

Усиление сталежелезобетонных перекрытий предварительно напрягаемой стержневой арматурой

К.А. Будюшкина, В.С. Кузнецов, Ю. А. Мурлышева, А.С. Улямаев, Ю. А.

Шапошникова

Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет

Аннотация: В статье рассмотрены особенности работы монолитного перекрытия по профнастилу, опирающегося на стальные двутавровые балки, усиленные преднапряженной стержневой арматурой. Нередко при изменении функционального назначения здания или перепланировки, для обеспечения прочности требуется усиление конструкций перекрытия. Кроме того, при пролетах более 7 метров могут развиваться прогибы, превышающие предельные значения, которые приводят к снижению надежности и долговечности, ухудшению внешнего вида перекрытий. Целью данного исследования является поиск оптимального усиления балок перекрытия. В качестве усиления предлагается установка преднапряженной арматуры в нижнем поясе балки, что увеличивает прочность и уменьшает прогибы балок. В таких перекрытиях изгибающий момент от внешних нагрузок распределяется между элементами конструкции: балкой и железобетонным перекрытием, в соответствии с соотношением жесткостей этих составляющих. В результате исследования определены оптимальные диаметры преднапряженной арматуры для стальных балок пролетами от 6 до 9 м и при расчетной погонной нагрузке от 5 до 30 кН/м. Предлагаемый вариант усиления позволяет увеличить несущую способность, уменьшить прогибы, снизить трудозатраты на реконструкцию здания, а также увеличить надежность и долговечность конструкции.

Ключевые слова: сталежелезобетонное перекрытие, усиление, преднапрягаемая арматура, двутавровая балка, перекрытие по профилированному настилу.

ВВЕДЕНИЕ

В настоящей статье рассмотрена работа монолитного перекрытия по профилированному настилу, опирающегося на двутавровые балки, усиленные преднапряженной стержневой арматурой (рис. 1). При перепланировке или изменении функционального назначения здания, т.е. при увеличении нагрузок на перекрытия, продление жизненного цикла таких перекрытий без больших денежных вложений и трудозатрат является экономически эффективным. Поэтому усиление таких перекрытий без полной замены плиты, без подведения дополнительных балок или устройства тяжелой набетонки, является сегодня достаточно актуальной задачей.

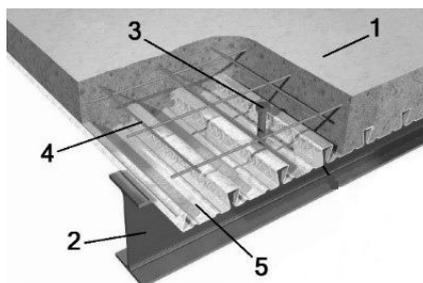


Рис. 1. - Вид монолитной плиты перекрытия по профнастилу по металлическим балкам (1-бетон, 2 - стальная балка, 3 – стаболт, 4 - сетка, 5- профилированный настил)

ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

Изучением работы подобных монолитных перекрытий по металлическим балкам занимались многие российские и зарубежные ученые. Например, в работах [1, 2] изучен вопрос актуальности и применения таких конструкций в зданиях различного назначения. Особенности расчета таких перекрытий представлены в исследованиях [3-5]. Расчет подобных конструкций в настоящий момент рекомендуется производить в соответствии с нормами (СП 35.13330.2011 «Мосты и трубы». 2011.).

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Объект изучения: монолитное перекрытие по профнастилу, опирающееся на балки двутаврового профиля. Исследовались балки сечений 20Б1, 25Б1, 30Б1, выполненные из стали С245. Расчетный пролет балок от 6 до 9 м (с шагом через 1 м), опирание шарнирное. Бетон перекрытия В20. Профилированный настил марки Н75. Полная расчетная нагрузка на балку q варьировалась от 5 до 30 кН/м.п. (через 5 кН/м).

Предлагается усиление балок посредством установки преднапряженной арматуры класса А600 в нижнем поясе балки (рис. 2, 3). Уровень преднапряжения σ_{sp} принимался $0,5R_{s,n}$, т.е, $\sigma_{sp}=300$ МПа. Натяжение арматуры возможно осуществлять механическим способом, с контролем

уровня по относительному удлинению арматуры. Расстояние от центра тяжести арматуры до нижней грани сечения балки $a=25$ мм.

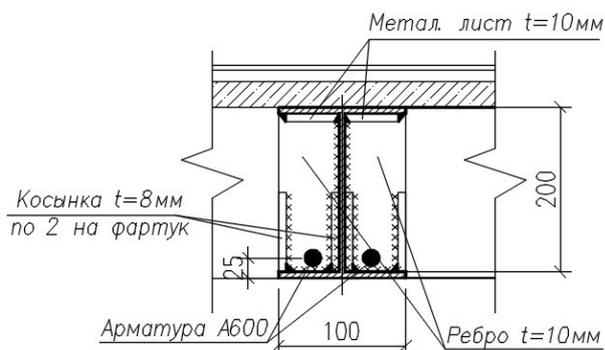


Рис. 2. - Усиленное сечение балки монолитной плиты перекрытия по профнастилу.

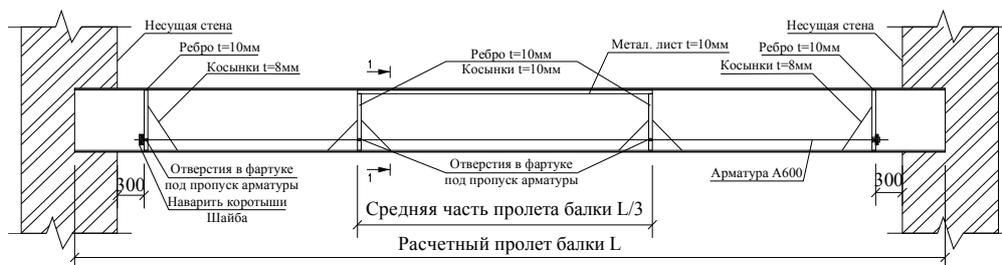


Рис. 3. - Вид сбоку усиленной балки.

В такой конструкции общий изгибающий момент $M_{\text{внеш}}$ распределяется между двумя составляющими: ж/б плитой по профилированному настилу ($M_{1\text{внеш}}$), металлическими балками ($M_{2\text{внеш}}$) согласно [8].

$$M_{\text{внеш}} = M_{1\text{внеш}} + M_{2\text{внеш}} \quad (1)$$

Распределение моментов M прямо пропорционально соотношению жесткостей B этих составляющих:

$$\frac{M_1}{M_2} = \frac{B_1}{B_2} \quad (2)$$

Жесткость монолитного железобетонного перекрытия по профнастилу $B_{\text{жб}}$ равна жесткости железобетонной части - сечения плиты вдоль балок, которая включается в работу вместе с балками:

$$B_1 = B_{\text{жб}} = 0,85 \cdot E_{\text{б}} \cdot I_{\text{н}} \quad (3)$$

где $E_{\text{б}}=275000$ МПа – модуль упругости бетона В20;

$$I_n = \frac{b_{f'} \cdot h_{f'}^3}{12} - \text{момент инерции железобетонного сечения; } b_{f'} \text{ и } h_{f'} - \text{ ширина}$$

и высота полки таврового сечения.

Геометрические характеристики усиленного сечения балки (см. рис. 2): общая площадь сечения балки A , усиленная двумя стержнями арматуры А600; общий статический момент усиленного сечения балки S ; суммарный момент инерции усиленного сечения балки I_c (момент инерции верхней полки; момент инерции стенки; момент инерции нижней полки; момент инерции арматуры А600).

Жесткость двутавра

$$B_2 = B_d = E_s \cdot I_d \quad (4)$$

где $E_s=200000$ МПа – модуль упругости стали;

I_d - момент инерции балки по ГОСТ 26020-83.

В соответствии с (СП 16.13330.2011 «Стальные конструкции». 2011.) максимальный изгибающий момент металлической балки усиленной арматурой А600

$$M = R_y \cdot W_{n,\min} \cdot \gamma_c + R_s \cdot W_s \quad (5)$$

где $W_{n,\min}$ и W_s – требуемые моменты сопротивления рассчитываемой балки и арматуры, соответственно; R_y и R_s - расчетное сопротивление материала балки и арматуры А600, соответственно; γ_c - коэффициент условий работы, принимаемые по (СП 16.13330.2011 «Стальные конструкции». 2011.);

Для удовлетворения требований прочности перекрытия внешний момент, действующий на балку должен быть меньше момента, который может нести балка усиленная арматурой А600 и аналогичные условия должны соблюдаться для железобетонной плиты

$$M_{2\text{внеш}} < M_{\text{внутр.д.}} \quad (6)$$

$$M_{1\text{внеш}} < M_{\text{внутр.пл.}} \quad (7)$$

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

В таблице 1 и на рисунке 4 представлены результаты расчета по усилению двутавровых балок с пролетом 6, 7, 8 и 9 м в диапазоне нагрузок от 5 до 30 кН/м.

Таблица № 1.

Дополнительная стержневая арматура для балок, необходимая для восприятия полной расчетной нагрузки.

Двутавр	Пролет, м	Полная расчетная погонная нагрузка, кН/м					
		5	10	15	20	25	30
20Б1	9	3	25	36	-	-	-
	8	-	18	28	36	-	-
	7	-	10	20	28	-	-
	6	-	-	14	20	25	32
25Б1	9	-	3	18	25	-	-
	8	-	-	10	20	28	36
	7	-	-	-	-	6	14
	6	-	-	-	-	6	14
30Б1	9	-	-	-	10	20	28
	8	-	-	-	-	10	18
	7	-	-	-	-	-	-
	6	-	-	-	-	-	-

Прим.: в таблице 1 прочерк показывает, что сечения балки достаточно по расчету или что существующей арматуры из сортамента недостаточно.

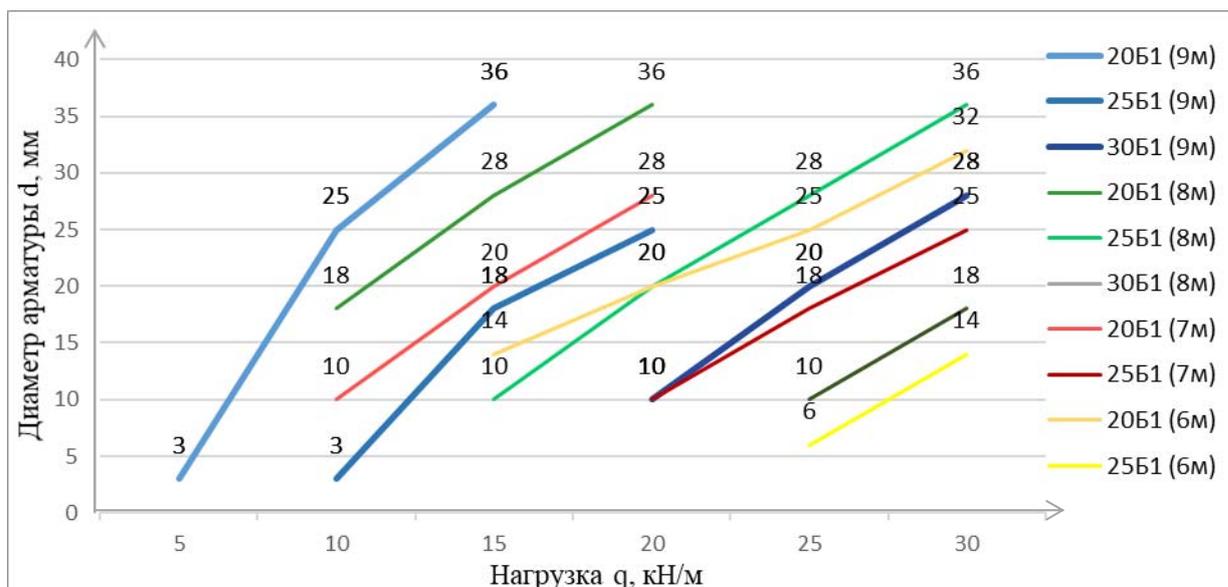


Рис. 4. - Графики зависимости диаметра арматуры от расчетной нагрузки для исследуемых двутавров и пролетов.

На графиках видно, что при увеличении сечения балок, диаметр арматуры уменьшается. Например, при переходе от балки к 20B1 к 25B1 диаметр арматуры уменьшается от 36 мм до 25 мм при нагрузке 15 кН/м и пролете 9 м.

При увеличении нагрузки от 15 до 30 кН/м при пролете 8 м, диаметр арматуры, используемой для двутавра 25B1, возрастает в 3,6 раза, а при увеличении нагрузки от 5 до 15 кН/м при пролете 9 м, диаметр арматуры, используемой для этого же двутавра, возрастает в 8,3 раза.

Стоит отметить, что результаты, представленные на графике рис. 4 можно распространить и на другие пролеты балок, диапазоны нагрузок и сечений.

ВЫВОДЫ

По результатам исследования можно сделать следующие выводы:

1. Усиление преднапряженной арматурой позволяет не только увеличить несущую способность балок перекрытия, но и уменьшить прогибы балок.



2. Данный способ усиления может снизить стоимость затрат на реконструкцию здания и сэкономить время, затрачиваемое на производство работ.

3. При усилении нижнего пояса балок необходимо равнозначно увеличивать сечение и верхнего пояса, например, стальными листами в зоне наибольшего момента (рис. 2).

Литература

1. Бабалич В.С., Андросов Е.Н. Сталежелезобетонные конструкции и перспектива их применения в строительной практике России // Успехи современной науки. 2017. №4. С. 205-208.

2. Егоров П.И., Королев С.А. Сталежелезобетонные перекрытия // Дальний восток: проблемы развития архитектурно-строительного комплекса. 2015. №1. С. 310-313.

3. Айрумян Э.Л., Каменщиков Н.И., Румянцева И.А. Особенности расчета монолитных плит сталежелезобетонных перекрытий по профилированному стальному настилу. // Промышленное и гражданское строительство. 2015. №9 С. 21-26.

4. Постанен С. О., Березкина А. Ю., Комиссаров В. В., Постанен М. О. Сталежелезобетонные перекрытия по профилированному стальному настилу. // Молодой ученый. 2016. №26. С. 74-76.

5. Тамразян А.Г., Арутюнян С.Н. К учету профилированного настила как рабочей арматуры при расчете монолитных сталежелезобетонных плит перекрытий. // Промышленное и гражданское строительство. 2016. №7. С. 64-68.

6. Беляев А.В. К расчету трехслойных железобетонных плит перекрытий. // Инженерный вестник Дона. 2015. №1. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n1p2y2015/2815.



7. Земляков Ю.А., Кубасов А.Ю. Техничко-экономическое сравнение вариантов усиления железобетонных балок перекрытия. // Инженерный вестник Дона. 2017. №1. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n1y2018/4676.

8. Уманский А.А. Справочник проектировщика промышленных, жилых и общественных зданий и сооружений. Расчетно-теоретический. М: Государственное издательство литературы по строительству, архитектуре и строительным материалам. 1960. С. 184-188.

9. Ziad Bayasi M., Zeng J. Composite Slab Construction Utilizing Carbon Fiber Reinforced Mortar // Structural Journal. 1997. №4. pp. 442-446.

10. Zulpuev A.M., Baktygulov K. Two-dimensional model of calculation of reinforcedconcrete composite beams by the method of concentrated deformations // ARPN Journal of engineering and applied sciences. 2017. №4. pp. 1030-1037.

References

1. Babalich V.S., Androsov E.N. Uspehi sovremennoy nauki. 2017. №4. pp. 205-208.

2. Egorov P.I., Korolev S.A. Dalniy vostok: problemy razvitiya arhitekturno-stroitel'nogo kompleksa. 2015. №1. pp.310-313.

3. Ayrumyan E.L. Kamenshchikov N.I. Rummyantseva I.A. Promyishlennoe i grazhdanskoe stroitelstvo. 2015. №9. pp. 21-26.

4. Postanen S. O., Berezkina A. Yu., Komissarov V. V., Postanen M. O. Molodoy ucheniy. 2016. №26. pp. 74-76.

5. Tamrazyan A.G., Arutyunyan S.N. Promyishlennoe i grazhdanskoe stroitelstvo. 2016. №7. pp. 64-68.

6. Belyaev A.V. Inzhenernyj vestnik Dona (Rus), 2015. №1. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n1p2y2015/2815.

7. Zemlyakov YU.A., Kubasov A.YU. Inzhenernyj vestnik Dona (Rus), 2017. №1. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n1y2018/4676.



8. Umanskij A.A. Spravochnik proektirovshchika promyshlennyh, zhilyh i obshchestvennyh zdaniy i sooruzhenij. Raschetno-teoreticheskij. M: Gosudarstvennoe izdatel'stvo literatury po stroitel'stvu, arhitekture i stroitel'nyh materialam, 1960. [Directory of the designer of industrial, residential and public buildings and structures. Calculated-theoretical].
9. Ziad Bayasi M., Zeng J. Structural Journal. 1997. №4. pp. 442-446.
10. Zulpuev A.M., Baktygulov K. ARPN Journal of engineering and applied sciences. 2017. №4. pp. 1030-1037.