

Владимир Бранцевич
Владислав Федоров
Брестский политехнический
институт

О ВЛИЯНИИ ПОВТОРЯЮЩИХСЯ НАГРУЖЕНИЙ НИЗКОЙ ЧАСТОТЫ НА РАЗВИТИЕ И ШИРИНУ РАСКРЫТИЯ ТРЕЩИН

Известно, что образование, развитие и ширина раскрытия трещин в изгибаемых железобетонных элементах при действии повторяющихся нагрузок зависит в основном от относительного уровня напряжений в бетоне, процента армирования коэффициента асимметрии переменной нагрузки, длительности её действия и других факторов (1,2,3,4,5). Анализ отдельных данных, приведенных в литературе свидетельствует, что кроме перечисленных факторов на развитие и ширину раскрытия трещин влияет частота приложения повторяющейся нагрузки (5,8).

В связи с этим, для выявления влияния повторяющихся нагрузений низкой частоты на развитие и ширину раскрытия трещин были проанализированы экспериментальные данные, полученные при исследовании обычных и предварительно напряженных железобетонных изгибаемых образцов с частотой приложения нагрузки 1 цикл в минуту при коэффициенте $\rho = 0$.

Опыты показали, что количество трещин, образовавшихся в процессе действия повторяющейся нагрузки в обычных образцах было примерно в два раза больше, чем в преднапряженных. Кроме того, развитие и ширина раскрытия трещин в обычных элементах происходили значительно быстрее, чем в балках с предварительным напряжением.

Интенсивность возрастания ширины раскрытия трещины при повторном действии нагрузки увеличивалась с уменьшением преднапряжения и процента армирования. Вместе с тем, испытание образцов с различной степенью обжатия бетона и различным процентом армирования на разных уровнях повторяющейся нагрузки показали, что при более высоких уровнях нагрузки, равных 0,5-0,6 от разрушающей, развитие трещин происходило более интенсивно, чем на низких уровнях равных 0,35-0,4 M_u . Кроме того, сравнение опытных данных показало, что действием постоянной нагрузки

ширина раскрытия трещин за один и тот же промежуток времени была меньше, чем при повторяющихся нагружениях.

При испытаниях опытных балок в них, помимо трещин, нормальных к продольной оси и развивавшихся, главным образом, в зоне действия постоянного момента возникали наклонные трещины на приопорных участках. Следует отметить, что эти трещины возникли в основном в обычных балках с малым обжатием напрягаемой арматурой. В балках с увеличенным обжатием приопорные зоны были практически без наклонных трещин.

При действии повторяющейся нагрузки наклонные трещины развивались по высоте сечений и увеличивали ширину раскрытия, при этом, как и нормальные трещины, наклонные наиболее интенсивно развивались в начальный период на протяжении первых трех дней испытаний, после чего процесс их развития и раскрытия замедлялся и практически стабилизировался.

По высоте сечения наибольшая ширина раскрытия наклонных трещин наблюдалась на расстоянии от нижней грани, составляющей 0,3-0,45 высоты балки и в обычных балках была значительно больше, чем в преднапряженных. Кроме того, в балках с большим процентом армирования наклонные трещины развивались не так интенсивно как в балках с малым процентом армирования. Во всех балках при действии повторяющейся нагрузки наклонные трещины увеличили свое раскрытие в 1,7-2,2 раза по сравнению со значениями зарегистрированными при первом кратковременном нагружении.

Вместе с тем, результаты исследований (1,2,3,4,5,6,7,8) показывают, что воздействие на балку повторяющихся нагрузок с частотой приложения 3-5 Гц и 30-50 Гц вызывает в них ускоренное развитие деформаций в арматуре и бетоне, увеличивает развитие трещин и прогибов. Сравнение данных полученных в наших опытах при низкочастотных нагружениях показывает, что при таком нагружении все процессы деформирования происходят более ускоренно, чем при испытаниях на пульсаторах при более высоких частотах. Отмеченная особенность, видимо, связана с влиянием частоты приложения нагрузки.

При сопоставлении результатов наших опытов и исследований ряда авторов (1,2,3,4,5,6,7,8) выявлено, что частота приложения повторяющейся нагрузки влияет не только на развитие деформаций бетона, но также и на ширину раскрытия трещин в бетоне изгибаемых элементов. Оказывается, что, если значения

ширины раскрытия трещин, измеренные в опытах различных авторов, расположить в зависимости от частоты действия испытательной нагрузки, то получается приведенная на рисунке графическая зависимость, подобная по форме зависимостям для деформаций бетона, арматуры и прогибов.

Следует при этом отметить, что данные при построении показанной зависимости были взяты из результатов испытаний опытных балок, характеристики сечений и пролеты которых были близки к характеристикам наших образцов.

На приведенном рисунке видно, что с уменьшением частоты нагружения в балках происходит более интенсивное приращение ширины раскрытия трещин в бетоне, чем при нагружении с высокой частотой. Эта закономерность связано, как и в случае увеличения деформаций при уменьшении частоты, с более длительным действием максимальной нагрузки в течение цикла нагружения и большим её перепадом ($\rho = 0$). Очевидно, при медленных попеременных нагружениях и разгрузках снижается в большей степени, чем при нагружениях с высокой частотой, сцепление арматуры с бетоном в трещине и в примыкающей области и при этом интенсивнее выключается из работы растянутый бетон над трещиной, о чем свидетельствовало в опытах более интенсивное развитие трещин и высоте сечения.

Отмеченная подобность графиков накопления деформаций бетона и арматуры, а также развитие прогибов и прироста ширины раскрытия трещин в бетоне железобетонных балок в зависимости от частоты действия переменных нагрузок свидетельствует, что эти процессы взаимосвязаны. Это позволяет применить для оценки ширины раскрытия трещин в бетоне изгибаемых элементов, подвергавшихся действию переменной многократно повторяющейся нагрузки такую же методику, какая была рекомендована при расчете деформаций и прогибов.

Суть предлагаемого подхода в этом случае состоит в том, что обобщенному графику $\varphi_{ср, \omega} = \Phi(\omega)$, представленному на рисунке было подобрано эмпирическое выражение для определения коэффициента, учитывающего влияние частоты переменной нагрузки на среднее значение ширины раскрытия трещин. Эта зависимость имеет следующий вид:

$$\varphi_{ср, \omega} = 0,66 e^{-0,18 \omega} + 0,36 \quad (I)$$

Подсчитанное в зависимости от частоты действия нагрузки значение коэффициента $\varphi_{cr,c,w}$ умножается на значение ширины раскрытия трещин, определяемое по методике СНиП 2.03.02-84 при кратковременном действии нагрузки с учетом влияния её повторяемости. На основании указанного предлагается следующее общее выражение для определения ширины раскрытия трещин в изгибаемых железобетонных элементах с учетом влияния повторяемости и частоты действия нагрузки:

$$a_{cr,c,w} = [\delta \varphi_c \eta \frac{\sigma_{s2}}{E_s} 20(3,5 - 100M\sqrt{d}) (1 + 0,15 \lg N) / 0,66 e^{-0,18w} + 0,36] (2)$$

Результаты расчетов, сделанных по выражению (2) показывают достаточно удовлетворительно их согласование с результатами наших и других опытов при расхождении между ними в пределах 9-14%.

ЛИТЕРАТУРА

1. Богушевский Л.А. Исследование предварительно напряженных железобетонных балок при длительном воздействии постоянной и многократно повторяющейся нагрузок: - Автореф., дис... канд. техн. наук. - Свердловск, 1974. - 21 с.
2. Козанков А.П. Влияние режимов нагружения на развитие деформаций железобетонных балок: - Автореф., дис... канд. техн. наук. - М., 1977- 21с.
3. Кавледзе Л.И. Исследование жесткости и деформативности железобетонных балок при длительном воздействии статических и динамических нагрузок: - Автореф., дис... канд. техн. наук. - М., 1983 -20с.
4. Камайтыс З.А. Трещиностойкость предварительно напряженных изгибаемых железобетонных элементов при действии многократно повторяющихся нагрузок: - Автореф., дис... канд. техн. наук. - Каунас, 1965.- 21 с.
5. Кудягин Ю.С., Белобров И.К. Экспериментальное исследование ползучести бетона при многократно повторяющихся циклических нагрузках// Прочность и жесткость железобетонных конструкций. - М.: Стройиздат, 1968.
6. Пиневич С.С. Исследование выносливости стабилизированных и отпущенных канатов и работы армированных ими железобетонных предварительно напряженных изгибаемых элементов при многократно

повторном нагружении: - Автореф., дис... канд. техн. наук. - Ростов-на-Дону, 1981.

7. Самбор Ю.В. Исследование работы изгибаемых железобетонных элементов при действии многократно повторяющихся нагрузок: - Автореф., дис... канд. техн. наук. - Киев, 1970.

8. Смолянинов Р.М. Применение рациональных строительных конструкций и материалов. - Харьков: Харьковский институт инженеров коммунального строительства, 1986.

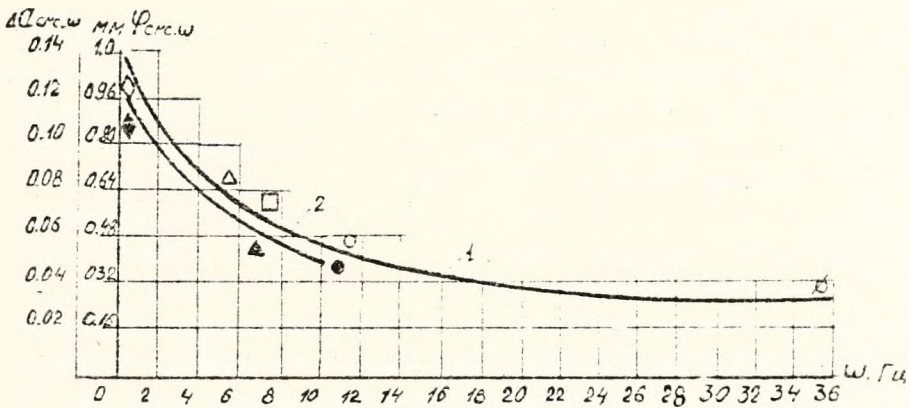


Рис. Зависимость ширины раскрытия трещин в балках от частоты нагружения

- I - обычные балки: \diamond - авторы; \triangle - Казанков А.П.;
 \circ - Самбор Ю.В.; \square - Левич В.В.; \oslash - Ковладзе Д.П.;
 II - преднапряженные балки: \blacklozenge - авторы; \blacktriangle - Богумовский Л.Л.;
 \blacksquare - Пиневич С.С.; \bullet - Камытис В.А.