
446 – Расчет по огнестойкости преднапряженной плиты



Программа предназначена для расчёта по огнестойкости сплошной или многопустотной преднапряженной плиты согласно СП 468.1325800.2019 [1] и СП 63.13330.2018 [2]. Температурное поле в сечении плиты при огневом воздействии определяется путем решения задачи нестационарной теплопроводности с учетом зависимости теплофизических характеристик бетона от температуры. Предельный изгибающий момент вычисляется на основе диаграмм деформирования сжатого бетона и арматуры.

1. Сечение

Рассматривается сечение сплошной или многопустотной плиты с ненапрягаемой и напрягаемой арматурой, расположенной у нижней поверхности плиты (рис.1).

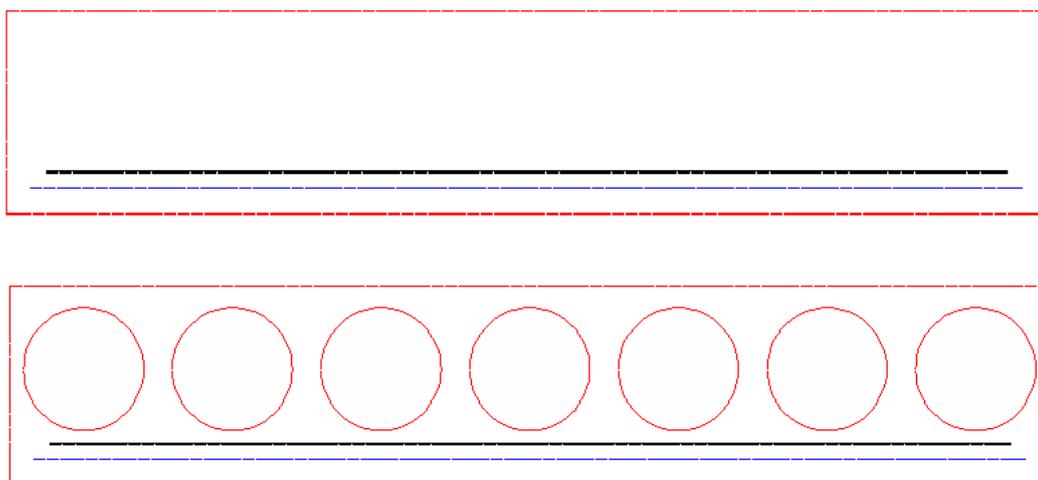


Рис. 1. Сечения плиты

Для каждого вида арматуры задается площадь арматуры и расстояние от нижней стороны сечения до центра тяжести арматуры. Допускается отсутствие ненапрягаемой или напрягаемой арматуры. Предполагается, что напрягаемая арматура располагается над ненапрягаемой арматурой.

Возможно задание смещения d центров круглых полостей от центра сечения плиты. При положительном значении d полости смещаются вверх, а при отрицательном значении – вниз.

Напрягаемая арматура может быть стержневой, проволочной или канатной. Рассматривается натяжение арматуры на упоры. Потери предварительного напряжения могут определяться согласно [2] или задаваться при вводе данных.

2. Расчет плиты при нормальной температуре

Расчет плиты проводится на основе нелинейной деформационной модели [2]. Для сжатого бетона и арматуры обоих видов применяются двухлинейные диаграммы деформирования. Расчет включает определение напряжений в стадии предварительного обжатия и определение предельного изгибающего момента в стадии эксплуатации. При расчете

выводятся изображения сжатой зоны и значения деформаций бетона и арматуры. На рис.2 дан пример изображения сжатой зоны при определении предельного изгибающего момента.

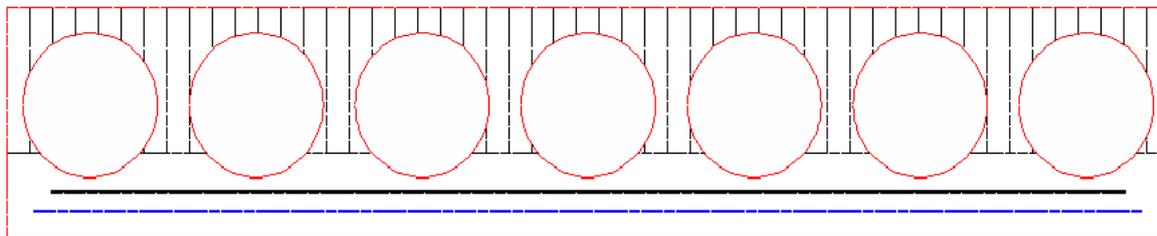


Рис. 2. Пример сжатой зоны при определении предельного изгибающего момента

3. Расчет плиты по огнестойкости

Огнестойкость плиты характеризуется периодом времени (в минутах) от начала пожара до момента возникновения предельного состояния плиты, при котором происходит потеря несущей способности.

Огневое воздействие характеризуется зависимостью температуры среды от времени, отсчитываемого от начала пожара. Согласно [3] при стандартном пожаре принимается следующая зависимость температуры среды от времени:

$$T_0 = 20 + 345 \lg(8t + 1)$$

где t - время в мин. График зависимости $T_0(t)$ представлен на рис.3.

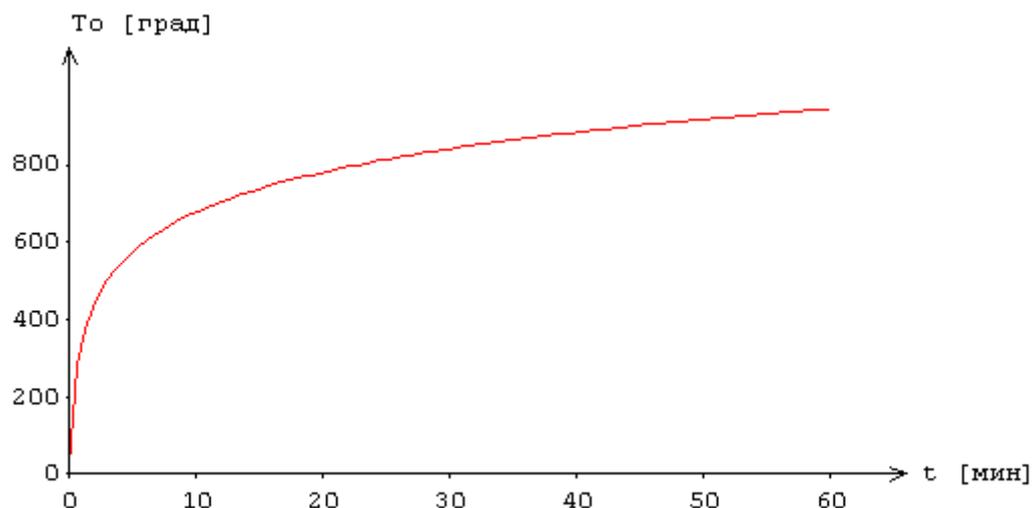


Рис.3. Зависимость температуры среды от времени

Для определения предела огнестойкости необходимо рассчитать температурное поле в сечении плиты. Температура определяется на основе уравнения нестационарной теплопроводности с учетом зависимости теплофизических характеристик бетона от температуры. Температурная задача решается конечноразностным методом. Расчет

температуры в сечении производится для дискретных моментов времени. Шаг по времени может приниматься равным 3мин, 6мин, 12мин.

Температура в сечении многопустотной плиты определяется для редуцированного сечения в виде тавра (рис.4) при нагреве нижней стороны. Ширина ребра тавра и толщина полки определяются по формулам $b_w = b - nD$, $t = (h - D)/2 + d$, где b, h - ширина и высота сечения плиты; D, n - диаметр и число полостей, d - смещение центров полостей.

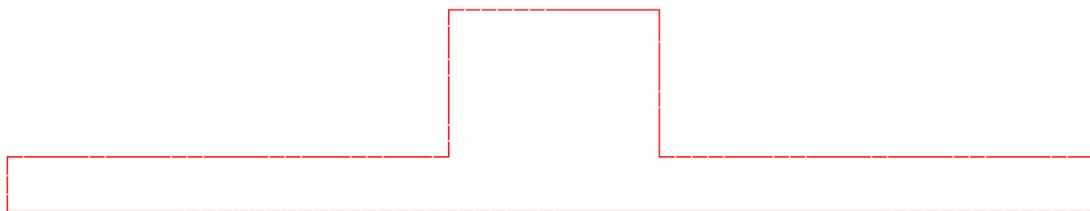


Рис.4.Пример редуцированного сечения многопустотной плиты при определении температуры

Потери предварительного напряжения при нагреве определяются согласно [1], 8.47.

При определении предельного изгибающего момента применяется упрощенный метод согласно [1], 8.7. При этом рассматривается уменьшенное сечение плиты за вычетом слоя бетона, нагретого выше критической температуры, которая равна 500 °С для бетона на силикатном заполнителе и равна 600 °С для бетона на карбонатном заполнителе. Для бетона, температура которого не превышает критическую температуру, применяются характеристики ненагретого бетона.

Расчетное сопротивление и модуль упругости арматуры при нагреве определяются по формулам [1]

$$R_{st} = R_{sn} \gamma_{st}$$

$$E_{st} = E_s \beta_s$$

Значения коэффициента условий работы арматуры γ_{st} и коэффициента редукции модуля упругости арматуры β_s принимаются по таблице 5.6 [1]. Предельная деформация арматуры ε_{s2} принимается равной 25‰ при $20^\circ\text{C} \leq T \leq 200^\circ\text{C}$ и равной 50‰ при $T \geq 500^\circ\text{C}$. При $200^\circ\text{C} < T < 500^\circ\text{C}$ предельная деформация ε_{s2} определяется интерполяцией.

В программе строится зависимость коэффициента запаса прочности $\gamma_u = M_{u,t} / M$ от времени, где $M_{u,t}$ - предельный изгибающий момент, M - изгибающий момент от нормативных постоянных и длительных нагрузок. Предел огнестойкости определяется по моменту времени, при котором $\gamma_u = 1$. На рис.5 представлен пример изменения коэффициента запаса прочности во времени.

В случае многопустотной плиты рассматривается редуцированное сечение в виде двутавра или тавра (рис.6). Штриховыми линиями изображен контур исходного расчетного сечения при нормальной температуре. Глубина прогрева бетона a_t до критической температуры определяется при помощи графика температуры на оси редуцированного сечения (рис.7), полученного по результатам решения температурной задачи.

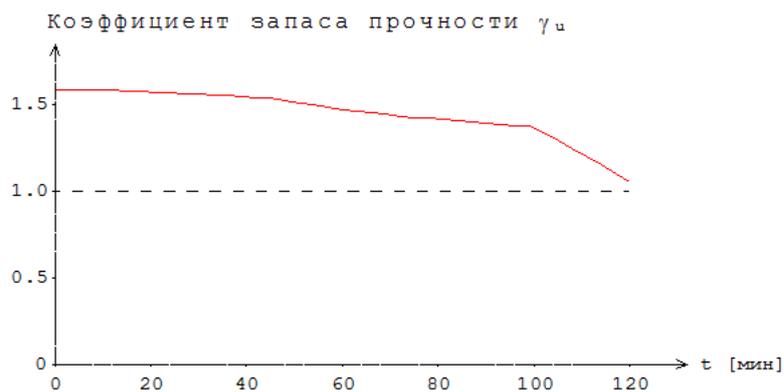


Рис.5. Пример изменения коэффициента запаса прочности во времени

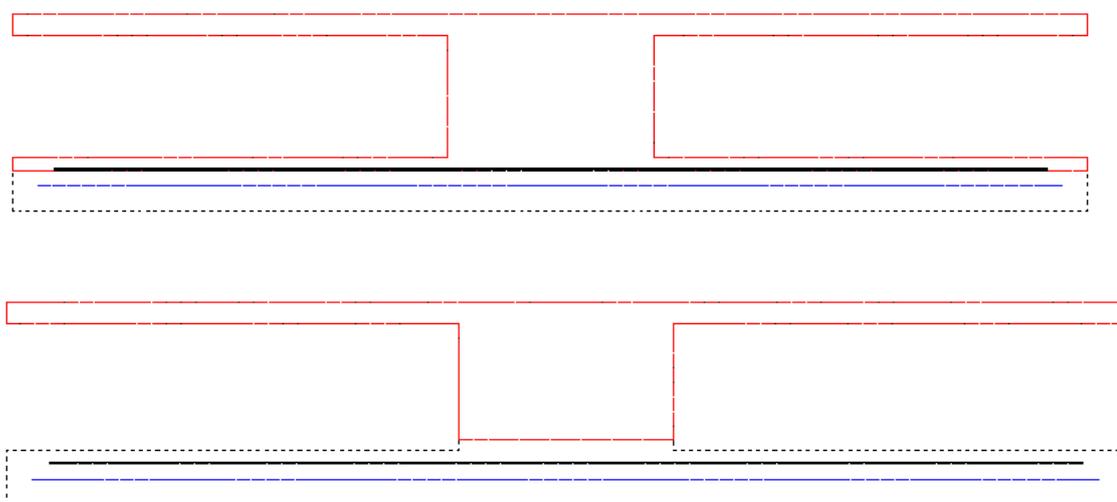


Рис.6. Примеры редуцированного сечения многослойной плиты при определении предельного изгибающего момента

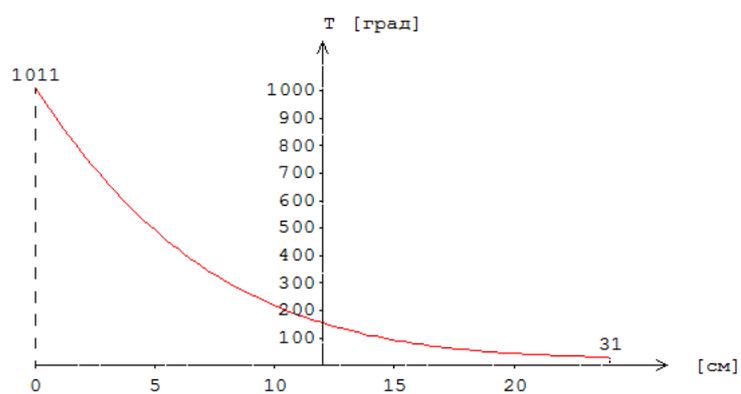


Рис.7. Пример графика температуры

При расчете предельного изгибающего момента выводятся изображение сжатой зоны (рис.8) и значения деформаций бетона и арматуры.

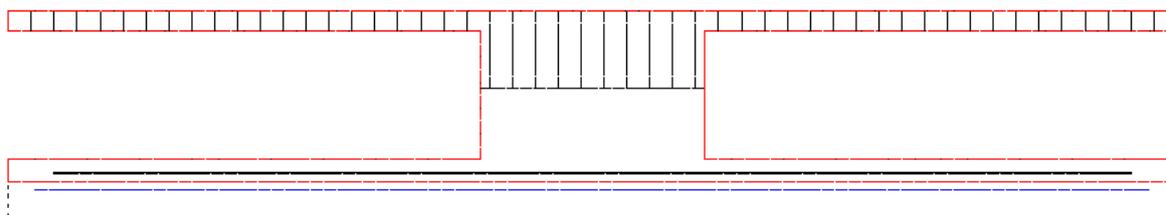


Рис.8. Пример сжатой зоны при определении предельного изгибающего момента

Литература

1. СП 468.1325800.2019 «Бетонные и железобетонные конструкции. Правила обеспечения огнестойкости и огнесохранности»
2. СП 63.13330.2018 «СНиП 52-01-2003 Бетонные и железобетонные конструкции. Основные положения»
3. ГОСТ 30247.0-94 Конструкции строительные. Методы испытаний на огнестойкость. Общие требования