



ПУТИ УМЕНЬШЕНИЯ КРАЕВОГО ЭФФЕКТА ПРИ РАСЧЕТЕ КОНИЧЕСКОГО КУПОЛА С УЧЕТОМ ВЛИЯНИЯ ПРЕДНАПРЯЖЕННОГО ОПОРНОГО КОНТУРА

Асатов Нурмухаммат Абдуназарович

Рахмонов Наврузбек Эргашевич

“Строительство зданий и сооружений”

Джизакский политехнический институт

<https://doi.org/10.5281/zenodo.6401567>

ИСТОРИЯ СТАТЬИ

Принято: 01 марта 2022 г.

Утверждено: 10 марта 2022 г.

Опубликовано: 14 марта 2022 г.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА

конических куполов,
предварительно
напряженный,
железобетон, оболочка,
анализ, деформации,
дополнительные, колец
влияние

АННОТАЦИЯ

В статье приведены сведения о наиболее важных функциях снижения ударных сил и преимуществах этого метода с учетом влияния предварительно напряженного контура основания при расчете конических куполов.

При проведении расчетов конических куполов с учетом влияния преднапряженного опорного контура уменьшение усилий краевого эффекта является одной из важнейших задач. Для уменьшения усилий краевого эффекта целесообразно использовать предварительное напряжение опорного кольца, с тем чтобы уравнивать кольцевые напряжения в скорлупе купола оболочек и в кольце. Уравнивание напряжений возможно только для одного определенного состояния, например для полной нагрузки на купол. При изменении нагрузки, (например при отсутствии снега) краевой эффект возникает, однако величина усилий в этом случае будет меньше, а знак их – обратным обычному: дополнительные кольцевые

усилия вблизи края скорлупы оболочки вызовут ее сжатие, а не растяжение, что благоприятно для сборной конструкции, ибо исключает необходимость в работах на растяжение сварных соединениях.

Чтобы обеспечить безмоментное состояние купола оболочек и тем самым уменьшить влияние краевого эффекта, рекомендуется сечение опорного кольца и напрягаемой арматуры подбирать следующим образом:

$$F_{sp} \geq N_k / R_{sp} \quad (1)$$

Усилие, обжимающее кольцо с учетом потерь:

$$N_{sp} = N_k (\sigma_{spo} - \sigma_{loss}) / R_{sp} \quad (2)$$

Приведенная площадь бетона опорного кольца, обеспечивающая безмоментное состояние оболочки,

$$F_{red} = (N_{sp} - N_k / k_n) k_n / \sigma_2 = [k_n F_{sp} (\sigma_{sp} - \sigma_{loss}) - N_k] / \sigma_2$$

(3)

Сечение опорного кольца, кроме того, должно быть проверено на обжатие напрягаемой арматурой до передачи на него растягивающей силы N_k от купола оболочки:

$$\sigma_{sp} = F_{sp} (\sigma_{sp} - \sigma_{loss1}) / F_{red} \leq k R_{bp},$$

(4)

Рассмотрим предварительно напряженное опорное кольцо оболочки, состоящее из железобетонного слоя (в том числе из бетонов на напрягающем цементе) и внешней напрягаемой арматурой, в виде фиктивного

$$\varepsilon_\sigma(t) = \frac{\sigma_{b\theta}(t) - \nu \sigma_{br}(t)}{E_\sigma(t)} - \int_{\tau_1}^t [\sigma_{b\theta}(\tau) - \nu \sigma_{br}(\tau)] K(t, \tau) d\tau + \int_0^{\sigma_{max}} f(\sigma) F[t(\sigma)] d\sigma$$

(5)

Подставляя в (5) выраженные через $n(t)$, $\sigma_{\theta\theta}(t)$ и $\sigma_{rr}(t)$ и принимая

$$E_\sigma(t) = E_\sigma = const,$$

$$n_{(t)} = A_\sigma E_\sigma C(t, \tau) \sigma_\sigma(\tau) / r,$$

(6)

Функция изменения напряжений в бетоне (функция релаксации) принимается в виде

$$H_\sigma(t, \tau_1, \mu) = \frac{\sigma_{\theta\theta}(t)}{\sigma_{\theta\theta}(\tau_1)};$$

(7)

Для тонкостенных конструкций влиянием σ_r по сравнению с σ_θ и

находится из условий равенства напряжений, действующих в кольце и в скорлупе оболочки:

внешнего обода, обжимающего железобетонную оболочку. Предполагается, что после изготовления цилиндрическое кольцо оболочки находится в состоянии обжатия (преднапряжение) в

некоторый момент времени τ_1 . До начала эксплуатации внутреннее усилие (напряжения) от внешних воздействий (нагрузок) в нем отсутствует. Радиальная деформация бетонного слоя при плоском напряженном состоянии согласно нелинейной теории ползучести бетона принимается в виде

перераспределением напряжений по сечению бетона можно пренебречь, а учитывать лишь перераспределение напряжений между бетоном и арматурой. Для толстостенных опорных колец влияние σ_r на деформации бетона потребовало бы учет неравномерности $\sigma_{\theta\theta}$ по сечению, который требует разделить бетонное сечение на слои, что существенно усложняет расчет. Для вывода формул, позволяющих установить перераспределение напряжений между бетоном, арматурой и облицовкой колец, требуется рассмотреть сечение оболочки. Из условия равновесия и совместности деформирования материалов, можно определить

начальные напряжения в бетоне $\sigma_{\theta}(\tau_1)$ и арматуре $\sigma_{sp}(\tau_1)$ и $\sigma_s(\tau_1)$. После завершения обжатия опорного кольца $(t) \tau_1$ с учетом ползучести бетона в сечении возникают напряжения:

$$\left. \begin{aligned} \sigma_{\theta}(t) &= \sigma_{\theta}(\tau_1) H_{\theta}(t, \tau_1, \mu); \\ \sigma_s(t) &= \sigma_s(\tau_1) H_s(t, \tau_1, \mu); \\ \sigma_{sp}(t) &= \sigma_{sp}(\tau_1) - \sigma_{sp}(t); \\ n(t) &= n(\tau_1) H_n(t, \tau_1, \mu); \end{aligned} \right\} \quad (8)$$

$\sigma_{sp}(t)$ – потери начальных напряжений вследствие ползучести бетона:

$$\sigma_{sp}(t) = \sigma_{sp}(\tau_1) [1 - H_n(t, \tau_1, \mu)]. \quad (9)$$

Зная характер изменения функции релаксации напряжений в бетоне, можно вычислить функцию изменения напряжений в опорной кольце, облицовке и обычной арматуре. Возникающие деформации можно рассматривать как стационарные вынужденные деформации,

$$\bar{\sigma}_{en}(\tau_2) = \bar{\sigma}_e(\tau_1) \{ \alpha A_2 - [1 - \alpha(1 - A_2)] H_{\theta}(\tau_2, \tau_1, \mu) \}, \quad (11)$$

$$\sigma_e(\tau_2) = A_2 \left\{ \alpha - \frac{[1 - \alpha(1 - A_2)]}{A_2} \cdot H_{\theta}(\tau_2, \tau_1, \mu) \right\} \sigma_{en}(\tau_1) +$$

$$\sigma_{sh}(\tau_2) \leq R_{bt}. \quad (12)$$

Анализ выполненных исследований показал, что максимальные растягивающие

действующие с момента $\tau_2 > \tau_1$, которые определяет через напряжения в облицовке колец σ_s и бетоне σ_{θ} , действующие перед моментом снятия нагрузки τ_2 .

Напряжения в бетоне в момент τ_2 выразятся в виде

$$\sigma_{\theta}(\tau_2) = [\sigma_{\theta}(\tau_1)] \frac{1 + \alpha_s \mu_s - \alpha_{sp} \mu_{sp}}{1 + \alpha_s \mu_s} \times [1 - H_{\theta}(\tau_2, \tau_1, \mu)]. \quad (10)$$

Растягивающие напряжения в бетоне, вызывающие при определенных условиях трещины в железобетонном элементе, уравниваются сжимающими напряжениями в облицовке колец и соответствующими давлениями $n(\tau_2)$ и $p(\tau_2)$. Напряжение в бетоне складывается из оставшейся части давления от преднапряжения $(1 - \alpha)n(\tau_2)$ и разности упругих деформаций облицовки колец и бетона в момент создания внутреннего давления $p(\tau_2)$.

Критерий трещинообразования бетона с учетом усадочных напряжений

напряжения возникают при $p(\tau_2) \geq n(\tau_2)$, а также при минимальном коэффициенте релаксации бетона $H_{\theta}(\tau_2, \tau_1, \mu)$, что, в



свою очередь, связано с наибольшей деформативной способностью бетона.

Литературы:

- 1) **Раззаков С.Р.** Составные железобетонные оболочки покрытий зданий в условиях длительной эксплуатации и сейсмических воздействий. Ташкент, издательство «Фан» Академии наук Республики Узбекистан, 2004.
- 2) **Горенштейн Б.В.** Железобетонные пространственные покрытия. Л., Стройиздат, 1976.
- 3) Asatov N., Tillayev M., Raxmonov N. Parameters of heat treatment increased concrete strength at its watertightness //E3S Web of Conferences. – EDP Sciences, 2019. – Т. 97. – С. 02021.
- 4) Sagatov B., Rakhmanov N. Strength of reinforced concrete elements strengthened with carbon fiber external reinforcement //Problems of Architecture and Construction. – 2019. – Т. 2. – №. 1. – С. 48-51.
- 5) Рахмонов Н. Э. Проблемы разработки отечественного синтетического пенообразователя //Academy. – 2020. – №. 11 (62). – С. 93-95.
- 6) Rahmonov N. E. Energiya samarador uylar qurilishini qishloq sharoitida ommalashtirish istiqbollari //Science and Education. – 2022. – Т. 3. – №. 2. – С. 169-174.