активности компонентов бетонной смеси и образование структуры мелкозернистого бетона с плотной, прочной упаковкой.

Таким образом, образование плотной структуры мелкозернистого бетона за счет пуццоланического эффекта аморфного кремнезема, содержащегося в нанодобавках и, как следствие, повышение гидратационной активности компонентов бетонной смеси позволяет получить наномодифицированный мелкозернитый бетон, отличающийся повышенной прочностью при сжатии и долговечностью.

Литература
1. Технология бетона. Учебник. Ю.М. Баженов - М.: Изд-во АСВ, 2007 - 528с.
2. Руководство по подбору составов тяжелого бетона / НИИЖБ.-М.: Стройиздат, 1979.- 103с., ил.
3. Шабанов Н.А., Саркисов П.Д. Основы золь-гель технологии нанодисперсного кремнезема.- М.: ИКЦ "Академкнига", 2004.- 208с.

УДК 621.863

ВЛИЯНИЯ КРАЕВЫХ ШПАНГОУТОВ НА ПРОГИБ СТЕНКИ ЦИЛИНДРИЧЕСКОЙ ОБОЛОЧКИ

Фидровская Н.Н.
Украинская инженерно-педагогическая академия, г. Харьков, Украина

Прогиб цилиндрической оболочки определен с учетом влияния жесткости заделки краев. При этом дается решение оболочки, нагруженной неравномерным внешним давлением.

Задача определения изгиба цилиндрической оболочки является достаточно сложной, над решением которой работали многие известные ученые, такие как В.З. Власов [1], С.Н. Кан [2], и др.

Теория расчета тонкостенных пространственных систем, разработанная В.З. Власовым, получила большое распространение и позволила определить напряженное состояние различных конструкций при небольших показателях изменяемости нагрузки.

Для более сложных нагрузочных схем вводились дополнительные условия и допущения, например, такие как отсутствие сдвигов в серединной тонкостенной конструкции и нерастяжимости оболочки в окружном направлении.

Имеющиеся решения получены для бесконечных оболочек, хотя влияние концов может быть значительным, особенно это касается коротких оболочек.

В реальных конструкциях краевые шпангоуты могут иметь конечную жесткость и в этом случае расчет на прочность оболочки должен это учитывать.

Рассмотрим цилиндрическую оболочку, шарнирно опертую по краям и имеющую в крайних сечениях упругие шпангоуты, а также нагруженную внешним давлением, которое действует по винтовой линии и изменяется по следующему закону

$$p = p_0 e^{-k\mu \frac{l-x}{h} 2\pi} \qquad (1)$$

где h-шаг винтовой линии;

l - длинна, на которой действует нагрузка;

k, μ -коэффициенты;

p_0 - максимальная нагрузка, действующая на рассматриваемую цилиндрическую оболочку.

Предположим, что закон изменения радиальных перемещений имеет вид:

$$w = \xi(x)\cos n\phi \qquad (2)$$

где $\xi(x)$ - статически неопределимая функция, переменная вдоль оси

ϕ - угол, отсчитываемый от вертикальной оси

n =2,3,4…- числа натурального ряда.

Неизвестная функция $\xi(x)$ может быть определена из решения уравнения Эйлера вариационной задачи. Для этого составляем выражение потенциальной энергии [3]

$$Г=\iint \left[\frac{1}{2} m_\phi \chi_\phi + \frac{1}{2} m_{xdop} \chi_x + m_{x\phi dop} \chi_{x\phi} + \frac{\delta}{2} \sigma_{xdop} \varepsilon_x + \frac{\delta}{2} \sigma_\phi \varepsilon_\phi - m_{\phi 0} \chi_\phi \right] R d\phi \qquad (3)$$

где m_ϕ -поперечный изгибающий момент

$$m_\phi = D\left(\chi_\phi + \nu \chi_x\right)$$

D- цилиндрическая жесткость

$$D = \frac{E\delta^3}{12\left(1-\nu^2\right)}$$

χ_ϕ - изменение кривизны в окружном направлении

$$\chi_\phi = -\frac{1}{R^2}\left(\frac{\partial^2 w}{\partial \phi^2} + w \right)$$

χ_x -изменение кривизны срединной поверхности в направлении образующих

$$\chi_x = -\frac{\partial^2 w}{\partial x^2}$$

m_{xdop} -дополнительные продольные изгибающие моменты

$$m_{xdop} = D\left(\chi_x + \nu\chi_\phi\right)$$

ν - коэффициент Пуассона

$m_{x\phi dop}$ -дополнительные крутящие моменты

$$m_{x\phi dop} = D\left(1-\nu\right)\chi_{x\phi}$$

$\chi_{x\phi}$ -величина относительного угла закручивания

$$\chi_{x\phi} = -\frac{1}{R}\left(\frac{\partial V}{\partial x} - \frac{\partial^2 w}{\partial\phi\partial x}\right)$$

v- касательные перемещения

σ_{xdop} -дополнительные нормальные напряжения

$$\sigma_{xdop} = E\frac{\partial u}{\partial x}$$

u- перемещения по оси x

σ_ϕ -кольцевые нормальные напряжения

$$\sigma_\phi = \frac{R}{\delta}\left(\frac{\partial Q_{xdop}}{\partial x} + \frac{\partial Q_\phi}{R\partial\phi}\right) + \frac{pR}{\delta}$$

ε_x -относительная деформация вдоль образующих

$$\varepsilon_x = \frac{\partial u}{\partial x}$$

ε_ϕ - относительная деформация в окружном направлении

$$\varepsilon_\phi = \frac{\sigma_\phi}{E} - \nu\frac{\sigma_{xdop}}{E}$$

Q_{xdop}, Q_ϕ -поперечные силы

$$Q_{xdop} = \frac{\partial m_{xdop}}{\partial x} + \frac{\partial m_{x\phi dop}}{R\partial\phi}$$

R-радиус оболочки

δ - толщина стенки оболочки

$$Q_\phi = \frac{\partial m_\phi}{R\partial\phi} + \frac{\partial m_{x\phi dop}}{\partial x}$$

$m_{\phi 0}\chi_{\phi} = pw$ -потенциал внешних сил

Так как в выражении для Г все усилия и деформации зависят от одной неизвестной функции $\xi\left(x\right)$ и ее производных, то уравнение Эйлера для вариационной задачи

$$\frac{\partial \Gamma}{\partial \xi\left(x\right)} - \frac{d}{dx}\left(\frac{\partial \Gamma}{\partial \xi^{1}\left(x\right)}\right) + \frac{d^2}{dx^2}\left(\frac{\partial \Gamma}{\partial^{11} \xi\left(x\right)}\right) - \ldots = 0 \tag{4}$$

Это уравнение приводит к разрешающему линейному дифференциальному уравнению четвертой степени.

$$\frac{d^4 \xi\left(x\right)}{dx^4} + a_1 \frac{d^2 \xi\left(x\right)}{dx^2} + a_2 \xi\left(x\right) = a_3 e^{-k\mu\frac{l-x}{h}2\pi} \tag{5}$$

где:

$$a_1 = \frac{\left(n^2 - 1\right)}{R^2}\left(2 - \frac{9}{2}\nu\right)$$

$$a_2 = \frac{1}{R^4}\left[\left(n^2 - 1\right)^2 + \frac{24\left(1 - \nu^2\right)}{\delta^2}\right]$$

$$a_3 = \frac{p}{D}$$

Решение этого дифференциального уравнения будет иметь вид

$$\xi(x) = e^{b\cos\beta x}\left[C_1\cos(b\sin\beta x) + C_2\sin(b\sin\beta x)\right] + e^{-b\cos\beta x}\left[C_3\cos(b\sin\beta x) + C_4\sin(b\sin\beta x)\right] + Ae^{-k\mu\frac{l-x}{h}2\pi} \tag{6}$$

где

$$A = \frac{a_3}{\left(\frac{2\pi k\mu}{h}\right)^4 + a_1\left(\frac{2\pi k\mu}{h}\right)^2 + a_2}$$

При наличии упругих краевых шпангоутов составляем граничные условия, которые учитывают равенство радиальных перемещений оболочки и шпангоута.

Постоянные интегрирования определяем из следующих граничных условий

Отсутствие нормальных напряжений

$$\frac{d^2\xi(x)}{dx^2}=0\text{, при } x=0,L$$

Равенство радиальных перемещений оболочки и шпангоута (естественное граничное условие смешанной вариационной задачи)

$$\frac{\partial\Gamma}{\partial\xi^{1}}-\frac{d}{dx}\left(\frac{\partial\Gamma}{\partial\xi^{11}}\right)+\frac{\partial\Gamma_k}{\partial\xi}=0 \quad \text{при } x=0,L$$

Где Γ_k -энергия краевого шпангоута

$$\Gamma_k=\oint\frac{M_k^{\,2}}{2EI_0}Rd\phi$$

$$M_k=EI_0\chi_\phi=\frac{EI_0\xi(x)D\left(n^2-1\right)}{D_kR^2}$$

EI_0 -жесткость на изгиб краевого шпангоута

$D_k=Ei_k$

где i_k -погонный момент инерции сечения краевого шпангоута вместе с обшивкой.

Совместное решение четырех уравнений позволяет определить коэффициенты C_1,C_2,C_3,C_4 в зависимости от размеров шпангоутов, установленных на краях оболочки и их жесткостных параметров.

Параметр жесткости краевого шпангоута может меняться от 0 до ∞. С увеличением жесткости краевых шпангоутов абсолютные величины дополнительных силовых факторов растут.

Следует иметь в виду, что повышение жесткости краевых шпангоутов вызывает рост дополнительных касательных и нормальных усилий, хотя и уменьшает значение кольцевых изгибающих моментов m_ϕ.

Поэтому в каждом конкретном случае следует оценить, насколько уменьшаются изгибные кольцевые моменты и насколько увеличиваются нормальные и касательные усилия. Может оказаться, что целесообразней ставить краевые шпангоуты менее жесткими.

Как показывают расчеты, переход от шарнирного опирания достаточно длинной оболочки к жесткой заделке ее концов вызывает увеличение потоков дополнительных касательных усилий у краевых шпангоутов в два раза.

Литература
1. Власов В.З., Тонкостенные пространственные конструкции. Гостройиздат,1958.
2. Кан С.Н. Строительная механика оболочек. М. Машиностроение, 1966.
3.Фідровська Н.М. Циліндрична оболонка під дією вісі несиметричного тиску. Науковий вісник будівництва, ХДТУБА, -2008-№47.- с.151-155.

УДК 691.316

ОТХОДЫ ДРОБЛЕНИЯ ГОРНЫХ ПОРОД, КАК КРЕМНЕЗЁМИСТЫЙ КОМПОНЕНТ В ПРОИЗВОДСТВЕ СИЛИКАТНОГО КИРПИЧА

Кузнецова Г.В., Голосов А.К., Морозова Н.Н.
Казанский государственный архитектурно-строительный университет

Рассматривается вопрос применения отсевов дробления горных пород, с содержанием оксида кремнезёма более 40% в качестве кремнезёмистого компонента при изготовлении силикатного кирпича. Фракционный состав искусственных песков имеет непрерывную гранулометрию, повышенное содержание пылевидных частиц и позволяет применить «прямую» технологию производства силикатных материалов.

Строительный песок является непременной составляющей практически всех строительных материалов. Рост темпов жилищного, гражданского, промышленного и дорожного строительства, производства железобетонных конструкций и других материалов обуславливает рост потребности в строительном песке. Однако, добыча природных песков часто приводит к нарушению экологии регионов, экосистемы берегов рек, размыву пляжей, образованию оползней, выходу грунтовых вод на поверхность и другим неблагоприятным факторам. При разработке карьера организации платят налог на добычу и проводят мероприятия по охране окружающей среды, но вред, нанесенный природе, не поддается денежному исчислению [1].

В настоящее время в связи с ростом объемов дорожного и высотного строительства, интенсивно разрабатываются большие запасы прочных и высокопрочных скальных горных пород (габброгранитов, кварцитов и др.) и развивается производство щебня. Объем его производства по отдельным регионам в 2012 г. достигал 11 млн. м^3 [2].

В тоже время огромное количество образуемых при переработке горных пород - отсевов дробления, которые используются не в полной мере и зачастую складируются в отвалах и загрязняют окружающую среду [3].