

Направленное ориентирование фибр в бетоне обеспечивает однородные свойства и более предсказуемый характер деформирования.

При неравномерном армировании возможны варианты, когда в ослабленной трещиной зоне находится меньшее либо большее количество фибр. В первом случае прочностные параметры будут ниже средне статистических показателей прочности характерных для данной дозировки армирующих волокон, во втором случае показатели будут отличаться в лучшую сторону.

Из приведенного следует, что наиболее перспективным является неравномерное направленно-ориентированное армирование, при котором обеспечивается усиленное армирование участков наиболее подверженных предельным изгибающим усилиям.

Таким образом, с увеличением неравномерности действующей нагрузки и ее интенсивности должен возрастать процент армирования фибробетона волокнами. Актуальным становится поиск решения задачи регулируемого дозирования фибр и их направленного ориентирования в смеси. Данные вопросы носят технологический характер и могут быть решены путем изменения технологии, связанной с процессом ввода фибр в смесь.

УДК 622.28

Соловьева О.А., Гудкова Е.Г. Тульский государственный университет, Россия

НАПРЯЖЕННОЕ СОСТОЯНИЕ МАССИВА ПОРОД ВОКРУГ НЕКРУГОВОЙ ВЫРАБОТКИ ПРИ ДЕЙСТВИИ ВЕРТИКАЛЬНОЙ РАВНОМЕРНОЙ НАГРУЗКИ, ЛОКАЛЬНО РАСПРЕДЕЛЕННОЙ ПО ЧАСТИ КОНТУРА

С целью определения напряженного состояния массива пород вокруг некруговой выработки при действии вертикальной равномерной нагрузки, локально распределенной по части ее подошвы, рассматривается плоская задача теории упругости о равновесии бесконечной линейно-деформируемой среды, ослабленной отверстием произвольной формы, при действии вертикальной нагрузки, равномерно распределенной по части контура (расчетная схема приведена на рис. 1.

Здесь среда S_0 моделирует массив, упругие свойства которого характеризуются коэффициентом Пуассона ν_0 .

Граничные условия на контуре L_1+L_2 имеют вид:

$$\sigma_x = p(t) = \begin{cases} 0 & \text{на } L_1 \\ -P & \text{на } L_2 \end{cases}, \quad \tau_{xy} = 0 \quad (1)$$

где P - вертикальное давление.

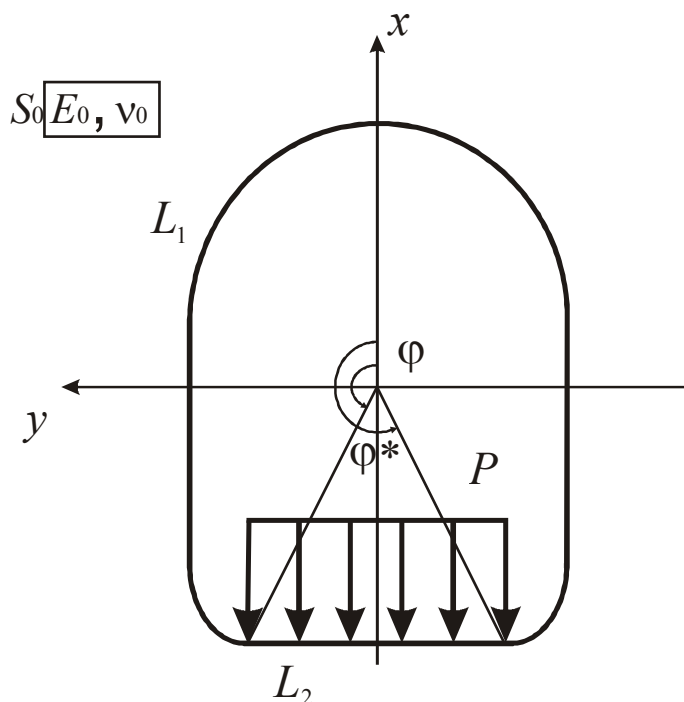


Рис. 1. Расчетная схема

Решение поставленной задачи теории упругости получено с использованием математического аппарата теории аналитических функций комплексного переменного, конформных отображений и комплексных рядов.

С этой целью вводятся комплексные потенциалы $\varphi(z), \psi(z)$, связанные с напряжениями известными формулами Колосова – Мусхелишвили [1].

Граничные условия (1) принимают вид:

$$\varphi(t) + t\overline{\varphi'(t)} + \overline{\psi(t)} = f(t), \quad (2)$$

где

$$f(t) = i \int p(t) \frac{dt - d\bar{t}}{2i} = \frac{1}{2} \int p(t)(dt - d\bar{t}) \quad (3)$$

Далее, с помощью рациональной функции вида

$$z = \omega(\zeta) = \sum_{v=0}^{n-1} q_v \zeta^{1-v} \quad (4)$$

производится конформное отображение внешности круга в плоскости переменного ξ на внешность контура в плоскости z .

Принимая во внимание, что на контуре L_1+L_2 имеет место представление $t = \omega(\sigma)$, запишем $p(t) = p[\omega(\sigma)] = p(\sigma)$. Это позволяет разложить функцию $p(\sigma)$ в ряд Фурье:

$$p(\sigma) = A_0 + \sum_{k=1}^{\infty} (A_k \sigma^k + B_k \sigma^{-k}) \quad (6)$$

где

$$\begin{aligned} A_0 &= \frac{P}{2\pi i} (\theta^* - \theta), \\ A_k &= \sum_{k=1}^{\infty} -\frac{P}{2\pi i k} (e^{-k\theta^*} - e^{-k\theta}), \\ B_k &= \sum_{k=1}^{\infty} -\frac{P}{2\pi k} (e^{ik\theta^*} - e^{ik\theta}). \end{aligned} \quad (7)$$

Здесь θ и θ^* - полярные углы в преобразованной области ζ , соответствующие углам φ и φ^* началу и концу распределенной нагрузки P .

В свою очередь, после подстановки выражений (4) и (6) в соотношение (3) удается получить

$$f(t) = -\frac{P}{4\pi} \left(\sum_{k=-\infty}^{\infty} {}^*D_k \sigma^k + D_0 \ln \sigma \right) \quad (8)$$

здесь знак «*» означает, что в процессе суммирования член при $k=0$ исключается, коэффициенты D_k ($k=0, \pm 1, \pm 2, \dots$) определяются по формулам

$$\begin{aligned} D_0 &= \sum_{k=-\infty}^{\infty} \sum_{v=0}^{n+1} [\lambda_{k,v-1} q_v (l-v) + \lambda_{k+v,l} \bar{q}_v (v-l)], \\ D_k &= \frac{l}{k} \sum_{v=0}^{n+1} [\bar{q}_v B_{k-v+1} (v-l) + q_v B_{k+v-l} (l-v)], \\ D_{-k} &= -\frac{l}{k} \sum_{v=0}^{n+1} [q_v B_{v-k-l} (l-v) + \bar{q}_v (v-l) B_{l-k-v}]. \end{aligned} \quad (9)$$

Поскольку главный вектор действующей нагрузки в рассматриваемой задаче равен $X + iY = \frac{PD_0}{2}$, искомые комплексные потенциалы представляются в виде:

$$\begin{aligned} \tilde{\varphi}(\zeta) &= \varphi(\zeta) + \frac{PD_0}{4\pi(1+\varkappa)} \ln \zeta \\ \tilde{\psi}(\zeta) &= \psi(\zeta) - \varkappa \frac{PD_0}{4\pi(1+\varkappa)} \ln \zeta \end{aligned} \quad (10)$$

где функции $\varphi(\zeta), \psi(\zeta)$, регулярные в области S_0 , представляются в виде рядов:

$$\varphi(\zeta) = \sum_{k=1}^{\infty} a_k \zeta^{-k}, \quad (11)$$

$$\psi(\zeta) = \sum_{k=0}^{\infty} b_k \zeta^{-k},$$

здесь a_k, b_k - коэффициенты, подлежащие определению.

Далее, после подстановки выражений (10), (11) и (8) в граничное условие (2) и преобразований, выполненных следуя работе [2], удастся прийти к бесконечной системе линейных алгебраических уравнений относительно неизвестных коэффициентов a_k, b_k .

В результате решения соответствующим образом укороченной системы находятся искомые коэффициенты, а из соотношений (10) – комплексные потенциалы. После чего определяются напряжения в среде S_0 по формулам [1]:

$$\begin{aligned} \sigma_\rho &= \frac{1}{|\omega'(\zeta)|^2} \operatorname{Re} \left\{ 2\tilde{\varphi}(\zeta)\bar{\omega}'(\zeta) - \frac{\zeta^2}{\rho^2} \left[\bar{\omega}(\zeta)\tilde{\varphi}'(\zeta) - \bar{\omega}(\zeta)\frac{\omega''(\zeta)}{\omega'(\zeta)}\tilde{\varphi}'(\zeta) + \omega'(\zeta)\tilde{\psi}'(\zeta) \right] \right\}, \\ \sigma_\theta &= \frac{1}{|\omega'(\zeta)|^2} \operatorname{Re} \left\{ 2\tilde{\varphi}(\zeta)\bar{\omega}'(\zeta) + \frac{\zeta^2}{\rho^2} \left[\bar{\omega}(\zeta)\tilde{\varphi}''(\zeta) - \bar{\omega}(\zeta)\frac{\omega''(\zeta)}{\omega'(\zeta)}\tilde{\varphi}'(\zeta) + \omega'(\zeta)\tilde{\psi}'(\zeta) \right] \right\}, \\ \tau_{\rho\theta} &= \frac{1}{|\omega'(\zeta)|^2} \operatorname{Im} \left\{ \frac{\zeta^2}{\rho^2} \left[\bar{\omega}(\zeta)\tilde{\varphi}''(\zeta) - \bar{\omega}(\zeta)\frac{\omega''(\zeta)}{\omega'(\zeta)}\tilde{\varphi}'(\zeta) + \omega'(\zeta)\tilde{\psi}'(\zeta) \right] \right\}. \end{aligned}$$

На основе представленного решения составлен полный алгоритм и в настоящее время ведется разработка программного обеспечения.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Мусхелишвили Н.И. Некоторые основные задачи математической теории упругости. – М. Наука, 1996. – 708 с.
2. Фотиева Н.Н. Расчет обделок туннелей некругового поперечного сечения. - М.: Стройиздат, 1974. -240 с.

УДК 622.258

Борщевский С.В., д.т.н., проф., Торубалко Д.Т., студ, ДонНТУ, Донецк, Украина, Тюткин А.Л., к.т.н., доц., ДНУЖТ им. Лазаряна, Днепрпетровск, Украина

КОНЕЧНО-ЭЛЕМЕНТНАЯ МОДЕЛЬ СОПРЯЖЕНИЯ СТВОЛА

Целью данного исследования является определение напряженно-деформированного состояния (НДС) моделей системы «ствол – горизонтальная выработка» при взаимодействии крепления со слоистым деформативным мас-