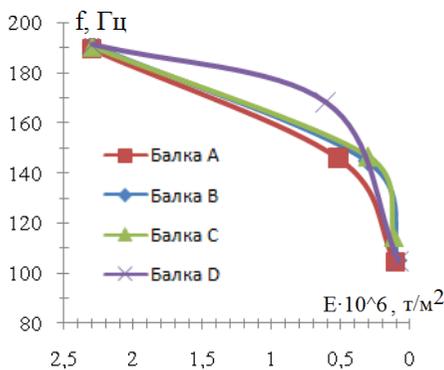


Рис.4. Графики зависимостей модуля упругости от собственной частоты колебаний

2. Испытания железобетонных балок с различной конфигурацией граней петлевых стыков показали наличие преимуществ для каждого из рассмотренных образцов в конкретных условиях. Также позволяют сделать вывод о рациональности их использования в сборно-монолитном строительстве, наряду со стыками выполненными по технологии КУБ-2,5 (балки серии А) и балками со шпоночными петлевыми стыками (балки серии В).

SUMMARY

Analyzed the influence of compromising the integrity of the structures with loop joints on the dynamic characteristics. From PC "LIRA-CAD" performed numerical studies to assess the impact of changes in the dynamic characteristics of beams with loop seals on the stiffness characteristics of the model.

1. Щеглова Н. Н. «Анализ собственных частот конструкций мостов при нарушении их целостности» 2. «Унифицированная система сборно-монолитного безригельного каркаса КУБ-2,5». НПСО «Монолит»; ЦНИИПИ «Монолит». Москва, 1990. 3. ДБН В.2.6-98:2009 Конструкції будинків і споруд Бетонні та залізобетонні конструкції. Основні положення. 4. ДСТУ Б.В.2.6.-7-95(ГОСТ 8829-94). Конструкції будинків і споруд. Вироби будівельні бетонні та залізобетонні збірні. Методи випробувань навантаженням. Правила оцінки міцності, жорсткості та тріщиностійкості. Київ, 1997.