

УДК 624.012.35

РЕГУЛИРОВАНИЕ НАДЕЖНОСТИ И ДОЛГОВЕЧНОСТИ ТАВРОВЫХ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ БАЛОК ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОЙ ЭСТАКАДЫ ПОВЫШЕННОГО ПУТИ

Твардовский И.А., к.т.н., доцент, Устенко А.В., студент

Одесская государственная академия строительства и архитектуры

Состояние железобетонных конструкций крупного разгрузочного комплекса Одесской области в результате интенсивного действия различного рода воздействий подошло к состоянию, близкому к аварийному. Ежедневные грузопотоки не позволяют на долго приостанавливать работу столь стратегически и экономически важного объекта.

Рассматриваемая задача имеет не только теоретический, но и практический характер, т.к. результаты исследования конструктивных решений должны показать, что проектируемые мероприятия будут полностью удовлетворять требованиям по надежности и долговечности тавровых балок эстакады повышенного пути разгрузочного комплекса в с. Лиски.

Поэтому, на сегодняшний день является актуальным принятие эффективного решения по устранению возникших проблем, которое будет сочетать экономическую оптимальность и решать задачу надежности и долговечности эксплуатации.

По результатам натурного обследования, камеральной обработки материалов и согласования общего комплекса мероприятий по восстановлению эксплуатационных и прочностных характеристик разгрузочного комплекса повышенного пути были разработаны конструктивные решения по усилению существующих тавровых железобетонных балок, которые находятся в наихудшем техническом состоянии и не обеспечивают дальнейшей безопасной эксплуатации.

Основными критериями, которые повлияли на принятие решения о необходимости усиления, являются:

- характер повреждений балок: от 50% и выше разрушения полок;
- замена рельс пути типа Р-50 (h=152мм) на Р-65 (h=180мм);

- износ существующих деревянных шпал на участке балочной эстакады и принятое конструктивное решение по креплению рельс типа Р-65 непосредственно к тавровым балкам;

- повышение уровня проезжей части за счет замены шпал из брусьев типа А-1 ($h=180\text{мм}$) на железобетонные шпалы типа Ш1-1 ($h=193\text{мм}$) на участке повышенного пути, который является насыпью, обжатой железобетонными плитами;

Предшествующим принятию оптимального решения стало обследование и анализ фактического состояния (Фото. 1;2), а также формирование расчетного сечения балочных пролётных строений (Рис. 1;2) с учетом разрабатываемых схем относительно общего комплекса мероприятий по капитальному ремонту сооружения в целом.



Фото. 1;2. Фактическое состояние тавровых балок

Для проведения расчетов по несущей способности исследуемых и восстанавливаемых конструкций использованы физико-механические свойства материалов, полученных в результате выполненных инструментальных обследований по месту:

- марка бетона М400 (класс В30), $R_b = 25,5 \cdot 10^3 \text{ кПа}$;

- рабочая арматура (по данным натурных обследований)

стержни $\varnothing 16$ класса А-I в количестве 12 штук, $R_s = 225 \cdot 10^3 \text{ кПа}$;

Результаты определения усилий в расчетной схеме тавровой балки пролетом 6м, загруженной собственным весом, сосредоточенной нагрузкой и равномерно распределенной нагрузкой от подвижного состава:

$$M_{\max} = 6798 \text{ кг}\cdot\text{м} = 67.98 \text{ кН}\cdot\text{м}$$

$$Q_{\max/\min} = \pm 4619.31 \text{ кг} = 45.32 \text{ кН}$$

Для принятия решения по усилению балок рассматривались следующие расчеты:

1. Проверка фактического сечения балки с разрушенной полкой, прокорродированной рабочей арматурой в растянутой зоне и поперечной арматурой на приопорных участках. Показала, что сечение не проходит проверку на прочность и находится на стадии разрушения и способно воспринять изгибающий момент 29.6 кН·м от заданной нагрузки.

2. Определение несущей способности балки с учетом восстановленной и увеличенной сжатой зоны полки балки (без усиления растянутой зоны) (Рис. 1);

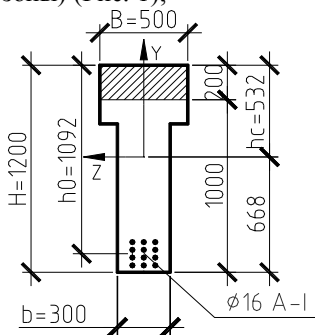


Рис. 1. Расчётное сечение балки без усиления

Площадь растянутой арматуры с учетом коррозии материала

$$A_s = 24.1 \cdot 0.5 \cdot 10^{-4} = 12.05 \text{ см}^2 \quad (1)$$

Высота сжатой зоны сечения

$$x = \frac{\gamma \cdot R_s \cdot A_s}{R_b \cdot b} = \frac{0.8 \cdot 225000 \cdot 0.001205}{25500 \cdot 0.3} = 2.83 \text{ см}, \quad (2)$$

где: $R_s = 225 \cdot 10^3$ кПа, $\gamma = 0.8$

$$x = 2.83 \text{ см} < 0.55 \cdot h_0 = 0.55 \cdot 1.092 = 60.1 \text{ см} \quad (3)$$

Условие удовлетворено

Несущая способность сечения

$$M_o = \gamma \cdot R_b \cdot \epsilon \cdot x \cdot (h_0 - 0.5 \cdot x) \cdot K \quad (4)$$

$$M_o = 0.8 \cdot 25500 \cdot 0.3 \cdot 0.0283 \cdot (1.092 - 0.5 \cdot 0.0283) \cdot 0.45 = 84 \text{ кН}\cdot\text{м} \quad (5)$$

$$M_o = 84 \text{ кН}\cdot\text{м} > M = 67.98 \text{ кН}\cdot\text{м}, \quad (6)$$

где $K=0.45$ (степень разрушения полки балки 55%)

Прочность сечения, при $K=0.45$, обеспечена

При $K=0.35$ (степень разрушения полки балки 65%)

$$M_0 = \gamma \cdot R_b \cdot \sigma \cdot x \cdot (h_0 - 0,5 \cdot x) \cdot K \quad (7)$$

$$M_0 = 0,8 \cdot 25,5 \cdot 10^3 \cdot 0,3 \cdot 0,0283 \cdot (1,092 - 0,5 \cdot 0,0283) \cdot 0,35 = 65 \text{ кН}\cdot\text{м} \quad (8)$$

$$M_0 = 65 \text{ кН}\cdot\text{м} < M = 67,98 \text{ кН}\cdot\text{м} \quad (9)$$

Условие прочности не выполняется. Согласно полученным результатам подтверждается необходимость в усилении сжатых зон тавровых балок, т.к. дальнейшее развитие деструктивных процессов может привести к их внезапному разрушению.

3. Проверка несущей способности тавровой балки с учетом усиления сжатой и растянутой зоны (Рис. 2).

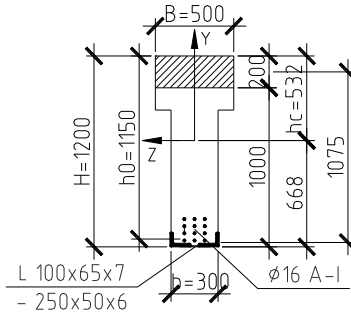


Рис. 2. Расчётное сечение балки с усилением

Для обеспечения требуемой несущей способности тавровых балок предварительно конструктивно назначено усиление нижней части балки неравнополочными уголками 100х65х7 с приваренными по низу к большей стороне уголка металлическими пластинами 250х50х6 с шагом 300 мм.

Усиление конструкции в растянутой зоне должно воспринимать момента ΔM , равный разности между действующим моментом M (67,98 кН·м) и моментом M_0 (29,6 кН·м), воспринимаемым железобетонным элементом при условии полной коррозии арматуры и исключения ее из работы.

Усилие растяжения в стальных уголках

$$N = \frac{(M - M_0)}{2 \cdot h_0} = \frac{(67,98 - 29,6)}{2 \cdot 1,075} = 17,85 \text{ кН} \quad (10)$$

Требуемая площадь сечения уголков

$$A = \frac{N}{R_s \cdot \gamma} = \frac{17,85}{230 \cdot 10^3 \cdot 0,8} = 0,97 \text{ см}^2 \quad (11)$$

Принятые согласно сортамента два уголка 100х65х7 мм

$$A = 2 \cdot 11,23 = 22,46 \text{ см}^2 \quad (12)$$

Производим проверку несущей способности балки из условия совместной работы существующей конструкции с элементами усиления в растянутой и сжатой зонах.

Приведенная площадь растянутых элементов в растянутой нижней зоне тавровых балок равна:

$$A_s = 2.5434 + 22.46 \cdot \frac{230000}{225000} = 25.5 \text{ см}^2 \quad (13)$$

Высота сжатой зоны бетона

$$x = \frac{R_s \cdot A_s}{R_b \cdot b} = \frac{225000 \cdot 0.00255}{25500 \cdot 0.3} = 7.5 \text{ см} \quad (14)$$

$$x = 7.5 \text{ см} < 0.55 \cdot h_0 = 0.55 \cdot 115 = 63.25 \text{ см} \quad (15)$$

Несущая способность сечения

$$M_0 = 0.8 \cdot 25.5 \cdot 10^3 \cdot 0.3 \cdot 0.075 \cdot (1.15 - 0.5 \cdot 0.075) \cdot 0.55 = 280.8 \text{ кН} \cdot \text{м} \quad (16)$$

$$M_0 = 280.8 \text{ кН} \cdot \text{м} > M = 67.98 \text{ кН} \cdot \text{м} \quad (17)$$

Расчет показал, что рассмотренная схема усиления тавровых балок увеличивает их несущую способность в 4 раза.

Вывод

В результате проведенной исследовательской работы доказана целесообразность мероприятий по усилению тавровых балок по отношению к их полной замене на новые и эффективность принятого конструктивного решения, которая обеспечивает надежность работы конструкции с гарантией безотказной работы на период сроком 20-30 лет. Расчет велся по упрощенной схеме и показал только 70%-ную долю всего эффекта от комплексного мероприятия. Важным является добавить, что в совместную работу существующей железобетонной тавровой балки включается усиленный каркас сжатой зоны полки с монтажными креплениями для рельс, поперечными обвязочными скобами для повышения несущей способности балки на восприятие поперечной силы и обеспечение совместности работы конструкции усиления в целом. Итоговым эффектом капитального ремонта балочной эстакады стал показатель увеличения несущей способности усиленных тавровых балок в 6 раз, надежность обеспечена на 100% и гарантирован срок длительной безотказной работы продолжительностью 30 лет.

SUMMARY

The paper presents a comparative analysis of the effectiveness of interventions to increase the durability and reliability of the

restoration of concrete beams tee railroad overpass handling complex in Odessa region.

1. Руководство по ремонту бетонных и железобетонных конструкций транспортных сооружений с учетом обеспечения совместимости материалов – М., ЦНИИС, 2005, с. 2. В ДБН В. 3.1-1-2002. Ремонт и усиление несущих и ограждающих строительных конструкций, и оснований промышленных зданий и сооружений. 3. ЦНИИПРОМЗДАНИИ по «Пособие по практическому выявлению пригодности к восстановлению поврежденных строительных конструкций зданий и сооружений и способам их оперативного усиления» Москва -1996 г.