

ВЛИЯНИЕ ВЛАЖНОСТНЫХ ВОЗДЕЙСТВИЙ НА КРАТКОВРЕМЕННУЮ И ДЛИТЕЛЬНУЮ ПРОЧНОСТЬ ИЗГИБАЕМЫХ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ СТЕРЖНЕЙ

Черная Л.В., Зедгенидзе В.А., Половец В.И. (Одесская государственная академия строительства и архитектуры, г. Одесса)

Приведены результаты экспериментальных исследований влияния различных влажностных режимов на несущую способность железобетонных балок при кратковременном и длительном нагружении. Приведены рекомендации по уточнению расчетных зависимостей СНиП для балок, находящихся в условиях нестационарных влажностных воздействий.

Для эффективного и надежного проектирования новых и реконструкции существующих железобетонных конструкций необходимо знание процессов, происходящих в нагруженном бетоне под воздействием различных факторов окружающей среды. В этом плане весьма важным является вопрос об изучении и учете особенностей поведения бетона при совместном действии нагрузки и влажности. Увлажнение бетона возможно в результате проливов технологических растворов, скапливания конденсата, проявления грунтовых вод и т.д. Водонасыщение бетона приводит к изменению его физико-механических свойств [1] и соответственно свойств железобетонных конструкций.

Экспериментальные исследования кратковременной и длительной прочности железобетонных балок производились при следующих условиях: нагружение балок в возрасте $t_0 = 28$ суток постоянными нагрузками, создающими моменты уровней $\eta = M(28) / M_p(28) = 0,5; 0,81 \dots 0,90$; влажностные воздействия с возраста $t_w = 90$ суток, догружение неразрушившихся образцов в конце опыта. Одновременно подвергали кратковременным испытаниям незагруженные образцы-близнецы, подвергавшиеся идентичным влажностным воздействиям.

Исследования проведены при следующих влажностных режимах: wd – длительное водонасыщение (100 суток) и последующее высыхание (198 суток); ww – двукратное увлажнение-высыхание (продолжительность одного увлажнения – 10 суток, высыхания – 80 суток). Ув-

лажнение образцов осуществляли по всему периметру поперечного сечения. Естественная влажность бетона составляла в среднем 2,1% по массе, водонасыщенного – 4,2%.

Объектами исследований служили балки с прямоугольной формой сечения 100×170 мм, $l_p = 2500$ мм, $\mu = 0,0162$ и $\mu = 0,0459$ (соответственно балки типов БМ и БВ). Образцы были изготовлены из тяжелого бетона естественного твердения, для армирования применяли ненапрягаемую арматуру из стержней периодического профиля класса А-III, диаметром 12 и 20 мм. Приопорные части балок армировали сварными каркасами. Нагрузку к балкам прикладывали через распределительную траверсу в виде двух сосредоточенных сил. Всего было испытано при кратковременном действии нагрузки 30 балок, при длительном – 21.

Влияние непродолжительного увлажнения бетона на кратковременную прочность балок изучали на образцах типа БВ. В течение суток балки подвергали увлажнению, затем нагружали до разрушения ($t_w = 90$ суток, $t_0 = 91$ сутки). Кратковременная несущая способность увлажненных балок B_{V_w} была на 20% меньше, чем у воздушно-сухих в возрасте 91 суток и на 9% меньше, чем в возрасте 28 суток. Таким образом, кратковременное увлажнение приводит к значительному уменьшению прочности железобетонных балок. Для учета этого явления при расчетном определении кратковременной несущей способности балок в качестве коэффициента условий работы бетона была использована функция γ_w , определяемая по [1]. Расхождения подсчитанных и экспериментальных значений разрушающих моментов не превышало 6%.

Однако, снижение кратковременной несущей способности балок, как и вызвавшее его уменьшение прочности увлажненного бетона, носит временный, проходящий характер. Результаты испытаний балок $B_{V_{wd}}$ и $B_{M_{wd}}$, нагруженных нагрузками уровней $\eta \leq 0,84 M_p(t_0)$ и подвергавшихся в процессе хранения длительному увлажнению-высыханию, показали что их несущая способность с момента времени $t_0 = 28$ суток и до конца опыта $t_p = 388$ суток увеличилась в среднем на 49% и 13% соответственно. Двукратное водонасыщение-высыхание в конечном итоге также не оказало отрицательного влияния на прочность балок $B_{V_{ww}}$. Кратковременная несущая способность этих балок в возрасте $t_p = 270$ суток была в среднем на 37% больше, чем в возрасте 28 суток. Сравнение экспериментальных и расчетных значений показало, что в случае длительных нестационарных влажностных воздействий ($(t - t_w) > 100$ суток) прочность балок в момент времени t может быть определена по формулам СНиП 2.03.01-84, $R_{bn}(t)$ по [1].

В балках, загруженных длительными нагрузками, в промежутке времени от $t_0 = 28$ суток до $t_w = 90$ суток, т.е. до начала влажностных воздействий, развитие деформаций и перемещений происходило по традиционной для зоны устойчивого деформирования схеме: интенсивное нарастание после загрузки с последующим замедлением процесса.

Увлажнение вызывало в балках с высокими уровнями нагрузок интенсивный рост деформаций и прогибов. В среднем через 0,67 и 14 часов после начала увлажнения балки с уровнями нагрузок 0,90 и 0,87 разрушились. Причиной разрушения было смятие бетона в зоне действия максимальных изгибающих моментов.

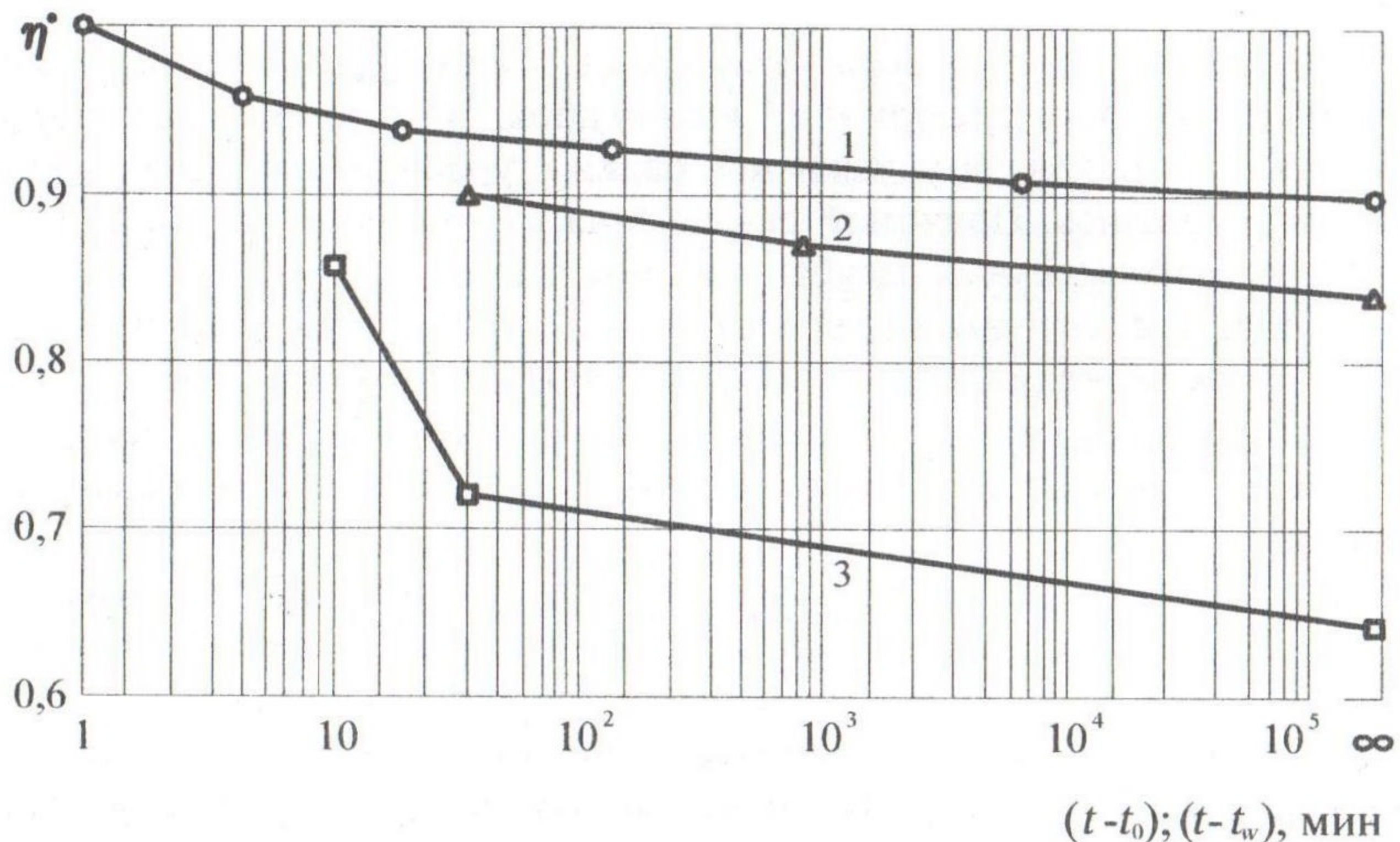
В балках с нагрузками уровней 0,84 и 0,81 деформирование через 1 – 2 суток замедлилось. Высыхание, а затем повторное водонасыщение не оказало существенного влияния на деформирование балок. В возрасте $t_p = 270$ суток балки БВ_{ww}-084 и БВ_{ww}-081 были догружены до разрушения.

В возрасте $t_p = 388$ суток были также разрушены путем догрузки балки БМ_{wd} и БВ_{wd}, подвергавшиеся в процессе выдержки под нагрузками уровня 0,5 длительному водонасыщению-высыханию.

Длительное действие изгибающих моментов, составляющих не более $0,84 M_p(28)$ в условиях одно- и двукратного водонасыщения-высушивания не оказало отрицательного влияния на увеличение кратковременной прочности железобетонных балок. В приведенных исследованиях это увеличение составило в среднем 14% для балок БМ и 36...51% для балок БВ. Необходимо отметить, что несущая способность балок БВ увеличилась примерно так же, как и прочность при сжатии бетонных призм, находившихся в аналогичных условиях. На основании проведенных исследований был построен отрезок кривой относительного длительного сопротивления железобетонных изгибаемых стержней, загружаемых при $t_0 = 28$ суток и увлажняемых при $t_w = 90$ суток. На рисунке приведены также данные, соответствующие случаю $t_w - t_0 = 1$ сутки и полученные автором [2] при испытании железобетонных балок $8 \times 18 \times 200$ см, изготовленных из тяжелого бетона, $\mu = 0,031$. Кривая относительного длительного сопротивления балок естественной влажности, приведенная на рисунке, получена в работе [3] при испытании железобетонных балок из тяжелого бетона, $\mu = 0,0345$.

Как видно из рисунка, водонасыщение снижает относительное длительное сопротивление η^o железобетонных изгибаемых стержней при небольших промежутках времени, прошедших от момента загрузки

t_0 до момента начала водонасыщения t_w . Так в рассмотренных условиях $t_0 = 28$ суток, $t_w = 90$ суток относительное длительное сопротивление лежит в интервале $0,84 < \eta_w^o < 0,87$; при $t_0 = 28$ суток, $t_w = 29$ суток – $0,64 < \eta_w^o < 0,70$.



- 1 – $t_0 = 28$ суток, данные [3];
- 2 – $t_0 = 28$ суток, $t_w = 90$ суток;
- 3 – $t_0 = 28$ суток, $t_w = 29$ суток, данные [2].

Это объясняется существованием в условиях нестационарных влажностных воздействий зависимости предела относительного длительного сопротивления бетона при сжатии от интервала времени $(t_w - t_0)$ [4].

Так снижение предельного длительного момента M^o железобетонных балок в условиях нестационарных влажностных воздействий является следствием снижения предела относительного длительного сопротивления бетона η^o , логично учитывать его введением в расчетные формулы СНиП 2.03.01-84 коэффициента условий работы бетона γ_{b2} , вычисляемого по [4].

Величина предельного длительного момента для балок БВ_w: $t_0 = 28$ суток, $t_w = 90$ суток, подсчитанная по формулам (28), (66), (67) СНиП 2.03.01-84 с применением $\gamma_{b2} = 0,8$ (см. [4]); $R_{bm}(t_0) = 28,2$ МПа; $h_0 \times b = 136 \times 98$ мм, составила $M^o = 17,50$ кН·м, что составляет $0,81 M_p(28)$. Это несколько меньше нижней границы интервала, полученного для относительного

предельного момента рассматриваемых балок при испытаниях. Если принять согласно таблице 15 СНиП 2.03.01-84 $\gamma_{b2} = 0,9$; при прочих равных условиях величина предельного длительного момента для балок БВ_w составляет $M^p = 19,26$ кН·м или $0,88 M_p(28)$, что больше экспериментального значения.

Величина предельного длительного момента для балок БВ'_w: $t_w = 90$ суток, $t_0 = 91$ сутки, подсчитанная с использованием $\gamma_{b2} = 0,64 \gamma_2(t_0)$ (см. [4]); $R_{bm}(t_0) = 32,4$ МПа; $h_0 \times b = 136 \times 98$ мм, составляет $M^p = 16,08$ кН·м, или $\eta^\circ(t_0) = 0,66$. Это соответствует результатам исследований [2] (см. кривую 3 на рисунке).

Выводы

Влияние водонасыщения на несущую способность железобетонных изгибаемых стержней, обладающих высокими коэффициентами армирования, аналогично его влиянию на прочность сжатых бетонных призм; в стержнях с умеренными коэффициентами армирования наблюдается подобная, но несколько смягченная картина.

Введение в расчетные формулы СНиП коэффициента условий работы бетона γ_{b2} , определяемого по [4] является необходимым и достаточным условием обеспечения длительной прочности железобетонных изгибаемых стержней в условиях нестационарных влажностных воздействий.

Литература

1. Чорна Л.В. Визначення міцності та деформативності зволоженого бетону при стиску. Матеріали конференції. Львів. 1994.
2. Шаталов А.А. Прочность и деформации изгибаемых элементов в условиях воздействия адсорбционно-активных сред. Автореферат диссертации кандидата технических наук. М., 1977. – 20 с.
3. Бабенко Д.М. Длительное сопротивление железобетонных стержней с высокими коэффициентами армирования. Автореферат кандидата технических наук. Одесса, 1981. – 16 с.
4. Черная Л.В. Назначение коэффициентов условий работы для сжатого бетона с учетом влияния влажностных воздействий. Сборник трудов ОГАСА, Выпуск 2: Гидротехнические сооружения. Морские и речные порты. 1999. – с. 54 – 57.