

МЕТАЭВРИСТИЧЕСКИЕ ПОДХОДЫ К ОПТИМИЗАЦИИ СИСТЕМ УСИЛЕНИЯ БАЛОЧНЫХ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ КОНСТРУКЦИЙ

Алексейцев А.В. (ФГБОУ ВО «НИУ МГСУ», г. Москва, Россия),

Парфенов С.Г. (ФГБОУ ВО «БГИТУ», г. Брянск, Россия),

Макарова А.К., Пепеляева А.Ю. (ФГБОУ ВО «НИУ МГСУ», г. Москва, Россия)

Рассматриваются методы случайного поиска, реализующие алгоритмы оптимального проектирования систем усиления балочных железобетонных конструкций. Приводятся основные этапы метода Монте-Карло применительно к усилению балок преднапряженными шпренгелями, а также соответствующие этой схеме этапы генетического алгоритма.

На сегодняшний день железобетонные конструкции широко применяются в строительстве. Эти конструкции в процессе эксплуатации теряют свои прочностные и деформативные характеристики и по истечении определенного времени возникает задача восстановления их несущей способности. Кроме того, при реконструкции или техническом перевооружении предприятий имеет место задача усиления несущих систем из железобетона. При значительных объемах усиления или восстановления на первый план выходит задача оптимизации таких конструкций.

Вопрос оптимального проектирования железобетонных конструкций затрудняется тем, что отбор наилучшего решения целесообразно осуществлять на дискретных множествах характеристик, к которым можно причислить класс арматуры и бетона, размеры поперечных сечений, шаг арматуры и др. Ограничениями для таких задач выступают требования, изложенные в СП 63.13330.2012 «Бетонные и железобетонные конструкции». Данные требования предъявляются к состоянию нормальной эксплуатации конструкции и сформулированы в виде условий прочности, жесткости и трещиностойкости.

При эксплуатации железобетонных конструкций могут возникнуть и накопиться повреждения, связанные с разбросом нагрузок и механических характеристик. Надежность конструкций, связанная с возникновением таких отказов рассмотрена в работах [1-4]. Но есть и другая группа воздействий, не предусмотренная условиями нормальной эксплуатации. По статистике повреждения данной группы воздействий могут быть вызваны землетрясениями, взрывами, пожарами, техногенными причинами и любыми другими агрессивными природными явлениями. В зависимости от объема разрушений железобетонные конструкции или их отдельные элементы заменяют новыми, либо усиливают.

Усиление конструкций может осуществляться различными способами, разработанными в результате проведения ряда исследований, которые помогли выявить, что необходимо:

- увеличивать количество арматуры;
- увеличивать площадь поперечного сечения;

- устанавливать двусторонние или односторонние железобетонные обоймы;
- устанавливать разгружающие конструкции в виде металлических балок, шпренгелей, дополнительных опор;
- изменять расчетную схему конструкции (применять неразрезные конструкции, вводить дополнительные связи, шарниры и т. п.).

На данном этапе развития строительной отрасли в связи с постоянным усложнением конструктивных решений для несущих систем требуется разработка эффективных методов оптимизации. Однако теория оптимизации на данный момент не может соответствовать всем требованиям инженеров-проектировщиков, потому математические интерпретации поисковых алгоритмов не могут учесть всех реалий эксплуатации зданий и сооружений, как и не могут определить внеплановых изменения нагрузок в полной мере. Приблизиться к этому в значительной степени могут метаэвристические алгоритмы усиления конструкций. Они отличаются тем, что не имеют явного выражения для функции цели через варьируемые параметры, содержат элемент случайности и оперируют дискретными множествами варьируемых параметров. Например, при усилении железобетонной балки варьируемыми параметрами могут быть сечение и материал шпренгелей 2 и хомутов 5 (рисунок 1).

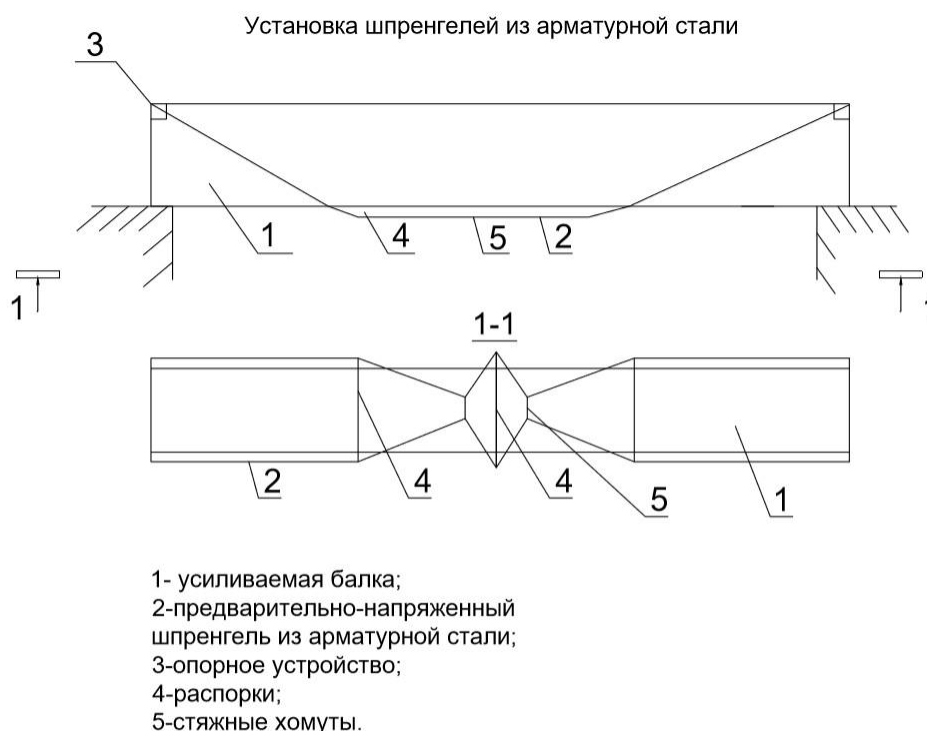


Рисунок 1 – Вариант схемы усиления железобетонной балки

Интерпретация метода Монте-Карло для решения задачи поиска рациональных параметров системы усиления по схеме рис. 1 может быть следующей.

1. Формирование множеств значений варьируемых параметров в виде последовательности дискретных значений.

2. Для варианта конструкции генератором случайных чисел каждому независимо варьируемому параметру, участвующему в расчете, присваивается численное значение, одно из возможных значений из сформированного на этапе 1 интервала значений.

3. Используя функции взаимодействия, получают значения зависимых параметров.

4. Проверяется выполнение ограничений, и в случае их удовлетворения вариант конструкции сохраняется для последующего рассмотрения

5. Этапы 2-4 повторяются, пока наблюдается улучшение вариантов конструкции в соответствии с заданным критерием оптимальности. Если на протяжении некоторого числа проб, зависящих от числа и значений параметров улучшения нет, то алгоритм поиска прекращается.

Другим более совершенным поисковым алгоритмом является генетический. Генетические алгоритмы получили развитие в середине 60-х годов 20-го в. благодаря трудам Дж. Холланда. Данные алгоритмы уже применялись для решения задач оптимизации строительных конструкций [5-10], в том числе задач усиления стальных конструкций ферм [11].

Генетический алгоритм оптимизации систем усиления железобетонных балочных конструкций по представленной на рисунке 1 схеме усиления может иметь следующую интерпретацию.

1. Формирование множеств значений варьируемых параметров системы усиления в виде последовательности дискретных значений.

2. Формирование начального пула решений путем случайной генерации или неординарной схемы [6].

3. Проверка выполнения ограничений для начального пула усиливаемых конструкций.

4. Формирование текущего пула решений [7].

5. Проверка выполнения ограничений текущего пула решений и редактирование базы данных лучших проектов в соответствии с принципами «элитизма» [8].

6. Применение генетических операторов [9-11].

5. Этапы 3-6 повторяются, пока наблюдаются изменения в базе данных лучших проектов.

Заключение

Предложены основные этапы оптимизации параметров систем усиления балочных железобетонных конструкций на основе метода Монте-Карло и с помощью адаптированного генетического алгоритма. Данные этапы будут реализовываться в рамках научно-исследовательских работ магистрантов и в рамках студенческих научных кружков.

Библиографический список

1. Тамразян А.Г., Дудина И.В. Влияние изменчивости контролируемых параметров на надежность преднапряженных балок на стадии изготовления. Жилищное строительство. 2001. № 1. С. 16-17.
2. Тамразян А.Г., Звонов Ю.Н. К оценке надежности железобетонных плоских безбалочных плит перекрытий на продавливание при действии сосредоточенной силы в условиях высоких температур. Промышленное и гражданское строительство. 2016. № 7. С. 24-28.
3. Тамразян А.Г. Огнеударостойкость несущих железобетонных конструкций высотных зданий. Жилищное строительство. 2005. № 1. С. 7.
4. Ключева Н.В., Тамразян А.Г. Основополагающие свойства конструктивных систем, понижающих риск отказа элементов здания. Известия Юго-Западного государственного университета. 2012. № 5-2 (44). С. 126-131. ГОСТ 27751-2014 Надежность строительных конструкций и оснований. Основные положения.
5. Алексейцев А.В., Курченко Н.С. Обзор методов и результатов экспериментальных исследований стальных и сталебетонных конструкций при особых воздействиях // Строительная механика инженерных конструкций и сооружений. 2018. Т. 14. № 3. С. 205-215.
6. Тамразян А.Г., Алексейцев А.В. Оптимальное проектирование несущих конструкций зданий с учетом относительного риска аварий // Вестник МГСУ №7. 2019. С. 819-830.
7. Тамразян А.Г. Алексейцев А.В. Эволюционная оптимизация нормально эксплуатируемых железобетонных балочных конструкций с учетом риска аварийных ситуаций / А.Г. Тамразян, // Промышленное и гражданское строительство №9. 2019. С. 45-50.
8. Серпик И.Н. Алексейцев А.В. Оптимизация металлических конструкций путем эволюционного моделирования. М.: АСВ, 2012. – 240 с.
9. Курченко Н.С., Алексейцев А.В. Эволюционная модель поиска рационального распределения ресурсов при ограничении продолжительности строительства. Наука и бизнес: пути развития. 2017. № 4 (70). С. 19-23.
10. Алексейцев А.В., Безбородов Е.Л. Эволюционный поиск параметров систем "протезирования" деревянных балочных конструкций Строительство и реконструкция. 2018. № 2 (76). С. 3-11.
11. Серпик И.Н., Алексейцев А.В., Лелетко А.А. Генетические алгоритмы оптимизации металлических строительных конструкций Брянск, 2010 – 200 с.