
421 – Расчет бетонного элемента

Программа предназначена для расчёта бетонного элемента по деформационной модели согласно СП 63.13330.2018 [1].

1. Сечения и усилия

Рассматриваются следующие виды сечений бетонного элемента: прямоугольное сечение, круговое или кольцевое сечение и произвольное полигональное сечение (рис.1).

Полигональное сечение задаётся путём ввода координат вершин, причем последовательность ввода вершин должна соответствовать определенному направлению обхода сечения (сечение всегда должно находиться или только слева, или только справа). Координаты вершин могут определяться относительно произвольной декартовой системы координат (y_0, z_0).

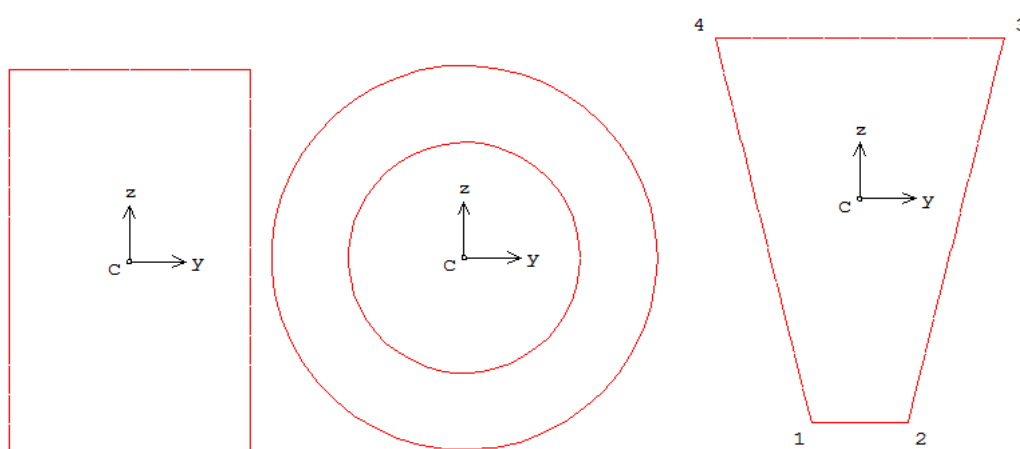


Рис. 1. Виды сечений

Усилия N, M_y, M_z задаются относительно главных центральных осей y, z . Принимается, что продольная сила N положительна при сжатии. При действии положительного момента M_y сжатая зона возникает в верхней части сечения, а при действии положительного момента M_z сжатая зона возникает в левой части сечения.

Предполагается, что усилия соответствуют расчетным комбинациям нагрузок, образованным согласно СП 20.13330.

2. Расчет

При расчёте элемента по несущей способности определяется коэффициент надежности по усилиям γ_u , через который предельные усилия выражаются по формулам $N_u = \gamma_u N$, $M_{yu} = \gamma_u M_y$, $M_{zu} = \gamma_u M_z$. Прочность сечения обеспечена при $\gamma_u \geq 1$.

Предельные усилия определяются на основе деформационной модели согласно [1]. Предусмотрен выбор либо трёхлинейной, либо двухлинейной диаграммы состояния сжатого бетона согласно 6.1.20, 6.1.21. Для растянутого бетона применяется диаграмма того же вида, как и для сжатого бетона. На рис.2 приведены диаграммы для бетона В25.

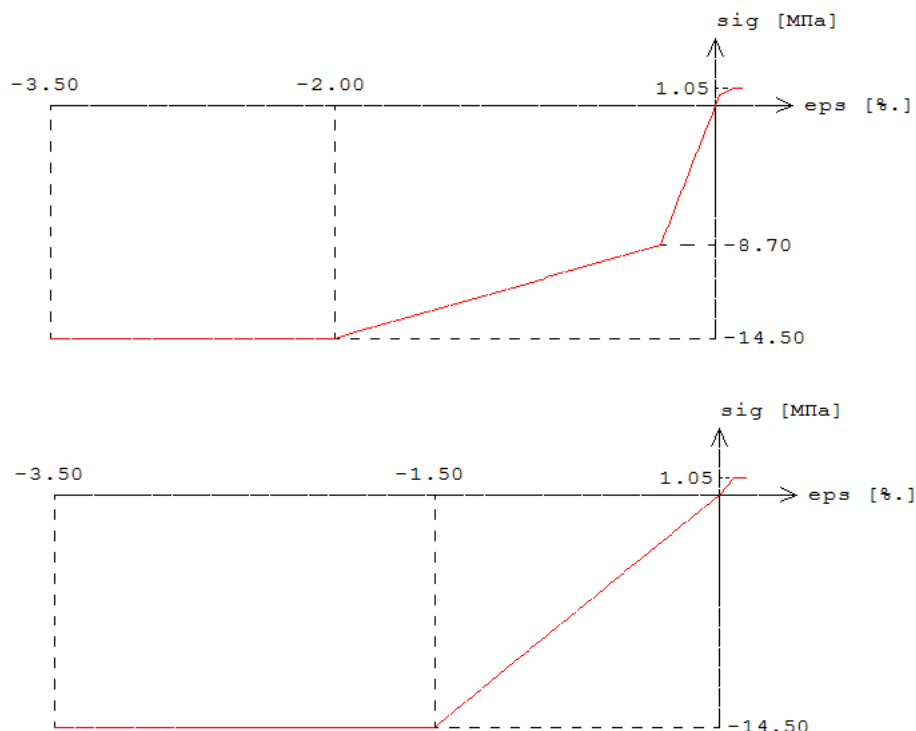


Рис. 2. Диаграммы состояния бетона В25

При расчете внецентренно сжатого элемента прогиб учитывается путём умножения изгибающего момента M на повышающий коэффициент η . Коэффициент η вычисляется по формуле

$$\eta = \frac{1}{1 - \frac{N}{N_{cr}}}$$

где N - продольная сила, N_{cr} - критическая сила, которая определяется по формуле

$$N_{cr} = \frac{\pi^2 D}{l_0^2}$$

где D - жесткость элемента, l_0 - расчетная длина элемента. Жесткость элемента вычисляется по формуле

$$D = \frac{0.15 E_b I_b}{\varphi_l (0.3 + \delta_e)}$$

Здесь E_b - модуль упругости бетона; I_b - момент инерции бетонного сечения относительно центральной оси, $\delta_e = e_0 / h$ - относительный эксцентриситет продольной силы (h - высота сечения в плоскости изгиба), φ_l - параметр, учитывающий длительное действие нагрузки.

Эксцентриситет e_0 определяется относительно центра тяжести сечения. При этом учитывается случайный эксцентриситет e_a . Согласно [1], 8.1.7 при расчете элемента

статически определимой конструкции эксцентриситет e_0 принимается равным $\frac{M}{N} + e_a$, а при расчете элемента статически неопределимой конструкции – равным $\frac{M}{N}$, если $\frac{M}{N} \geq e_a$, и равным e_a , если $\frac{M}{N} < e_a$.

По результатам вычисления предельных усилий выводится рисунок сечения, на котором представлена сжатая зона (рис.3,4,5). В случае прямоугольного и кругового сечения выводятся наибольшие по величине растягивающие и сжимающие напряжения и соответствующие им деформации. В случае полигонального сечения выводятся кривизны и выражение деформации $\varepsilon(y_0, z_0)$ в тех координатах, в которых задано сечение.

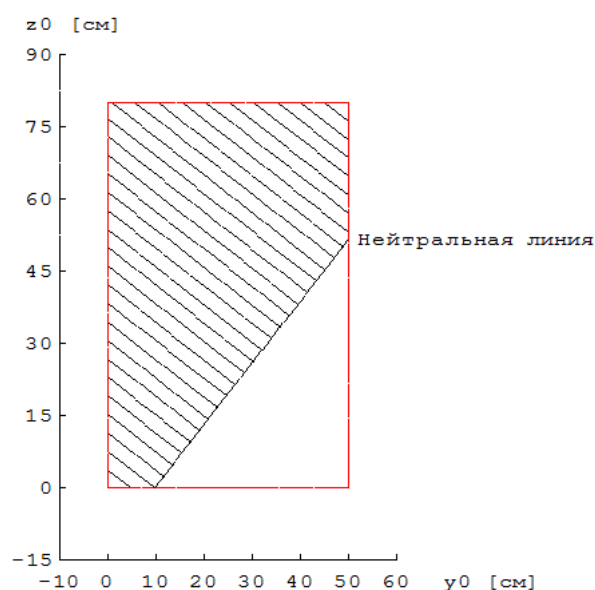


Рис. 3. Пример изображения сжатой зоны в прямоугольном сечении

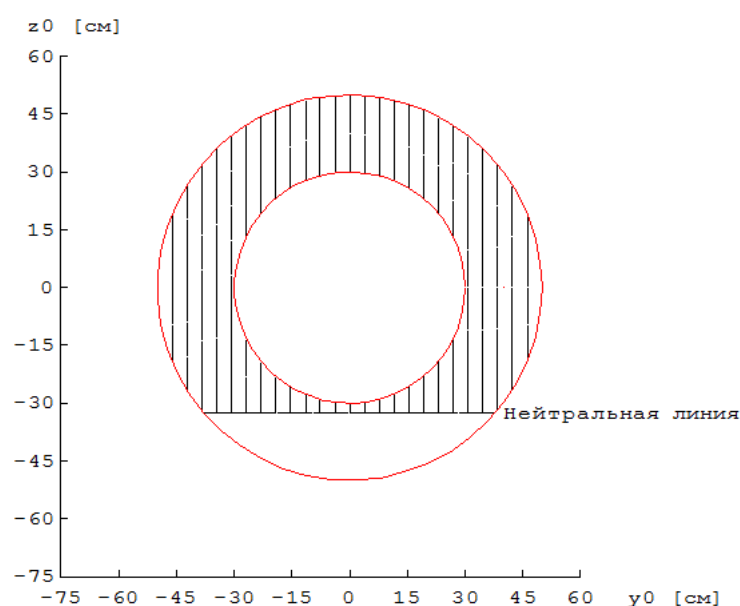


Рис. 4. Пример изображения сжатой зоны в кольцевом сечении

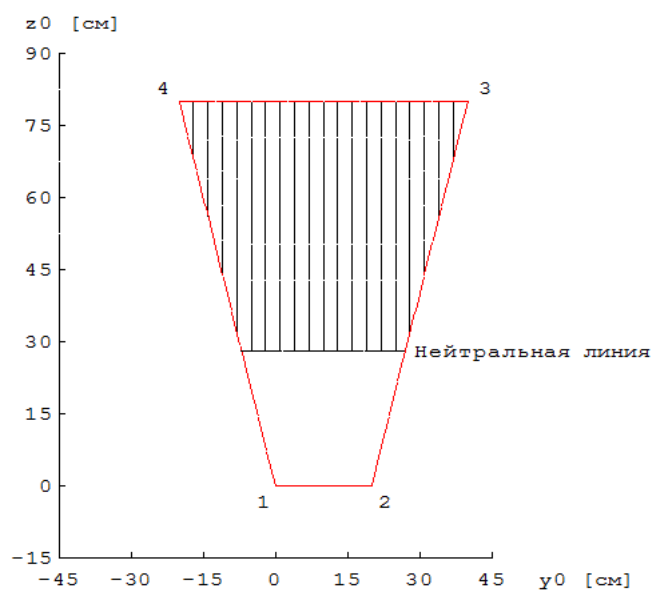


Рис. 5. Пример изображения сжатой зоны в полигональном сечении

Литература

1. СП 63.13330.2018 «СНиП 52-01-2003 Бетонные и железобетонные конструкции. Основные положения»