

УДК 624.012  
ОСОБЕННОСТИ РАБОТЫ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ КОНСТРУКЦИЙ  
В УСЛОВИЯХ МАЛОЦИКЛОВОГО НАГРУЖЕНИЯ

Ю.Г. БОЛОШЕНКО, Е.С. ХМЕЛЬНИЦКИЙ

Государственное учреждение высшего профессионального образования  
«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
Могилев, Беларусь

Одной из разновидностей силовых воздействий на покрытия дорог являются малоцикловые многократно повторяющиеся нагружения, которые могут возникать в процессе эксплуатации практически всех конструкций. В частности, это относится к пешеходным переходам и путепроводам. Анализ характера внешних воздействий позволяет к малоцикловым отнести такие как: снеговые, нагрузки, вызванные землетрясением, от веса людей и т.п. В большинстве случаев при малоцикловых нагружениях имеет место перенапряжение в связи с тем, что периодически повторяющиеся нагружения могут превышать свои нормативные и расчетные значения. Особенно это относится к нагрузкам природного характера.

В результате проведенных экспериментальных исследований, а также изучения работ ряда авторов, посвященных этой проблеме, были выявлены особенности работы бетона в условиях малоциклового нагружения. При низких и средних уровнях напряжений (ниже верхней границы микротрещинообразования, т.н. критической границы) микротрещины, которые образовались в местах концентраторов внутренних напряжений при загрузке на первом цикле, не прогрессируют в макротрещины, обуславливают трансформацию начальной условно жесткой статической структуры материала в более деформативную. Таким образом, создаются условия для перераспределения напряжений между компонентами бетона с постепенным ослаблением и дальнейшей ликвидацией концентраторов напряжений, вследствие чего связь между компонентами структуры улучшается, рост пластических деформаций приостанавливается и стабилизируется. Этот процесс определяется как малоцикловая приспособляемость. Критерием малоцикловой приспособляемости служат два основных принципа: стабилизация деформаций и неизменность несущей способности по сравнению с однократным нагружением.

Экспериментально выявлены две стадии деформирования бетона при низких и средних уровнях нагружения: I стадия характеризуется значительным ростом деформаций в бетоне сжатой зоны и перераспределением внутренних усилий (до 5–6 циклов); на II стадии происходит стабилизация деформативных процессов, т.е. можно говорить об упругой работе материала. В этом случае при дальнейшем нагружении с последующей разгруз-

кой происходит повторение диаграмм деформирования, т.е. материал становится циклически стабильным.

При высоких уровнях (выше критической границы) загрузки на второй стадии происходит стабилизация прироста деформаций, т.е. на верхней ступени загрузки деформации увеличиваются на некоторую постоянную величину. При этом чем выше верхний уровень и чем жестче процесс нагружения, тем позже наступает стабилизация деформаций. Незначительное увеличение уровня нагружения на рост деформаций бетона существенно не влияет. При изменении эксплуатационного уровня на более высокий на протяжении последующих десяти циклов прирост деформаций также стабилизируется. При внезапном увеличении уровня нагрузки деформации бетона растут, однако при возвращении к эксплуатационному уровню они снова стабилизируются, изменяясь на величину прироста пластических деформаций в период внезапного увеличения нагрузки. На диаграммах деформирования в некоторых случаях имеет место т.н. эффект Баушингера, когда граница ползучести при разгрузении уменьшается под влиянием пластических деформаций, возникших при нагружении. Пластические деформации при разгрузении до нижнего уровня напряжений имеют больший диапазон, чем при нагружении до верхнего уровня. В большинстве случаев малоцикловые нагружения приводят к уменьшению конечных деформаций бетона в сравнении с однократным нагружением до разрушающей нагрузки (до 50 %). При этом, чем выше уровень загрузки, тем меньше конечные деформации бетона. Однако при уровне загрузки, близком к верхней границе микротрещинообразования, для образцов, испытанных при высоких уровнях нагрузки, деформации бетона значительно (на 20–30 %) превышают деформации на том же уровне для образцов, испытанных монотонным нагружением и многократно повторными нагружениями с низким и средним уровнями.

Таким образом, при низких и средних уровнях работа бетона в условиях малоциклового нагружения незначительно отражается на его прочностных и деформативных характеристиках, поэтому целесообразно использовать существующие методы расчета, условно принимая нагрузку статической или монотонно возрастающей. Однако в некоторых случаях имеет место существенное изменение прочностных и деформативных характеристик бетонной матрицы: значительное изменение коэффициента асимметрии цикла; изменение эксплуатационного уровня нагружения на более высокий, близкий к критической границе; внезапное временное изменение верхнего уровня нагружения на более высокий с последующим возвращением к предыдущему эксплуатационному уровню. Прирост пластических деформаций в этих случаях носит необратимый характер, конструкция перестает удовлетворять требованиям II группы предельных состояний, несущая способность конструкции существенно снижается.