Построение диаграммы «напряжения-деформации» бетона в условиях пассивного бокового обжатия

И.В. Резван, Д.Р. Маилян, А.В. Резван

РГСУ (Ростов-на-Дону)

За прошедшее столетие трубобетонные колонны прочно вошли в список наиболее часто используемых видов вертикальных несущих конструкций. Благодаря таким преимуществам как прирост в несущей способности до 35% и более вследствие упрочнения бетонного ядра, обжатого оболочкой, а также отказ от опалубочных и арматурных работ, а соответственно и упрощение процесса бетонирования при отсутствии внутреннего арматурного каркаса, повышение скорости производства работ и снижение издержек многие зарубежные конструкторы склоняются к использованию трубобетонных колонн. В России массовое внедрение этих конструкций сдерживают две проблемы: необходимость компенсации [4,5,6] дилатационного эффекта и высокие деформации вблизи предела несущей способности [1,3,5,6].

Рис. 1. Графики экспериментальных зависимостей напряжений и продольных деформаций для образцов в стальных оболочках, рассеченных на кольца.

В настоящее время отсутствуют аналитические зависимости, позволяющие определять продольные деформации центрально сжатых трубобетонных колонн в зависимости от приложенной нагрузки без использования итерационных методов расчета и ЭВМ [1]. Первым шагом в этом направлении представляется поиск обобщенных зависимостей для построения диаграмм «напряжения – деформации» бетона в условиях пассивного бокового обжатия, когда величина обжатия является исключительно функцией продольного нагружения бетона, масштабного фактора, прочностных и деформативных характеристик материалов. В ходе экспериментальных исследований рассматривалась работа под нагрузкой бетонных цилиндров (ПЦ ТБК8, НЦ ТБК8, НЦ ТБК6, МНЦ ТБК8,), заключенных в обойму из стальных колец с постоянным наружным диаметром D=102мм и пределом текучести Rс=345МПа. Цилидровая прочность бетона на сжатие составляла для ПЦ Rb=62,5МПа, НЦ Rb=50,5МПа, МНЦ Rb=46МПа, толщина стенки колец 6 и 8 мм соответственно.

Рис. 1 иллюстрирует, утверждение о влиянии масштабного фактора, прочностных и деформативных характеристик материалов на деформативность бетона в направлении нагружения. Кроме того, очевидно сходство полученных кривых с криволинейными диаграммами деформаций бетона в условиях одноосного нагружения.

Рис. 2. Графики экспериментальных зависимостей напряжений и продольных деформаций для образцов в стальных обоймах, рассеченных на кольца.

Для удобства дальнейшего анализа данных выполнен переход к относительным величинам таким, как: приведенные нормальные напряжения для рассматриваемых образцов, равные приведенной нагрузке, и приведенные деформации (рис.2):

Аналогично трехлинейной диаграмме состояния сжатого бетона при одноосном напряженном состоянии в соответствие c п. 5.1.18 [7] представляется возможность сформулировать правила построения трехлинейных диаграмм состояния трехосно-сжатого бетона при отсутствии продольных усилий в оболочке, выполняющей исключительно роль обоймы, при различных коэффициентах поперечных деформаций, приводящих к проявлению дилатационного эффекта.

Как видно из рис. 2 при рассмотрении взаимосвязи между величинами приведенных продольных деформаций и напряжений при некотором расхождении кривых на начальных этапах деформирования в точке аналогичной той, что указана в [7]:

или

кривые образуют единый тренд вплоть до достижения разрушающей нагрузки. Таким образом, данную точку необходимо принять за границу первого и второго участка трехлинейной диаграммы, а точку соответствующую достижению бетоном предела прочности Rb,3 аналогично рекомендациям для одноосного нагружения за границу второго и третьего участков, т.к. при незначительном превышении предела прочности обжатый бетон будет способен претерпевать значительные необратимые пластические деформации:

Для перехода от приведенных единиц к абсолютным или относительным (для деформаций) необходимо ввести понятие начального модуля упругости в условиях бокового обжатия:

Однако, если для одноосного сжатия величину начального модуля упругости можно было упрощенно назначить как

то для трехосного сжатия количество переменных значительно возрастает

где – радиус бетонного ядра.

По тренду, наблюдаемому по экспериментальным данным, можно предположить, что при постоянных трех из четырех величин переменная оказывает следующее влияние на величину начального модуля упругости:

Экспериментальное определение величины начального модуля упругости при варьировании указанными факторами в широких приделах позволит построить соответствующую эмпирическую зависимость, что обосновывает актуальность дальнейших исследований в данном направлении.

Кроме того, в приведенных координатах представляется возможным построить нелинейную зависимость напряжений и деформаций, позволяющую при известном пределе прочности построить соответствующие диаграммы в абсолютных значениях, экспериментально получив значение деформаций соответствующее любому уровню нагружения :

Величины начальных модулей упругости для рассмотренных групп образцов и координаты точек трехлинейных диаграмм приведены в табл. 1.

Таблица 1

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Группа образцов | , ГПа | \*10-5 при | \*10-5 при | \*10-5 при | , МПа при | МПа при |
| ПЦ ТБК8 | 32,09 | 579,3 | 2574,8 | 3347,2 | 185,92 | 309,87 |
| НЦ ТБК8 | 23,05 | 739,5 | 3286,5 | 4272,5 | 170,43 | 284,05 |
| НЦ ТБК6 | 16,04 | 881,9 | 3919,7 | 5095,6 | 141,47 | 235,79 |
| МНЦ ТБК8 | 20,31 | 788,3 | 3503,6 | 4554,7 | 160,10 | 266,84 |

\*значение принято условно для обозначения площадки текучести, приведенные деформации на которой могут быть значительно выше при условии сохранения устойчивости образца и открытых деформационных швах между кольцами обоймы.

В связи с четко выраженной криволинейностью экспериментальных диаграмм состояния неравномерно трехосно сжатого бетона рассмотренных в табл. 1 групп образцов построение двухлинейных диаграмм по рекомендациям [7] представляется нецелесообразным, т.к. это приведет к значительной погрешности при определении деформативности элемента в сторону запаса жесткости в продольном направлении.

Литература

1. Кришан А.Л. Трубобетонные колонны с предварительно обжатым ядром: монография Ростов-на-Дону: Рост. гос. строит. ун-т, 2011. 372с.
2. Несветаев Г.В., Резван И.В. Оценка прочности трубобетона // Фундаментальные исследования. – 2011. – №12. – С. 580 – 583.
3. Резван И.В. Расчет прочности центрально-сжатых трубобетонных элементов // Современные проблемы науки и образования. – 2012. – № 1.
4. Резван И.В. Самоуплотняющийся высокопрочный напрягающий бетон для трубо-бетонных колонн // Строительные материалы. – 2012. – № 6. – С. 60 - 62.
5. Резван И.В., Маилян Д.Р. Несущая способность бетонного ядра трубобетонных колонн // Вестник Майкопского государственного технологического университета. – 2011. – №3. – С. 18 – 25.
6. Резван И.В., Маилян Д.Р., Блягоз А.М. Методика оптимизации сечения центрально-сжатого трубобетонного элемента // Вестник Майкопского государственного технологического университета. – 2011. – №4. – С. 18 – 25.
7. СП-52-101-2003 Бетонные и железобетонные конструкции без предварительного напряжения арматуры.