

РЕЗУЛЬТАТЫ ИСПЫТАНИЙ ФРАГМЕНТОВ ВЕРТИКАЛЬНЫХ ШПОНОЧНЫХ СТЫКОВ КРУПНОПАНЕЛЬНЫХ ЗДАНИЙ НА СДВИГ

А.А. Карякин, И.С. Дербенцев, П.В. Попп

Настоящие испытания* являются продолжением испытаний образцов типа ЛС [1] и направлены на уточнение работы вертикальных шпоночных стыков панелей в крупнопанельном здании при воздействии сдвиговых усилий. Конструкция образцов типа ЛС описана в [1] и представляет собой фрагмент вертикального стыка панелей, состоящий из двух бетонных Г-образных сборных элементов с размещенными в них гибкими петлями и растворного шва между ними (рис. 1).

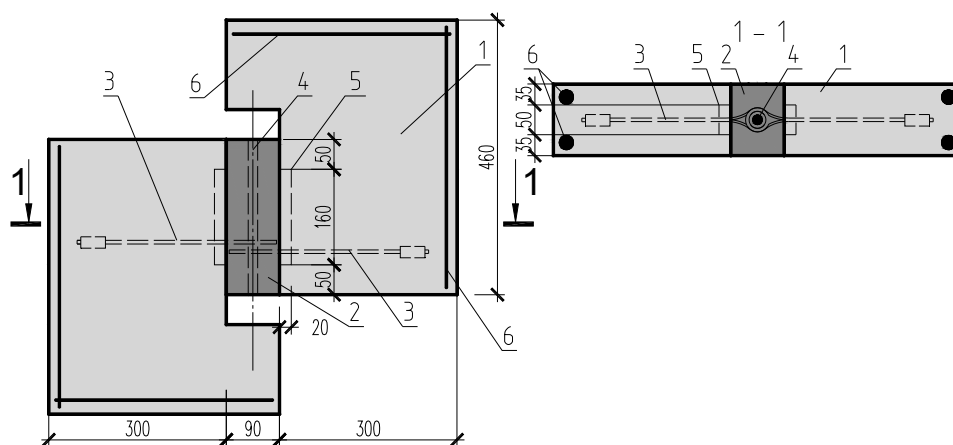


Рис. 1. Образцы ЛС: 1 – бетонный элемент; 2 – стык; 3 – тросовые петли «РЕИККО»; 4 – продольный арматурный стержень $\varnothing 16$ мм; 5 – шпонка; 6 – армирование

Г-образные элементы образцов были выполнены из бетона В22,5, в качестве раствора замоноличивания использована специальная смесь Р-400, состав которой указан в работе [1].

Образцы испытывались в горизонтальном положении. Программа нагружения каждого образца предусматривала по пять циклов «нагружение-разгружение». Величина этапа нагружения – 6 кН. На первом цикле образцы поэтапно нагружались до 12 кН, после чего нагрузка поэтапно снималась, и загрузка образца начиналась сначала. На втором, третьем, четвертом и пятом циклах загрузка образца происходила до 24 кН, 36 кН, 48 кН и 60 кН соответственно. После пятого цикла образцы доводили до разрушения. В процессе испытаний контролировали взаимный сдвиг растворного шва и сборных элементов по их контакту индикаторами часового

* В испытаниях принимали участие: студент Прохасько С.Ю., магистранты Козенец А.С. и Лопухова Е.

типа. Образцы были стянуты тязами $\varnothing 12$ мм в горизонтальном направлении (перпендикулярно шву). Фибровые деформации для определения напряжений в тязях контролировались тензорезисторами.

За разрушающую принимали максимальную величину нагрузки, полученную по показаниям манометра насосной станции.

Всего было испытано 2 образца (ЛС-1 и ЛС-2).

У образца ЛС-1 наблюдались начальные (усадочные) трещины по границе контакта бетона панели и растворного шва. Ширина раскрытия данных трещин составила 0,1 мм – Тр1 и 0,2 мм – Тр2 (рис. 2).

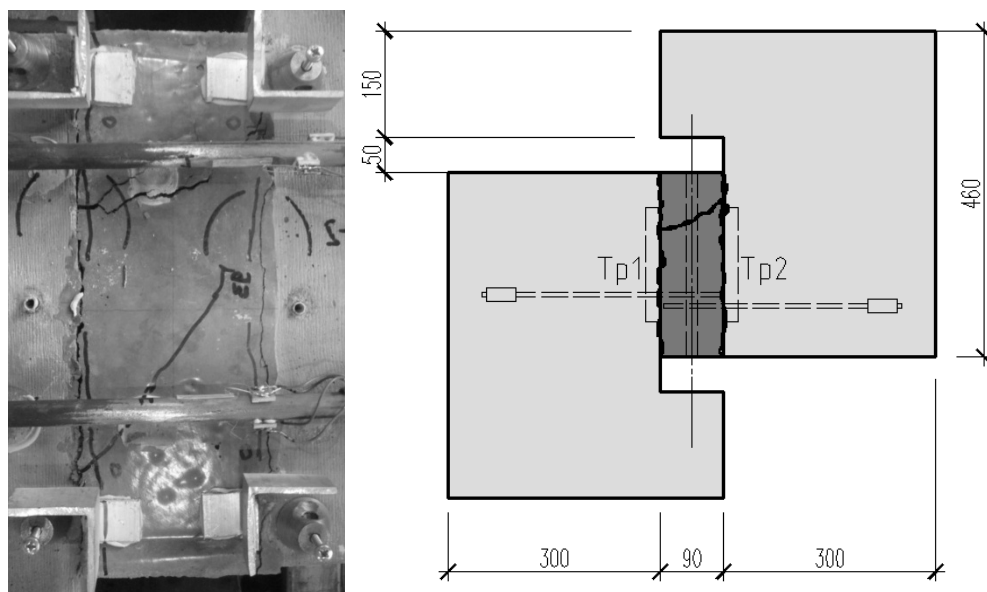


Рис. 2. Картина разрушения стыка образца ЛС-1 (слева), характерная картина разрушения образцов типа ЛС (справа)

Трещина Тр2 начала раскрываться при нагрузке 24 кН на втором цикле нагружения. Ее ширина раскрытия составила 0,3 мм. Трещина Тр2 не развивалась вплоть до четвертого цикла нагружения – рост отмечен при нагрузке 39 кН на четвертом цикле. При максимальной нагрузке на данном цикле было замечено резкое увеличение ширины раскрытия этой трещины до 0,8 мм, затем при разгрузке образца трещина Тр2 закрылась до 0,3 мм. При загрузке образца на пятом цикле нагружения трещина продолжила закрываться. Процесс закрытия остановился при нагрузке 12 кН. В дальнейшем трещина Тр2 раскрывалась и при максимальной нагрузке пятого цикла (60 кН) ширина ее раскрытия составила 0,6 мм. При последнем разгрузке образца данная трещина зафиксировалась – закрытие началось лишь при нагрузке 24 кН. После снятия нагрузки ширина раскрытия трещины Тр2 составила 0,35 мм. При последнем нагружении данная трещина увеличивалась пропорционально росту нагрузки. Что касается трещины Тр1, ширина ее раскрытия начала увеличиваться лишь на третьем цикле

нагружения при нагрузке 30 кН (0,15 мм). После достижения данной ширины трещина не раскрывалась вплоть до 30 кН четвертого цикла. На последующих этапах раскрытие-закрытие происходило синхронно с нагружением-разгрузением и составило: на 48 кН четвертого цикла – 0,25 кН, после четвертого цикла – 0,2 мм, на 60 кН пятого цикла – 0,65 мм, после пятого цикла – 0,25 кН. В момент разрушения образца ЛС-1 ширина раскрытия трещины Тр1 достигло 0,8 мм. На последнем этапе при нагрузке 72 кН образовалась трещина по раствору замоноличивания под углом 35° к оси приложения нагрузки. Ширина ее раскрытия составила 0,1 мм. В момент разрушения образца ЛС-1 при нагрузке 78 кН образовалась трещина под углом 67° к оси приложения нагрузки, ширина ее раскрытия составила 3,5 мм. Картина разрушения образца представлена на рис. 2.

Образец ЛС-2 начальных трещин не имел. Первые трещины образовались на третьем цикле при нагрузке 30 кН. Они прошли по границе контакта бетона замоноличивания и раствора шва. Ширина раскрытия Тр1 составила 0,1 мм, Тр2 – 0,05 мм. Обе трещины начали раскрываться на четвертом цикле нагружения при нагрузке 48 кН. После дальнейшей разгрузки трещина Тр1 закрылась до 0,15 мм, а трещина Тр2 восстановила первоначальную ширину раскрытия. Трещины начали раскрываться на пятом цикле при нагрузке 48 кН. При 60 кН ширина раскрытия Тр1 и Тр2 составила 0,25 мм и 0,2 мм соответственно. После последнего разгрузки образца ЛС-2 обе трещины имели ширину 0,15 мм. Нагружение после пятого этапа привело к плавному увеличению ширины раскрытия трещины Тр2 – в момент разрушения она составила 0,5 мм. Одновременно с этим, но значительно медленнее развивалась Тр1 (в частности на предпоследнем этапе ширина раскрытия Тр1 была равна 0,3 мм, Тр2 – 0,5 мм). На последнем этапе непосредственно перед разрушением ширина раскрытия трещины Тр1 резко увеличилась до 1 мм. Разрушение образца ЛС-2 произошло при нагрузке 78 кН в результате образования наклонной трещины по раствору замоноличивания проходящей под углом 50° к оси приложения нагрузки.

Поскольку испытанные образцы были затянуты шпильками, необходимо учитывать включение их в работу стыка после исчерпания несущей способности шпонок. У образца ЛС-1 шпильки включились в работу при нагрузке 9 кН, максимальное усилие растяжения в шпильках составило 9 кН. У образца ЛС-2 шпильки включились в работу при нагрузке 6 кН, максимальное усилие растяжения в шпильках (N_a) составило 10 кН. Значения усилий в стыке образца ЛС-1 и ЛС-2 уменьшены на $N_a \cdot \operatorname{tg} \varphi$ и представлены в таблице и на рис. 3. Здесь $\operatorname{tg} \varphi = 0,6$ – коэффициент трения бетона о бетон. За начальную жесткость принята жесткость стыка до разрушения шпонки, за расчетную – после разрушения.

Результаты испытания образцов типа ЛСЖ

Тип образца	Факт. призм. прочность бетона Rb, МПа	Факт. прочность раствора Rсж, МПа	Предельное усилие в шпонке, кН	Предельное усилие сдвига в стыке, кН	Жесткость начальная, кН/мм	Жесткость расчетная, кН/мм
ЛС-1	14,1	39,2	15	72	424	129
ЛС-2	13,6	44,5	18	78	479	29
ЛС-4 ¹	14,4	43	14,7	60	558	33
ЛС-5 ¹	14,3	41	14,7	56	876	52
ЛС-6 ¹	14,3	41	17,7	66	612	24
Сред.	14,1	41,7	16	66,4	590	34,5²
К. вар.	0,0203	0,043853	0,093708	0,119575	0,266123	0,177459²

¹ – из результата испытаний [1];

² – данные исключают расчетную жесткость образца ЛС-1.

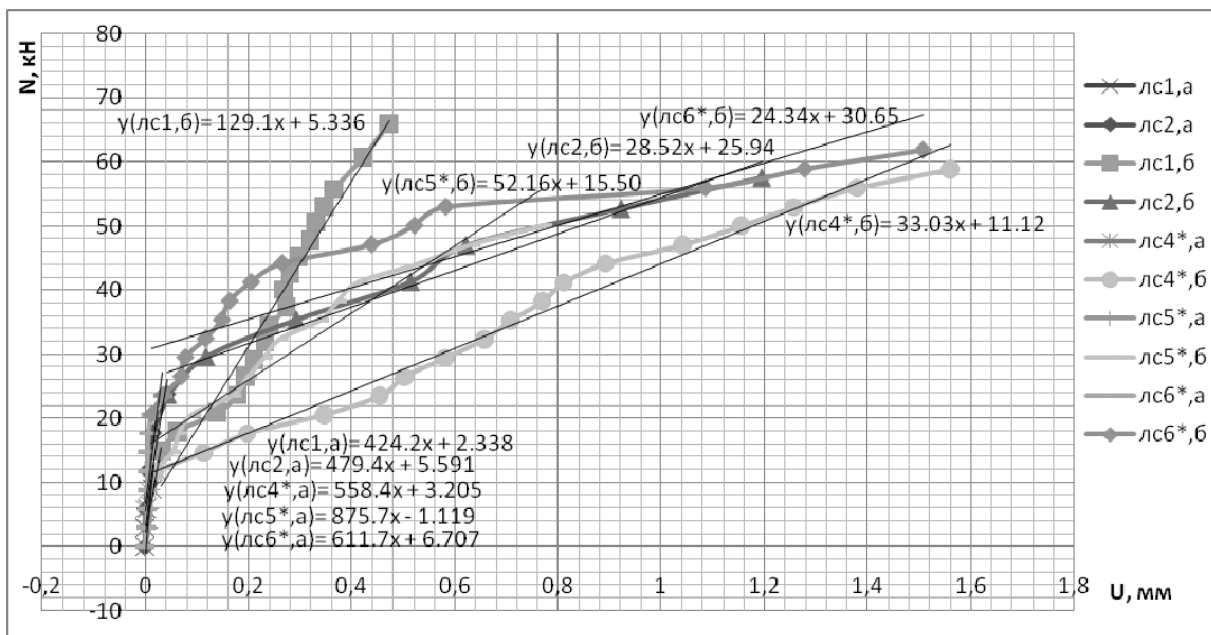


Рис. 3. Графики изменения деформаций U образцов типа ЛС на сдвиг с ростом нагрузки. Графики с индексом «а» соответствуют работе образца до разрушения шпонки, с индексом «б» – после

Графики изменения деформаций от нагрузки построены без учета цикличности нагружения (см. рис. 3). Жесткости образцов находим, аппроксимируя линейную зависимость для обоих участков диаграмм. Характеристики узла определяем как средние значения соответствующих характеристик по испытанной группе образцов одного типа (см. таблицу). Исключив расчетную жесткость образца ЛС-1, получим квадратичные коэффициенты вариации меньше 0,33, что говорит о слабой вариации.

Результаты испытаний узлов сопряжения панелей были использованы при проектировании крупнопанельных жилых домов, в том числе повышенной этажности.

Библиографический список

1. Дербенцев, И.С. Результаты испытаний натуральных образцов шпоночных соединений панелей крупнопанельных зданий с гибкими связями / И.С. Дербенцев // Научный поиск: материалы второй науч. конф. аспирантов и докторантов. Техн. науки. – Челябинск: Издательский центр ЮУрГУ, 2010. – Т. 1. – С. 72–76.