

Лазовский Д. Н., Глухов Д. О., Лазовский Е. Д.

МОДЕЛИРОВАНИЕ РАБОТЫ ЖЕЛЕЗОБЕТОНА С ТРЕЩИНАМИ ПРИ ИЗГИБЕ

Введение. В изгибаемом железобетонном элементе до появления трещин в бетоне сопротивление растяжению оказывает бетон и продольная арматура. Относительные деформации растянутого бетона и арматуры, благодаря сцеплению между ними, равны между собой. С увеличением нагрузки в зоне максимальных изгибающих моментов на наиболее ослабленных участках (вследствие неоднородности структуры бетона и частично арматуры) растягивающие относительные деформации в бетоне приближаются к предельным и появляются трещины. В сечении с трещиной и вблизи него сцепление нарушается, растягивающие усилия воспринимаются арматурой. После образования трещины напряжения (относительные деформации) по краям трещины в бетоне становятся равными нулю, и возникает разность относительных деформаций бетона и арматуры. В соответствии с законом сцепления [1, 2] эта разность деформаций на расстоянии L от трещины уменьшается до нуля или до области, где относительные деформации в бетоне достигают предельных значений на растяжение. Если разбить участок сдвига арматуры и бетона растянутой зоны на ряд элементарных фрагментов, то на каждом i -м фрагменте участка сдвига разность относительных деформаций имеет значение, что определяет в арматуре дополнительное напряжение. Величина дополнительного напряжения изменяется по длине растянутого бетонного блока в зависимости от его значения в поперечном сечении с трещиной и значения взаимного сдвига арматуры и бетона.

Моделирование напряженно-деформированного состояния железобетона после образования трещин. Дополнительное напряжение в арматуре, обусловленное возникшей разностью относительных деформаций между растянутой арматурой и бетоном, приводит к новому равновесному состоянию попе-

речного сечения под нагрузкой. В [3] это явление называется «дополнительным состоянием». Приращение напряжений в растянутой арматуре после погашения обжатия в бетоне (сразу после появления трещины) обусловлено передачей дополнительного усилия на арматуру с треснувшего бетона [4].

В деформационной модели влияние дополнительного напряжения в арматуре предлагается учитывать, задавая соответствующее дополнительное напряжение (относительные деформации) арматурным стержням (аналогично моделированию предварительного напряжения арматуры) и анализируя состояние поперечного сечения в предыдущем моменте трещинообразования (рисунок 2). Важным эффектом в поперечных сечениях без трещины с дополнительным напряжением в растянутой арматуре является повышение изгибающего момента трещинообразования при увеличении нагрузки и, соответственно, повышение изгибной жесткости соседних с трещиной участков.

Заключение. На основе деформационных расчетных моделей поперечного сечения и блочной железобетонного элемента предложена модель учета работы растянутого бетона между трещинами наложением дополнительного напряжения в арматуре, обусловленного возникшей разностью относительных деформаций между растянутой арматурой и бетоном при образовании трещины.

Разработанная модель работы железобетона с трещинами позволяет получать параметры его напряженно-деформированного состояния в любом поперечном сечении по длине при действии изгибающего момента и продольного усилия.

Список цитированных источников

1. СЕВ-FIB Model Code for Concrete Structures. – 2010.
2. Бетонные и железобетонные конструкции: (СП 5.03.01-2020). – Минск. –2020. – 236 с.
3. Холмянский, М. М. Бетон и железобетон: Деформации и прочность / М. М. Холмянский – М.: Стройиздат, 1997. – С. 423–425.
4. Байков, В. Н. Железобетонные конструкции. Общий курс, учеб. для вузов / В. Н. Байков, Э. Е. Сигалов. – 5-е изд., перераб. и доп., М.: Стройиздат, 1991. – 767 с.
5. Карпенко, С. Н. Модели деформирования железобетона в приращениях и методы расчета конструкций: Автореферат дисс... докт. техн. наук. – Москва.-Научно-исследовательский институт строительной физики Российской академии архитектуры и строительных наук, 2010. – 48с.
6. Статически неопределимые железобетонные конструкции. Диаграммные методы автоматизированного расчета и проектирования: (методическое пособие). – Москва: Министерство строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации, 2017. – 197 с.
7. Мурашев, В. И. Трещиностойчивость, жесткость и прочность железобетона / В. И. Мурашев. – М.: Машстройиздат, 1950.- 268 с.
8. Немировский, А. М. Исследование напряженно-деформированного состояния железобетонных элементов с учетом работы растянутого бетона над трещинами и пересмотр на этой основе теории расчета деформаций и раскрытия трещин / А. М. Немировский // Прочность и жесткость железобетонных конструкций: Сб. трудов / Под ред. А. А. Гвоздева. – М. : Стройиздат, 1968.– С. 152–173.