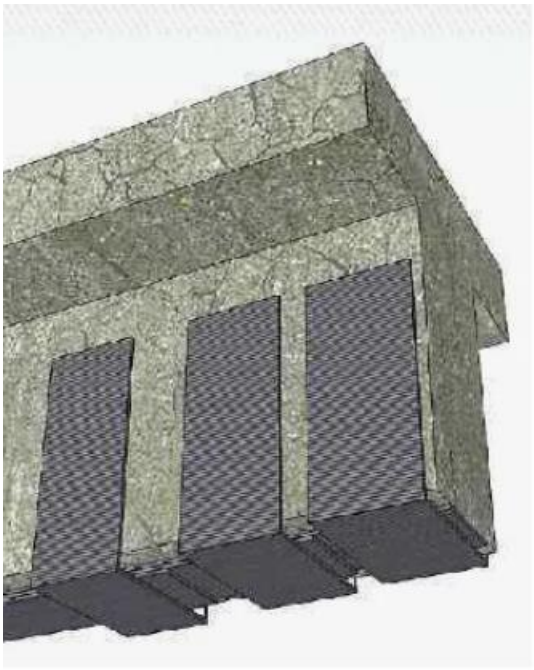
422 – Усиление наклонных сечений ж/б балки композитной арматурой



Программа предназначена для расчёта площади сечения композитной арматуры, требуемой для усиления наклонных сечений, согласно СП 164.1325800.2014 [1] и СП 63.13330.2018 [2].

1. Балка и нагрузки

Рассматривается приопорный участок железобетонной балки прямоугольного сечения. В качестве координаты произвольного поперечного сечения применяется расстояние x от опоры. Для определения рабочей высоты сечения задаются расстояния от сторон сечения до центров тяжести площадей продольной арматуры. Задаются следующие параметры имеющейся стальной поперечной арматуры: диаметр хомутов, число ветвей хомута, шаг хомутов.

Задаются изгибающий момент M_O и поперечная сила Q_O в сечении балки над гранью опоры от действующих нагрузок, а также изгибающий момент M_{On} и поперечная сила Q_{On} от проектных нагрузок. Предусмотрен ввод действующих и проектных распределенных нагрузок q u q_n, а также действующих и проектных сосредоточенных нагрузок Q и Q_n. Предполагается, что нагрузки направлены вертикально вниз. Усилия в произвольном поперечном сечении определяются по усилиям в опорном сечении и заданным нагрузкам на основе уравнений равновесия. При этом величина момента M_O принимается отрицательной. Если заданная длина приопорной части балки больше значения x_0, при котором поперечное усилие обращается в нуль или изменяет знак, то расчет проводится только для $x \le x_0$.

Предполагается, что действующее поперечное усилие не превосходит предельное усилие для балки до усиления, а проектное усилие превышает предельное усилие. Для обеспечения несущей способности балки требуется дополнительное армирование композитной арматурой.

2. Расчёт

Расчёт по прочности наклонных сечений железобетонной балки включает проверку прочности бетонной полосы между наклонными трещинами и проверку прочности по наклонным сечениям на действие поперечной силы. При этом расчёт по прочности бетонной полосы между наклонными трещинами проводится согласно [2] без учёта работы внешней композитной арматуры. Результат этого расчёта выводится программой, только если условие прочности не выполняется.

Расчёт по прочности наклонных сечений проводится согласно [1], 6.4. Расчётное сопротивление композитной арматуры R_{fw} определяется по заданному значению нормативного сопротивления $R_{f,n}$. Для этого требуется задать тип композита (углекомпозит или стеклокомпозит), вид композита (ламинат или холст), условия эксплуатации конструкции, а также число слоёв композита и толщину одного слоя. Расчётное сопротивление определяется по формуле (6.78) с учётом условия (6.79).

На первом этапе расчёта проводится проверка несущей способности при действующих нагрузках. Если проверка не выполняется, то расчёт прекращается. На втором этапе расчёта проверка несущей способности проводится для проектных нагрузок. Если проверка не

выполняется, то определяется требуемая погонная площадь A_{fw}/s_f композитной арматуры. Предусмотрен графический вывод требуемой площади (рис.1).

При расчёте усилия, воспринимаемые бетоном сжатой зоны, стальной поперечной арматурой и композитной арматурой, рассматриваются как функции длины проекции C наклонного сечения, проходящего по наклонной трещине: $Q_b(C), Q_{sw}(C), Q_{fw}(C)$. При этом вводятся ограничения $Q_{b,\min} \le Q_b \le Q_{b,\max}$. Аргумент функции $Q_{sw}(C)$ ограничивается согласно [2] неравенствами $h_0 \le C \le 2h_0$, где h_0 - рабочая высота балки. Прочность балки по наклонному сечению обеспечивается при условии $Q \le \min\{Q_b(C) + Q_{sw}(C) + Q_{fw}(C)\}$. При расчёте также учитывается условие (6.85). Погонная площадь композитной арматуры A_{fw}/s_f определяется из выражений $Q_{fw}(C) = q_{fw} \cdot C$, $q_{fw} = R_{fw} \cdot A_{fw}/s_f$. При определении A_{fw}/s_f учитывается условие (6.86).

Поскольку при расчёте по прочности арматура учитывается на длине C, то для каждого расчётного сечения с координатой x производится корректировка распределения площади арматуры на отрезке $[x - C, x]$ по условию, согласно которому площадь арматуры на этом отрезке должна быть не меньше, чем в точке x.

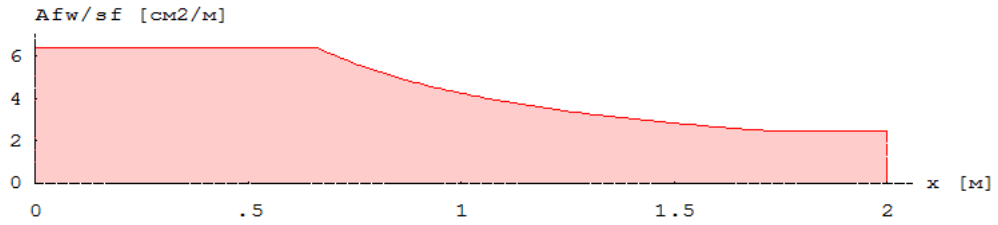


Рис. 1. Пример распределения требуемой площади арматуры

Литература

1. СП 164.1325800.2014 «Усиление железобетонных конструкций композитными материалами. Правила проектирования»
2. СП 63.13330.2018 «СНиП 52-01-2003 Бетонные и железобетонные конструкции.Основные положения»