

УДК 624.012

## ДЕФОРМИРОВАНИЕ БЕТОНА ПРИ МАЛОЦИКЛОВОМ НАГРУЖЕНИИ

Ю. Г. МОСКАЛЬКОВА, А. С. САМСОНОВА

Научный руководитель С. Д. СЕМЕНЮК, д-р техн. наук, проф.

Государственное учреждение высшего профессионального образования  
«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Могилев, Беларусь

К малоцикловым относятся нагружения с количеством циклов  $n \leq 2 \cdot 10^4$ . Не многократно повторными нагружениями также являются нагружения с числом циклов для бетонных конструкций 10–500. К малоцикловым относятся временные нагрузки, такие как: ветровые; снеговые; нагрузки; вызванные землетрясением; от массы людей; мебели.

На диаграмме деформирования бетона были выделены две параметрические точки, характеризующие процесс трещинообразования в процессе нагружения. Первая – граница микроразрушения  $\eta_{\text{срс}}^0$  (нижняя граница микротрещинообразования), она определяется уровнем нагружения, при котором начинается процесс разупрочнения и в теле бетона появляются микротрещины отрыва. Вторая –  $\eta_{\text{срс}}^v$  (верхняя граница микротрещинообразования) определяется уровнем нагружения, при достижении которого в процессе увеличения нагрузки в бетоне развиваются псевдопластические деформации и происходит накопление микроразрушений, в результате чего происходит слияние микротрещин в макротрещины, которые приводят к разрушению бетонной матрицы.

При малоцикловом нагружении бетонного образца, пластические деформации при разгрузке до нижнего уровня напряжений  $\eta_{\text{low}}$  имеют больший диапазон, чем при нагружении до верхнего уровня  $\eta_{\text{top}}$ , то есть имеет место так называемый «эффект Баушингера»: увеличение начальных пластических деформаций приводит к снижению прочностных характеристик бетона. Для бетона при однократном нагружении данный эффект не наблюдается, однако, при не многократно повторной нагрузке (малоцикловое нагружение), когда на каждой ступени нагружения развиваются и накапливаются пластические деформации, эффект Баушингера проявляется явно.

Экспериментально доказано, что предельная сжимаемость бетона и несущая способность элементов после повторных нагрузок несколько ниже, чем при однократном нагружении. Это явление объясняется суммарным накоплением микроразрушений в бетоне вследствие предыдущих нагружений и снижением пластических свойств материала. Наличие армирования увеличивает упругие свойства элемента и позволяет перераспре-

делять усилия в его сечении, передавая большую часть усилий на арматуру.

В работе [1] отмечено, что при верхнем уровне нагружения  $\eta_{top} = 0,45; 0,60; 0,75; 0,81$ , увеличение прочности составило соответственно 1,12; 1,10; 1,07; 1,02 %. Анализируя результаты, авторы работы [1] пришли к выводу, что малоцикловое нагружение влияет на изменение прочности бетона, которое может быть описано уравнением

$$\frac{f_{cm,cyc}}{f_{cm}} = 1 + 0,486\eta_{top} - 0,556\eta_{top}^2 . \quad (1)$$

Согласно этому уравнению, наибольший прирост прочности наблюдается при уровне  $\eta_{top} = 0,43$  и составляет 10,5 %.

В работах [2,3] экспериментально-статистические исследования напряженно-деформированного состояния бетона показали линейную зависимость между секущим модулем упругопластичности  $E'_{cm}$  и уровнем нагружения  $\eta$ , зависимость между которыми в работе [1] определяется следующим образом:

$$E'_{cm,cyc} = E'_{c0} \left( 1 - \frac{\lambda_{cR,cyc} \sigma_{c,cyc}}{f_{cm,cyc}} \right) . \quad (2)$$

Чем ниже верхний уровень нагружения, тем выше начальный модуль упругости бетона по сравнению с образцами, испытанными монотонным нагружением, то есть при низких и средних уровнях нагружения начальный модуль упругости бетона  $E_0$  увеличивается на 20–30 %; при высоких уровнях нагружения – практически не изменяется, что отмечается в работе [1].

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Бабич, Є. М.** Міцність і деформативність важкого бетону при малоцикловому стисненні / Є. М. Бабич, Н. І. Ільчук // Ресурсоекономні матеріали, конструкції, будовлі та споруди : зб. наук. праць / НУВГП ; редкол. : Є. М. Бабич [та інш.]. – Рівне, 2003. – Вип. 9. – С. 116–123.
2. **Гомон, С. С.** Напружено-деформований стан бетону за малоциклових навантажень з урахуванням фактора середовища / С. С. Гомон, М. С. Зінчук // Ресурсоекономні матеріали, конструкції, будовлі та споруди : зб. наук. праць / НУВГП ; редкол. : Є. М. Бабич [та інш.]. – Рівне, 1999. – Вип. 2. – С. 85–89.
3. **Тахтай, Д. А.** Прочность и деформативность бетона при внецентренном циклическом нагружении / Д. А. Тахтай, В. И. Веретенников, А. А. Бармотин // Коммунальное хоз-во городов: науч.-техн. сб. – Киев, 2004. – № 60. – С. 53–65.

