

ОЦЕНКА НАПРЯЖЕННОГО СОСТОЯНИЯ КОМПОЗИТОВ И ГОРНЫХ ПОРОД

Дорофеев В.С.

Одесская государственная академия строительства и архитектуры

Приведена методика оценки напряженного состояния композиционных материалов и горных пород с одиночными и групповыми включениями и их взаимовлияния в зависимости от начального поля напряжений.

Многообразие структурных уровней строительных материалов и горных пород с качественно отличными механизмами их организации ставит задачи изучения взаимовлияния структур [1].

Физико-механические свойства строительных материалов в значительной мере зависят от степени дефектности их структуры. Дефекты в строительных материалах и конструкциях, а также в горных породах можно подразделить на технологические и эксплуатационные. К дефектам горных пород можно отнести одиночные и групповые выработки (в г. Одессе катакомбы).

К технологическим дефектам относятся дефекты, образованные в процессе технологической переработки материала в изделие. Эксплуатационные дефекты образуются от действия эксплуатационных нагрузок и воздействий. Каждый вид дефектов имеет собственную историю развития от зарождения до превращения в необратимо развивающуюся трещину.

Полиструктурность строительных материалов и конструкций проявляется при проведении экспериментальных исследований. При различных уровнях нагружения поведение композитных материалов существенно отличается. При малых уровнях нагрузки преобладают процессы, связанные с перераспределением начальных напряжений, возникших от действия технологических факторов и концентрацией напряжений от внешних воздействий на включениях.

Эти процессы приводят к переходу технологических микроповреждений в эксплуатационные:

На средних уровнях нагружения поведение конструкций из композитных материалов характеризуется взаимодействием, объединением и развитием микродефектов с возникновением видимых трещин. При нагрузках, близких к разрушающим, происходит перераспределение напряжений между структурными блоками в конструкции.

Количественное соотношение между указанными стадиями определяется свойствами материала, характером прилагаемых усилий и воздействий и другими факторами [1].

Подобные задачи сводят к расчету напряжений вокруг включений и выработок с концентрацией напряжений на границах. Под включением понимаем зоны материала с измененными свойствами [1,3,4,5]. Это позволяет использовать соотношения линейной теории упругости для плоского напряженного состояния - аппарат теории функций комплексного переменного Колосова-Мусхелишвили [2]. Применение этого аппарата дает возможность получить числовые результаты компонент напряжений и перемещений вокруг включений и выработок для любых характеристик материалов, форм включений и внешних воздействий. Появление микротрещин, свидетельствующих о нелинейной стадии работы материала, исключается из рассмотрения.

Для оценки напряженного состояния композитных материалов и горных пород, вызванного внешним воздействием определения смещений необходимо из общего поля напряжений и смещений, вычесть начальное поле напряжений и смещений, соответствующее начальному напряженному состоянию. Начальное поле напряжений и смещений формируется вследствие усадки материалов либо цельного массива в горных породах.

Для описания наследственных дефектов, характера их взаимодействия принята модель, описывающая распределение напряжений в композите. Рассматривается бесконечное изотропное упругое тело с регулярным кольцом круговых включений. Упругие свойства материалов ядер и матрицы

отличаются друг от друга и описываются модулем упругости E и коэффициентом Пуассона ν , либо константами Ляме λ и μ , которые связаны с E и ν соотношениями $\lambda = E\nu / (1 + \nu)(1 - 2\nu)$ и $\mu = E / 2(1 + \nu)$. Кроме них, вводится упругая постоянная $\chi = 3 - \nu / 1 + \nu$.

Обозначим Ω - пересечение комплексной плоскости xOy с матрицей, Ω_r ($r = 0, 1, \dots, n - 1$) - область занимаемую r -м ядром, Γ_r - границу между ядром Ω_r и областью Ω (рис. 1).

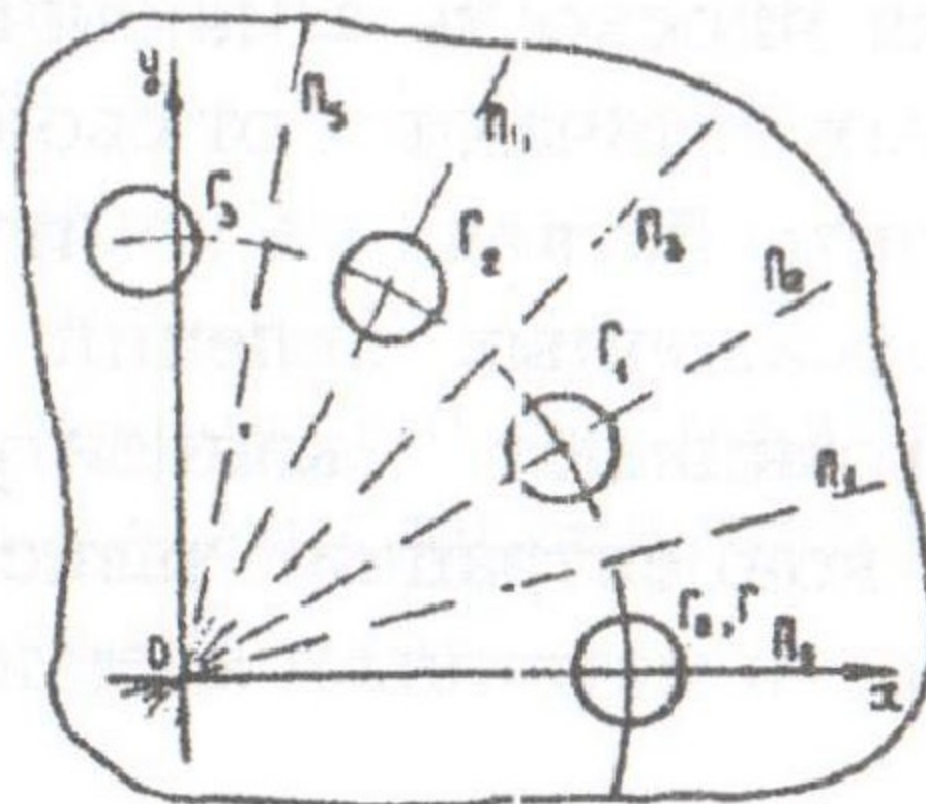


Рис. 1. Модель расчета с регулярным кольцом круговых включений.

Напряжения и перемещения подсчитываются с помощью аналитических функций [1].

В качестве примера изображены эпюры напряжений $\sigma_r / \mu \Delta$ на контурах кольца с пятью абсолютно жесткими ядрами. Коэффициент Пуассона материала матрицы принят 0,33. Линии 1 и 2 отвечают значениям ширины перемычки между отверстиями соответственно $\alpha = 0,3$ и $\mu = 0,7$ (рис. 2).

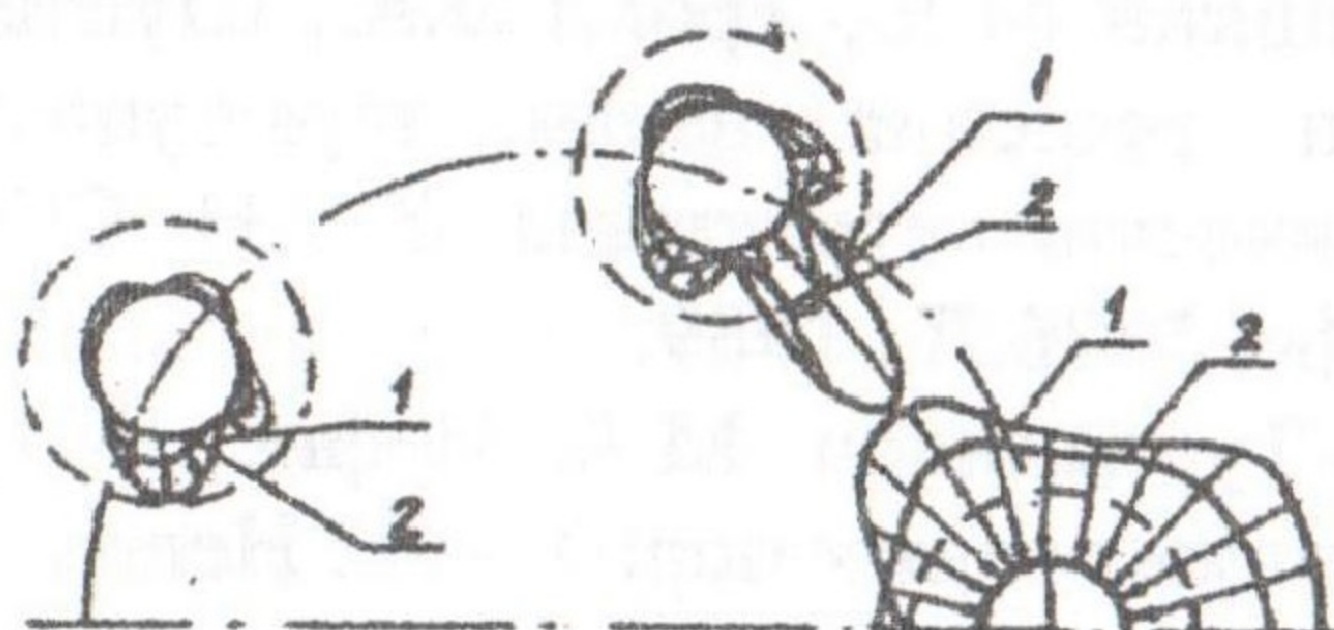


Рис.2. Эпюры напряжений на контурах кольца.

В ходе вычислений фиксировались параметры материала матрицы ($\kappa = 2$, $\mu = 0,4$), что соответствует материалу с единичным модулем упругости и коэффициентом Пуассона 0,3.

Выводы

1. Одна из моделей, позволяющая учесть структурные неоднородности композиционных строительных материалов и оценить концентрацию напряжений на них - эта бесконечная плоскость с циклическим кольцом ядер, свойства которых отличаются от свойств плоскости.
2. При внешних воздействиях на композиционный материал и вследствие усадочных явлений в нем на границах включений возникают концентрации напряжений. Коэффициент концентрации зависит от соотношения модулей упругости матрицы и ядер и от расстояния между ядрами.

Литература

1. В.С. Дорофеев, В.Н. Выровой Технологическая поврежденность строительных материалов и конструкций. - О.: Город мастеров, 1993. - 168с.
2. Мусхелишвили Н.И. Некоторые основные задачи математической теории упругости. - М.: Наука, 1966. - 707с.
3. Савин Г.Н. Распределение напряжений около отверстий. Киев: Наукова думка, 1968. - 887с.
4. Бурыйкин М.Л., Тропп Э.А., Шупта В.П. Эффективный метод решения задач термоупругости для дисков циклической структуры // АН СССР, ФТИ им. А.Р. Иоффе, 1336.Л., 1989.
5. И.А. Турчанинов, М.А. Иофис, Э.В. Каспарьян Основы механики горных пород. - Л.: Недра, 1989, - 488с.