

УДК 69.07

АНАЛИЗ ВАРИАНТОВ УСИЛЕНИЯ МОНОЛИТНЫХ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ПЕРЕКРЫТИЙ

Я.В. Андрешкин, М.В. Попова

Владимирский государственный университет имени Александра Григорьевича
и Николая Григорьевича Столетовых, Российская Федерация
e-mail: mckcalot@yandex.ru, popovamv@bk.ru

Проведен анализ вариантов усиления монолитных железобетонных перекрытий с целью определить наиболее эффективный вариант усиления, а также разработана авторская методика проведения анализа, пригодная к применению в научно-аналитической деятельности. Подведение металлических балок снизу – является наиболее эффективным вариантом усиления. Его главные преимущества – уменьшение прогибов перекрытия, что способствует сохранению несущей способности, а также при данном варианте толщина перекрытия остается неизменной.

Ключевые слова: анализ, вариант усиления, монолитное перекрытие, эффективность.

ANALYSIS OF STRENGTHENING OPTIONS FOR MONOLITHIC REINFORCED CONCRETE FLOORS

J. Andreyashkin, M. Popova

Vladimir State University named after Alexander Grigorievich and Nikolay Grigorievich Stoletov,
Russian Federation
e-mail: mckcalot@yandex.ru, popovamv@bk.ru

In this article the analysis of strengthening options for monolithic reinforced concrete floors is carried out in order to define the most efficient strengthening option, and also author's analytical method suitable for usage in research-analytical activity is worked out.

Keywords: analysis, strengthening option, monolithic floor, efficiency.

Введение. Современные нормы предъявляют строительной продукции все больше требований надежности, эффективности и функциональности [1]. Ни одно здание не может быть спроектировано и возведено таким образом, чтобы соответствовать требованиям нормативных документов, которые могут быть приняты в будущем. Поэтому одной из задач строительной отрасли является придание уже возведенным зданиям соответствия современным нормам. Именно эта деятельность осуществляется в области модернизации зданий и сооружений.

Одним из направлений модернизации является усиление конструкций. В большинстве случаев усилению подвергаются перекрытия, так как дополнительная нагрузка, не предусмотренная исходным проектом, осуществляется в первую очередь на них. Усилению перекрытий может сопутствовать усиление других несущих конструкций, но, как правило, прочие конструкции не затрагиваются.

Как правило, усиление перекрытий проводится в зданиях старой постройки, в которых использовались сборные железобетонные перекрытия. Однако, с течением времени проблема усиления затронула и монолитные перекрытия. Из-за особенностей конструкции таких перекрытий известные способы усиления были бесполезны и требовали доработки. На сегодняшний день существует множество различных способов и вариаций усиления монолитных перекрытий [2; 3]. Вопрос, какой из способов усиления является наиболее эффективным и наиме-

нее затратным, уже становится актуальным. Именно эта проблема и является основой для анализа вариантов усиления монолитных железобетонных перекрытий.

Как уже было сказано выше, исследователи в области усиления монолитных перекрытий разработали большое количество различных вариантов усиления [2; 3]. Однако, в целях упрощения анализа допускается прибегнуть к обобщению и отсеиванию заведомо нецелесообразных вариантов, которые используются в восстановлении поврежденных конструкций. В таком случае на рассмотрение выносятся следующие варианты:

- наращивание монолитного слоя сверху перекрытия;
- наращивание монолитного слоя снизу перекрытия;
- подведение металлических балок снизу.

Вариант №1. Наращивание монолитного слоя сверху [2; 3]. Данный способ уменьшает прогиб перекрытия в пролете и повышает прочность перекрытия в растянутой верхней приопорной зоне. Для наилучшего сцепления армирование монолитного слоя связывается анкерами с армированием перекрытия. Толщина монолитного слоя составляет 30...50 мм. Наращивание монолитного слоя сверху показано на рисунке 1.

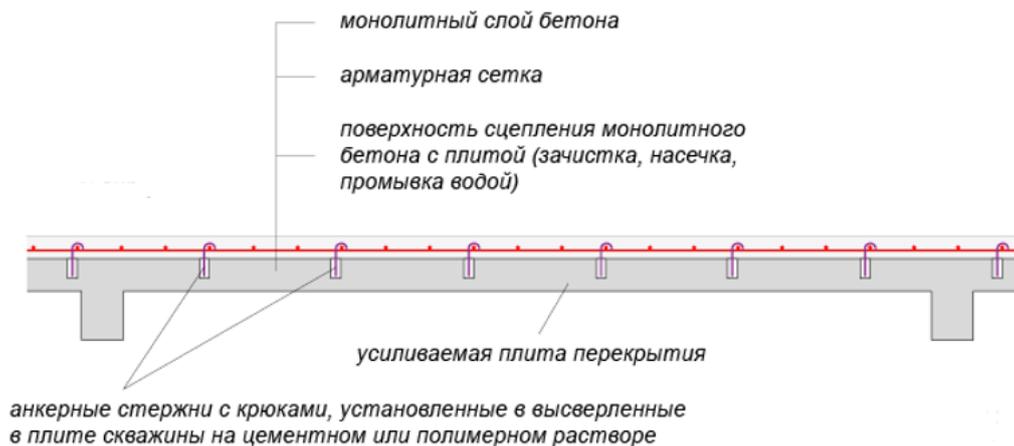


Рисунок 1. – Наращивание монолитного слоя сверху

При большей толщине монолитного слоя допускается его устройство в виде ребристой плиты с заполнением пустот минеральной ватой [3]. Наращивание монолитного слоя сверху в виде ребристой плиты приведено на рисунке 2.

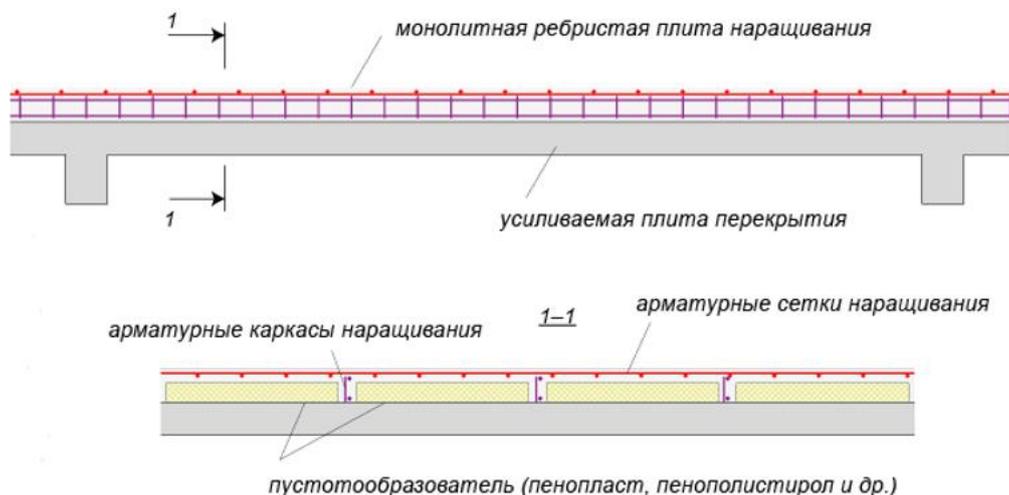


Рисунок 2. – Наращивание монолитного слоя сверху в виде ребристой плиты

укладки бетона стандартными способами. Анкеровка осуществляется гнутыми арматурными стержнями $\varnothing 8$ A240.

Модель варианта усиления №3. Под пролет плиты подводятся две металлические балки, выполненные из стального двутавра 20Б1. Балки делят пролет 6,0 м на три части.

Результаты данного анализа будут пропорциональны результатам анализа, проведенного с моделями перекрытий и усиления, отличными от приведенных.

Анализ по несущей способности. На основании исходных данных проводится расчет моделей исходного перекрытия и перекрытий, усиленных тремя способами [1]. В расчете проверяется достаточность принятого нижнего армирования. Соответствие вариантов усиления выражается соотношением:

$$H = 1 - \frac{|K_{з,исх}|}{K_з},$$

где H – результат анализа по несущей способности;

$|K_{з,исх}|$ – коэффициент запаса прочности исходного перекрытия;

$K_з$ – коэффициент запаса прочности усиленного перекрытия.

Результаты анализа приведены в таблице 1.

Таблица 1. – Анализ вариантов усиления по несущей способности

Вариант	Существующая площадь нижнего армирования, см ²	Требуемая площадь нижнего армирования, см ²	Коэффициент запаса	Несущая способность, %
Исходная	7,70	8,07	-0,05	–
1	7,70	6,59	0,14	64%
2	15,40	6,59	0,57	91%
3	7,70	3,69	0,52	90%

Анализ по экономичности. Под экономичностью в данном случае следует понимать наименьшие затраты труда и ресурсов на производство работ по усилению перекрытий. Для данного анализа допустимо считать трудовые затраты соизмеримыми с затратами ресурсов. Соответствие вариантов усиления данному критерию выражается следующей формулой:

$$\varepsilon = \frac{Z_{исх}}{Z_{исх} + Z_{усил}},$$

где ε – результат анализа по экономичности;

$Z_{исх}$ – затраты на изготовление исходного перекрытия;

$Z_{усил}$ – затраты на изготовление усиления перекрытия.

При анализе учитывались затраты на бетон, рабочую арматуру, поперечную арматуру (в том числе анкеры для соединения армирования монолитного слоя с существующим армированием), металлические балки и использование торкрет-установки при наращивании монолитного слоя снизу. Промежуточные результаты выражались в условных единицах (у.е.). Результаты анализа представлены в таблице 2.

Таблица 2. – Анализ вариантов усиления по экономичности

Вариант	Затраты на изготовление исходного перекрытия, у.е.	Затраты на изготовление усиления, у.е.	Экономичность, %
1	76624,00	23634,00	76%
2	76624,00	33634,00	69%
3	76624,00	19704,00	80%

Анализ по сохранности исходной толщины конструкции. Здесь соответствие этому критерию выражается отношением толщины исходного перекрытия к высоте усиленного перекрытия. Результаты анализа представлены в таблице 3.

Таблица 3. – Анализ вариантов усиления по сохранности исходной толщины конструкции

Вариант	Исходная толщина конструкции, мм	Толщина конструкции с учетом усиления, мм	Сохранность исходной толщины конструкции, %
1	200	250	80%
2	200	250	80%
3	200	200	100%

Анализ по применимости. Применимость вариантов усиления показывает, насколько независим данный вариант от факторов, препятствующих его использованию. Анализ по применимости проводится по следующему алгоритму:

- в первом приближении коэффициент применимости принимается равным единице;
- в каждом последующем приближении рассматривается зависимость варианта усиления от определенного фактора ограничения применения, вводимого в анализ. При независимости коэффициент применимости принимается равным единице. Коэффициент применимости применяется равным 0,5, что выражает вероятность возникновения данного фактора при усилении перекрытий;
- полученные коэффициенты применимости усредняются, чтобы сформировать соответствие критерию применимости, выраженному в процентах.

Результаты анализа представлены в таблице 4.

Таблица 4. – Анализ вариантов усиления по применимости

Вариант	Коэффициент применимости в первом приближении	Коэффициент применимости во втором приближении	Применимость, %
1	1	1	100%
2	1	0,5	75%
3	1	0,5	75%

В этом случае условием второго приближения является ситуация, в которой невозможно произвести усиление снизу ввиду отсутствия доступа к низу перекрытия. Данное условие может возникать при усилении надподвальных перекрытий, непосредственно под которыми могут проходить инженерные коммуникации.

На основании результатов анализов каждого из вариантов, представленных в табличной форме, строится столбчатая диаграмма с накоплением. В этой диаграмме варианты усиления представлены столбцами, а соответствие критериям – цветными зонами в этих столбцах. Самый высокий столбец будет соответствовать наиболее эффективному варианту усиления.

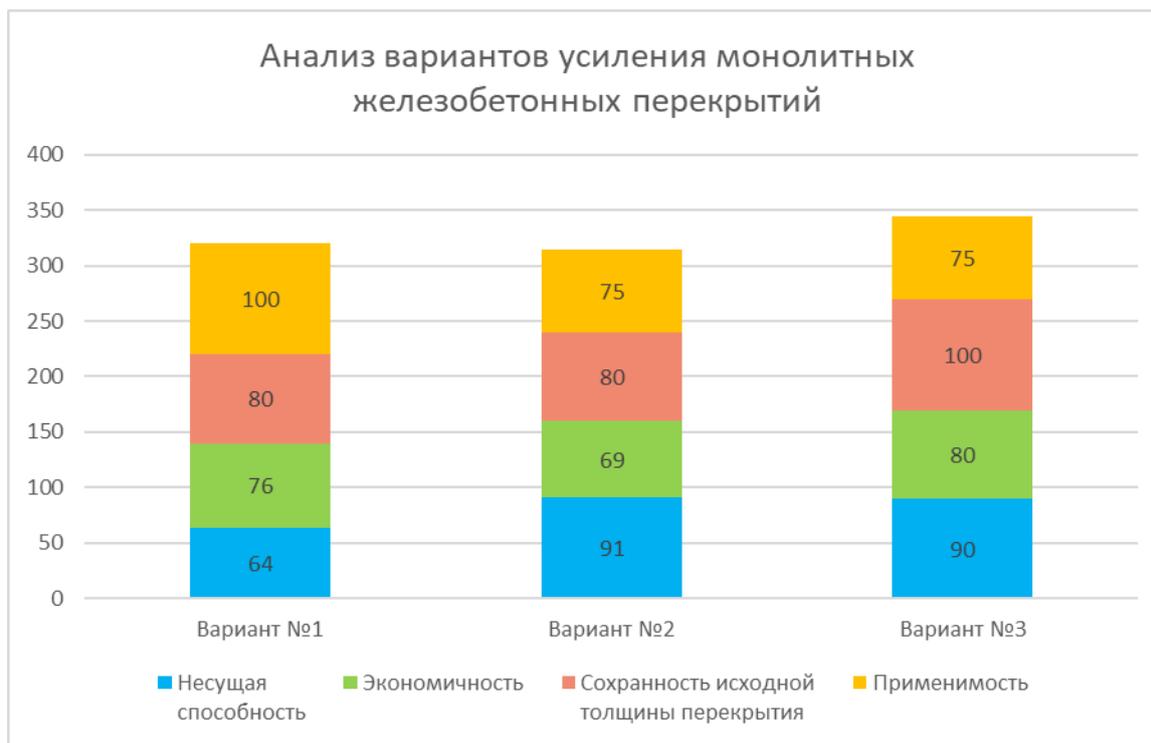


Рисунок 4. – Диаграмма анализа вариантов усиления

Если усреднить полученные значения в пределах каждого столбца, получим следующее:

- эффективность варианта №1 составляет 80%;
- эффективность варианта №2 составляет 76%;
- эффективность варианта №3 составляет 87%.

Таким образом, вариант усиления №3 – подведение металлических балок снизу – является наиболее эффективным вариантом усиления. Его главные преимущества – уменьшение прогибов перекрытия, что способствует сохранению несущей способности, а также при данном варианте толщина перекрытия остается неизменной.

Расхождение значений эффективности вариантов усиления находится в пределах 7-11% и не является значительным, поэтому варианты №1 и №2 также могут быть целесообразны при проектировании усиления. Вариант №1 может быть применен в любых условиях, в то время как вариант №2 повышает несущую способность перекрытия.

ЛИТЕРАТУРА

1. СП 63.13330.2018. Бетонные и железобетонные конструкции. Основные положения. – М.: Стандартинформ, 2018. – 124 с.
2. Каталог конструктивных решений по усилению и восстановлению строительных конструкций зданий и сооружений. – М.: ОАО «ЦНИИПромзданий», 2009. – 258 с.
3. Мальганов А.И., Плевков В.С., Полищук А.И. Восстановление и усиление строительных конструкций аварийных и реконструируемых зданий. Атлас схем и чертежей. – Томск: Томский межотраслевой ЦНТИ, 1990. – 316 с.