

УДК 725.4:69.07

В. В. ТАЛЕЦКИЙ

Белорусский государственный университет транспорта, Гомель, Беларусь

ПОСЛЕДСТВИЯ ОШИБОК ПРОЕКТИРОВАНИЯ ПОКРЫТИЯ ОДНОЭТАЖНОГО ПРОМЫШЛЕННОГО ЗДАНИЯ В ПОЛНОМ КАРКАСЕ

В результате детального обследования установлена причина образования сквозных наклонных трещин в опорной части стропильных решетчатых балок, предназначенных для покрытия одноэтажного промышленного здания в полном каркасе. Предложены рекомендации для их устранения.

Ключевые слова: стропильная решетчатая балка, узел сопряжения балок с колонной, трещины в балках.

Аварии строительных конструкций приводят к значительному экономическому ущербу и нередко сопровождаются ранением и гибелью людей. В работе [1] отмечается, что основной причиной аварий зданий и сооружений являются ошибки, которые допущены при проектировании и строительстве, причем не менее 90 % аварий зданий являются следствием неправильного проектирования.

Аналізу ошибок проектирования строительных конструкций посвящено значительное количество публикаций, например [2–5]. В них рассматриваются не только причины, приведшие к различным авариям, но и технические решения, реализуя которые можно было предотвратить разрушение элементов конструкций. Обоснование таких технических решений основывается на соблюдении рекомендаций по проектированию конструкций из бетона и железобетона, изложенных в литературе [6, 7].

Целью представленной работы является установление причин появления трещин в конструкции строящегося одноэтажного производственного здания.

На основании письма директора Иностранного производственного унитарного предприятия «Веза-Г» (г. Гомель) было выполнено обследование стропильных решетчатых балок для покрытия цеха металлообработки. Обследование вызвано появлением сквозных наклонных трещин в опорной части балок, которые не характерны для работы под нагрузкой. На момент проведения обследования строительство здания заканчивалось.

Проект здания [8] выполнен ООО «Проектно-строительная компания «Фрэнде»» (г. Гомель).

Здание рассматриваемого цеха одноэтажное прямоугольное в плане, с размерами 97,0×72,0 м. Высота до низа стропильных балок покрытия 7,70 м. Здание разделено на два деформационных температурных блока длиной по 48,0 м.

Каркас здания представляет собой сборную железобетонную конструкцию. Сетка колонн $B \times L = 12,0 \times 18,0$ м. Колонны одно и двух консольные для крайних и средних рядов соответственно. Консоли выполнены для установки подкрановых балок под опорные мостовые краны, имеющие грузоподъемность 3,2 т. Подкрановые балки стальные. Колонны выполнены в соответствии с серией 1.424.1 [9] и листами проекта здания. Стропильные балки для покрытия пролетом 18,0 м соответствуют серии 1.462.1-3/89, вып. 1 [10] и листам проекта. Балки установлены на колонны по серийным узлам 1.424.1-5.0-07 и 1.424.1-5.0-09 для крайних и средних колонн. После соединения сваркой закладных деталей в местах опирания балок на колонны согласно серийным узлам, стропильные балки в соответствии с разработанным проектом объединены в жесткие узлы с помощью горизонтальных накладок и пластин, соединяющих балки и колонну.

Обследованием установлено образование наклонных трещин в опорных местах балок. Трещины не характерны для работы балок под нагрузкой, так как распространяются сверху (на расстоянии 700 мм от торца) вниз к опорной закладной детали (на расстоянии 200–300 мм от торца). В некоторых балках трещины не доходят до низа балок на расстояние до 300 мм. Максимальная ширина раскрытия трещин в верхней части балок составила 3,0 мм, как это показано на рисунке 1.

На опорные части отдельных балок в местах расположения трещин были установлены маяки. Маяки не нарушены, так как были установлены после образования трещин, а для действия на балки длительной нагрузки, от которой ширина раскрытия трещин увеличится, прошло мало времени.

Причиной образования трещин явилось наложение по разработанному проекту в опорной части балок дополнительных связей, то есть объединение соседних балок, опирающихся на колонну, в жесткие узлы с помощью накладок. Чем вызвано принятие такого ошибочного решения, не ясно. Стропильные решетчатые балки покрытия по серии [10] и в соответствии с литературой [11, 12] должны свободно опираться на колонны, потому что в качестве расчетной схемы следует рассматривать однопролетную шарнирно опертую балку, нагруженную равномерно распределенной нагрузкой. Равномерно распределение связано с тем, что в пролете располагаются 11 точек приложения сосредоточенных сил (мест опирания ребер плит покрытия шириной 1,5 м).

Введение по проекту дополнительных связей препятствовало свободному повороту вертикальных сечений торцов при прогибе балки от действующей нагрузки. Из-за этого в верхней части опорного сечения возникли растягивающие напряжения величиной, большей предела прочности бетона на растяжение и образовались наклонные трещины.

Отсутствие трещин в верхней части опорного сечения в отдельных балках объясняется тем, что установка дополнительных связей была произведена после монтажа плит покрытия.

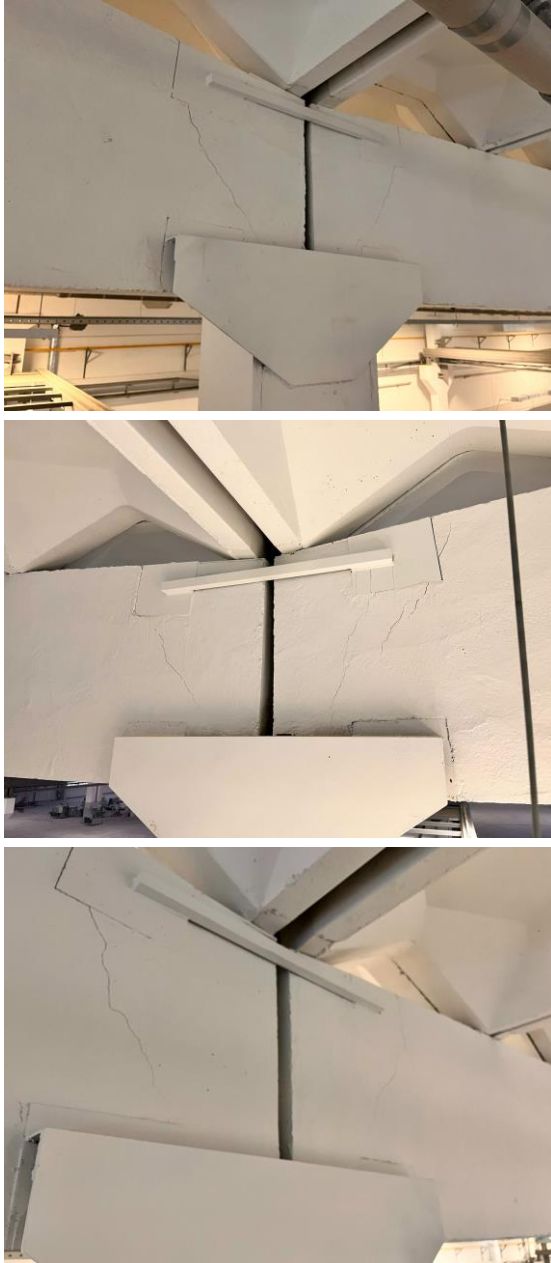


Рисунок 1 – Сквозные трещины в верхней части опор стропильных балок

Принятое в типовых сериях шарнирное соединение балок с колоннами (свободное опирание и сварка закладных деталей балки и колонны) обеспечивает простоту монтажа, независимую типизацию колонн и балок и, что самое главное, не вызывает в стойках изгибающих моментов. Кроме этого, нагрузки, действующие на колонну, и неравномерная осадка колонн не вызывают дополнительных усилий в стропильных балках.

Следовательно, принятое в проекте решение – наложение в опорной части балок дополнительных связей, объединяющих соседние балки, опирающиеся на колонну, в жесткие узлы с помощью накладок – является неверным.

Следует также отметить, что в разработанном проекте для строительства одноэтажного здания, где устанавливаются мостовые краны, не предусмотрены вертикальные стальные связи между колоннами по продольным (цифровым) осям. Такие связи, установленные в середине температурных блоков, при торможении кранов обеспечивают жесткость здания в продольном направлении. Тем более в серии 1.424.1-5.0-05, на листе 2 приведена схема б, где показано, что для обеспечения жесткости в продольном направлении следует в середине температурного блока по направлениям всех продольных осей установить стальную вертикальную связь между колоннами.

Авторы проекта обосновывают необходимость обеспечения жесткости в продольном направлении тем, что восприятие горизонтальных усилий от торможения кранов осуществляется подкрановыми балками и изгибной жесткостью колонн. При этом они предоставляют неверную расчетную схему продольной рамы, считая, что соединение подкрановых балок с колоннами жесткое, а не шарнирное. На самом деле соединение подкрановых балок с колоннами шарнирное, так как подкрановые балки соединены с закладными деталями консолей колонн на сварке через короткие вертикальные опоры.

Жесткость здания в поперечном направлении обеспечена изгибной жесткостью колонн, защемленных в фундаментах и шарнирно соединенных со стропильными балками.

Выводы. Причиной образования трещин стало неверное проектное решение узлов опирания стропильных балок на колонны. Наложение в опорной части балок дополнительных связей (объединение опирающихся на колонну соседних балок в жесткие узлы с помощью накладок) препятствовало свободному повороту вертикальных сечений торцов при прогибе балки от действующей нагрузки, вызывало появление в верхней части опорных сечений растягивающих напряжений, превышающих прочность бетона на растяжение, и образование трещин.

Для дальнейшей нормальной эксплуатации стропильных балок необходимо жесткие узлы опирания таких балок на колонны переделать в шарнирные, то есть демонтировать накладки, препятствующие свободному повороту вертикальных сечений торцов при прогибе балки от действующей нагрузки, предварительно проинъецировав трещины (заполнив под давлением) полимерцементным раствором марки не ниже М10.

Для обеспечения жесткости здания в продольном направлении требуется установить стальные порталные связи между колоннами в серединах температурных блоков по всем продольным (цифровым) осям.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1 **Живенко, А. В.** Проектные ошибки как один из факторов аварий зданий и сооружений / А. В. Живенко, Б. В. Пожидаев, В. А. Живенко // Безопасность труда в промышленности. – 2015. – № 12. – С. 86–88.

2 **Добромыслов, А. Н.** Ошибки проектирования строительных конструкций / А. Н. Добромыслов. – М. : Издательство Ассоциации строительных вузов, 2008. – 208 с.

3 **Whittle, R.** Failures in Concrete Structures: Case Studies in Reinforced and Prestressed Concrete / R. Whittle. – Boca Raton : CRC Press, 2012. – 127 p.

4 **Lutmirska, M.** Design and construction errors resulting in lack of tightness of reinforced concrete structures / M. Lutmirska, S. Lutmirski // Zeszyty Naukowe Uczelni Warszawskiej im. Marii Skłodowskiej-Curie. – 2016. – Nr. 4 (54). – S. 39–62.

5 **Shpakova, H.** Errors in design, construction and reinforcement of reinforced concrete structures // H. Shpakova, I. Hlushchenko // Trends and prospects development of science and practice in modern environment : the X International Science Conference. – Geneva, Switzerland, 2021. – P. 308–311.

6 **Fanella, D. A.** Reinforced Concrete Structures: Analysis and Design / D. A. Fanella. – New York : McGraw-Hill Education, 2016. – 976 p.

7 Reinforced concrete structural design optimization: A critical review / M. Afzal [et al.] // Journal of Cleaner Production. – 2020. – Vol. 260. – Article 120623. – 22 p.

8 Проект «Строительство и обслуживание цеха металлообработки по ул. Объездной, 9», 75/П-19, ООО «Проектно-строительная компания “Фрэндс”», г. Гомель.

9 Серия 1.424.1-5, вып.0. Колонны железобетонные прямоугольного сечения для одноэтажных производственных зданий высотой 8,4...14,4 м, оборудованных мостовыми опорными кранами грузоподъемностью до 32 тонн.

10 Серия 1.462.1-3/89, вып.0 и 1. Железобетонные стропильные решетчатые балки для покрытий одноэтажных зданий. Материалы для проектирования. Балки пролетом 12,0 и 18,0. Рабочие чертежи.

11 **Байков, В. Н.** Железобетонные конструкции : общий курс / В. Н. Байков, Э. Е. Сигалов. – М. : Стройиздат, 1991. – 767 с.

12 **Дрозд, Я. И.** Предварительно напряженные железобетонные конструкции / Я. И. Дрозд, Г. П. Пастушков. – Минск : Выш. шк., 1984. – 208 с.

V. V. **TALETSKI**

Belarusian State University of Transport, Gomel, Belarus

CONSEQUENCES OF ERRORS IN DESIGNING THE FULL FRAME COVERING OF A SINGLE-STOREY INDUSTRIAL BUILDING

A detailed examination established the cause of the formation of through inclined cracks in the supporting part of the rafter lattice beams for covering a one-storey industrial building in a full frame. There are proposed the recommendations for their repairing.

Keywords: rafter lattice beam, joint between beams and column, cracks in beams.

Получено 15.10.2023