

УДК 624.012.25

Сравнение результатов численного моделирования на ЭВМ работы диска из панельных конструкций с экспериментальными данными

Маркосян С.Р., к.т.н.

ЗАО «ПОЗНЯКИЖИЛСТРОЙ», Украина

Анотація. Приведені результати експериментально-теоретичних досліджень стиків і фрагментів дисків при дії сил, прикладених у площині останніх. Отриманий задовільний збіг дослідних і розрахункових даних щодо тріщиностійкості і хорошому наближенню по деформативності і міцності конструкції.

Анотация. Приведены результаты экспериментально-теоретических исследований стыков и фрагментов дисков при действии сил, приложенных в плоскости последних. Получено удовлетворительное совпадение опытных и расчетных данных по трещиностойкости и хорошее приближение по деформативности и прочности конструкции.

Abstract. The results are given concerning experimental and theoretical works considering butt connections and fragments of discs under the action of forces applied in the flatness of the latter ones. Satisfactory coincidence of experimental and design data on crack resistance is obtained, as well as good approximation by deformability and strength of the structure.

Ключевые слова: панельные здания, стыки, моделирование.

Введение. Крупнопанельные здания были широко распространены в практике строительства в середине и конце XX века. Строительство таких зданий было оправдано в условиях развитой базы крупнопанельного домостроения, что позволяло строить дома для различных условий строительства. В работах [1, 2] дано описание конструкций сборно-монолитных стыков и дисков из панельных элементов, соединенных ими. Приведены также результаты экспериментально-теоретических исследований стыков и фрагментов дисков при действии сил, приложенных в плоскости последних.

Цель работы. Проведение экспериментальных исследований и численного моделирования на ЭВМ фрагмента диска БССМ-2 при монотонно возрастающей нагрузке.

Основная часть. Для оценки результатов проведенных экспериментальных исследований модели перекрытия проведено численное моделирование на ЭВМ работы фрагмента диска БССМ-2 при монотонно возрастающей нагрузке. Расчеты выполнены с использованием ПК ЛИРА.

Для моделирования работы конструкции использованы следующие конечные элементы (КЭ):

- КЭ-222 – плоский конечный элемент, предназначенный для расчета железобетонных континуальных конструкций с учетом физической нелинейности бетона и арматуры, а также интенсивного трещинообразования вплоть до исчерпания несущей способности. В основу алгоритма создания этого КЭ положены: дилатационная модель деформирования бетона (нелинейная квазиизотропная модель бетона, рекомендованная для использования в соответствии с пп. 1.31 – 1.34 СНиП 2.03.01-84*) и элементы теории деформирования железобетона с трещинами Н.И. Карпенко;
- КЭ-209 – стержневой конечный элемент, предназначенный для шагового расчета пространственных стержневых конструкций с учетом изменения геометрии на каждом шаге моделирования включающей связи в зависимости от знака усилия.

Так как наименьшие деформации и перемещения на первой ступени нагружения, связанные с уплотнением контактных зон монолитных швов стыков, зафиксированы во втором испытании первой серии, в расчете моделировалась работа фрагмента БССМ-2.

Фрагмент БССМ-2 (рис. 1) состоит из трех многопустотных панелей размерами (2,1×0,68) м, имеющими с одной стороны паз, а с другой – выступ размерами (0,1×0,7) м, сверху и снизу – монолитные пояса – (0,075×2,04) м. Толщина всей конструкции – 0,1 м. В расчете сохранены все геометрические размеры. Приведенная толщина многопустотных панелей принята равной 0,07 м.

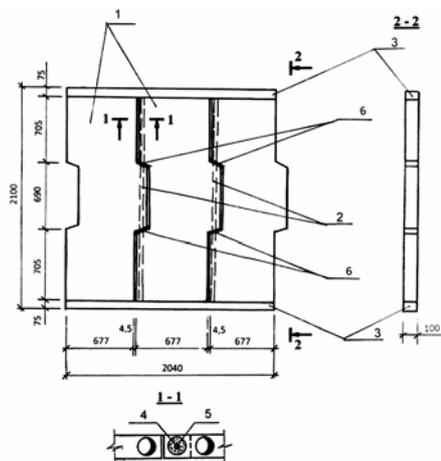


Рис. 1. Фрагмент БССМ-2:

- 1 – многопустотные плиты; 2 – замоноличенные стволы; 3 – монолитные пояса;
- 4 – арматурный стержень; 5 – бетон замоноличивания ствола; 6 – монолитные швы в зоне контакта выступов панелей

Фактический начальный модуль упругости материала КЭ принят равным $E_с = 27200$ МПа. Прочностные характеристики бетона:

- на одноосное сжатие $R_s = 15,3$ МПа;
- растяжение $R_{ст} = 1,4$ МПа. Начальный модуль поперечной относительной деформации $\nu = 0,2$.

Армирование фрагмента выполнено из арматуры класса Вр-I. Для расчета принят модуль упругости арматуры $E_s = 2 \times 10^5$ МПа, предел текучести $\sigma_y = 420$ МПа, временное сопротивление $\sigma_s = 680$ МПа.

Расчетная схема БССМ-2 приведена на рис. 2. Она состоит из 99 плоских КЭ-222, моделирующих работу фигурных панелей и монолитных поясов, и 12 стержневых КЭ-209, моделирующих выключающиеся связи при растяжении между отдельными панелями.

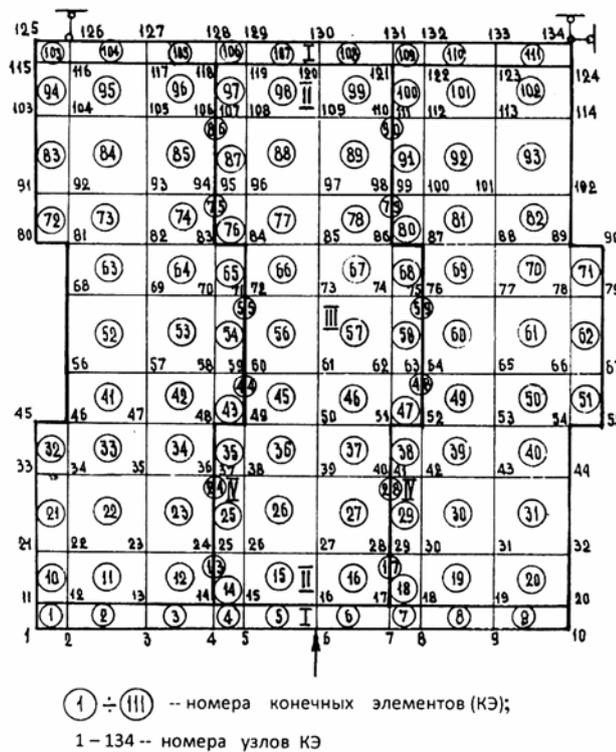


Рис. 2. Расчетная схема БССМ-2

Граничные условия – шарнирно подвижная опора в узле 126 (запрещены вертикальные перемещения) и шарнирно неподвижная опора в узле 134 (запрещены горизонтальные и вертикальные перемещения).

Сосредоточенная нагрузка прикладывалась в узле 6 параллельно оси U .

В соответствии с армированием и толщиной конструкция разделена на зоны:

- зона I – монолитные пояса с коэффициентами погонного армирования $f_x = 0,0041 \text{ м}^2/\text{м}$; $f_y = 0,0001 \text{ м}^2/\text{м}$ и толщиной $t = 0,1 \text{ м}$;
- зона II – приопорная $f_x = 0,00063 \text{ м}^2/\text{м}$; $f_y = 0,00033 \text{ м}^2/\text{м}$;
- зона III – многпустотные панели $f_x = 0,00016 \text{ м}^2/\text{м}$; $f_y = 0,00033 \text{ м}^2/\text{м}$, приведенная толщина $t = 0,07 \text{ м}$;
- зона IV – замоноличенные стволы $f_x = 0,0004 \text{ м}^2/\text{м}$; $f_y = 0,00075 \text{ м}^2/\text{м}$, $t = 0,1 \text{ м}$.

Расчет фрагмента БССМ-2 с рассмотренными геометрическими, физическими и конструктивными характеристиками проведен на ЭВМ шаговым методом. Нагрузка прикладывалась в соответствии с принятым в эксперименте режимом нагружения – 11 шагов по 40 кН. На каждом шаге расчета определялись: перемещения узлов в мм, нормальные и касательные напряжения в $\text{т}/\text{м}^2$ и состояние материала в элементах, напряжения в арматуре, текучесть, разрыв арматуры, разрушение элементов от сжатия.

Появление первых трещин зафиксировано уже на 2-м шаге расчета – при нагрузке 80 кН в растянутых волокнах верхнего монолитного пояса. В эксперименте первая трещина появлялась в верхней зоне правого стыка при нагрузке 180 кН. Первая трещина на нижнем поясе зафиксирована при 240 кН, а при 280 (7-й шаг) – на верхнем поясе. Характер расположения трещин в конструкции на 10 шаге расчета представлен на рис. 3.

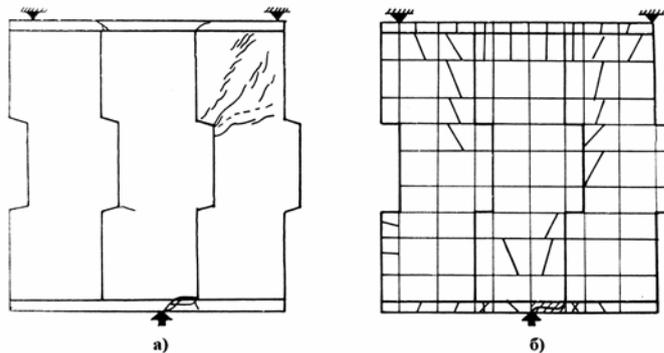


Рис. 3. Схема развития трещин на 10-м шаге нагружения:
а – при эксперименте; б – при расчете

График вертикальных перемещений точки в середине между опорами в верхнем монолитном поясе представлен на рис. 4. Сплошная кривая соответствует экспериментальным данным, а пунктирная построена по значениям вертикальных перемещений узла 130 в ходе шагового расчета. Как видно из рисунка, наблюдается достаточно хорошее совпадение результатов расчета и опытных данных на всем протяжении приложения нагрузки.

Ввиду того, что разрушающая нагрузка была известна, расчет производился по заведомо известной программе. На последнем шаге в расчете зафиксировано разрушение приопорных конечных элементов и элемента б в месте приложения нагрузки. Отмечен разрыв арматуры в верхнем монолитном поясе и текучесть арматуры в КЭ в зоне приложения нагрузки.

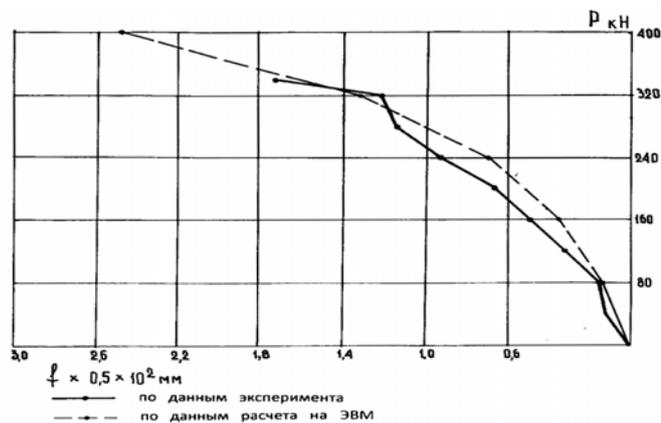


Рис. 4. Прогибы фрагмента БССМ-2

Выводы

1. Проведены экспериментальные исследования и моделирование с помощью современных ВК напряженно-деформированного состояния, трещиностойкости и несущей способности фрагмента перекрытия на нагрузки, действующие в плоскости.
2. Получено удовлетворительное совпадение опытных и расчетных данных по трещиностойкости и хорошее совпадение данных определения прогибов и прочности конструкции.

Литература

- [1] Маркосян С.Р. Конструкции стыковых соединений панельных элементов сейсмостойких зданий // Нові технології в будівництві. – № 2 (14). – К.: НИИСП, 2007. – С. 23–29.
- [2] Маркосян С.Р. Крупнопанельные здания для строительства в сейсмических районах. // Строительное производство: Межвед. научно-техн. сб. – Вып. 47. – К.: НИИСП, 2006. – С. 54–61.
- [3] Маркосян С.Р. Расчет перемещений сборно-монолитных дисков и податливости стыковых соединений панельных конструкций // Ресурсоeкономні матеріали, конструкції, будівлі та споруди: Зб. наук. праць / НУВГтаП. – Рівне: НУВГтаП, 2008. – Ч. 2. – С. 247–257.

Надійшла до редколегії 12.08.2008 р.