

## Математическое моделирование распространения трещины в изгибаемых железобетонных элементах

Талгат АЗИЗОВ,<sup>1,2</sup> Вера КОЛМАКОВА<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Уманский государственный педагогический университет имени Павла Тычины, Умань, Украина<sup>2</sup>

taljat999@gmail.com, kolmakova@udpu.edu.ua

Экспериментальными исследованиями показано, что при чистом изгибе железобетонных элементов разрушение происходит в результате выкалывания призмы, находящейся в сжатой зоне. При этом нормальная трещина, первоначально идущая перпендикулярно оси балки, упираясь в сжатую зону, отклоняется под некоторым углом к горизонтали. По какой причине происходит изменение направления трещины, а также угол наклона траектории описаны авторами в [1].

Дальнейшее развитие трещины происходит уже не по трещине отрыва, а по трещине скольжения. Для того, чтобы расчетным путем проследить развитие трещины предлагается итерационный процесс. При этом на каждой итерации следует определять коэффициенты интенсивности напряжений первого и второго рода, новые углы отклонения трещины от предыдущего направления, а также их длины. Такое пошаговое изменение направления и длины трещины приведет к тому, что в итоге трещина выйдет на сжатую грань изгибаемого элемента и тем самым у расчетчика окажутся известными все геометрические параметры области, которая и является той самой призмой выкалывания. Зная размеры области и действующие по ее граням напряжения, нетрудно определить ее напряженно-деформированное состояние и, используя теории прочности, определить критерий разрушения, по которому и произойдет разрушение всего элемента.

Для изучения вопроса дальнейшего продвижения трещины следует исследовать зону предразрушения. В современной механике разрушения при расчетах пластических полос популярно использование модели Леонова-Панасюка-Дагдейла [2-3]. В качестве критерия выбора ориентации зоны предразрушения и направления сдвига трещины предлагается взять условие максимума скорости диссипации энергии в зоне, а за критерий сдвига взять условие достижения раскрытия трещины критического значения. Такого рода межфазные трещины (с трением берегов или без него), известные как модель М. Комниноу, исследовали Антипов Ю.А., Лобода В.В., Острик В.И., Anderson P., Atkinson C., Comninou и другие. Разрыв межчастичных связей на границе раздела при распространении трещины приводит к разгрузке материала в ее окрестности, и как следствие, к превращению трещины сдвига с контактирующими берегами в трещину с берегами, свободными от нагрузки, которая описывается классической моделью межфазной трещины, предложенной в 60-х годах прошлого века в работах M.L. Williams, A.H. England, Г.П. Черепанова. Исследования в этом направлении позволят определить вышеописанные углы наклона и длины зоны предразрушения на всех шагах итерации при решении поставленной задачи.

Коэффициенты интенсивности напряжений (КИН) могут быть определены с использованием программ Ansys, Lira и т.п. Аналитическое определение КИН представляет достаточно сложную и порой невыполнимую задачу. Это связано с тем, что трещина в общем случае на определенном шаге итераций имеет произвольную форму и направление. Определение КИН с помощью программ не представляет трудностей.

Актуальность полученных в работе результатов заключается в углубленном изучении задачи развития нормальной трещины и изменения ее направления с позиций механики разрушения, что описывает реальную суть происходящих в зоне над нормальной трещиной физических процессов и позволит исследователям, инженерам и проектировщикам более достоверно определять напряжения и деформации в сжатой зоне

изгибаемых железобетонных элементов. В перспективе разработанные рекомендации могут быть использованы как в практике проектирования, так и среди ученых, занимающихся вопросами прочности и трещиностойкости композитных конструкций.

**Литература.** 1. Азизов Т.Н. Напряженное состояние сжатой зоны над нормальной трещиной при чистом изгибе железобетонного элемента / Т.Н. Азизов, М.В. Дудик, В.А. Колмакова // Вестник Одесской государственной академии строительства и архитектуры. Вып. 46. – Одесса, 2012. – С.9-16. 2. Dugdale D. Yielding of steel sheets contains slits // J. Mech. and Phys. Solids. – 1960. - V. 8, № 2. – P. 100-104. 3. Леонов М.Я., Панасюк В.В. Развитие мельчайших трещин в твердом теле // Прикладная механика. - 1959. - Т. 5, №4. - С. 391-401.