

НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОЕ СОСТОЯНИЕ ПРИОПОРНЫХ УЧАСТКОВ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ БАЛОК ПРИ ДЛИТЕЛЬНОМ ДЕЙСТВИИ НАГРУЗКИ ВЫСОКИХ УРОВНЕЙ

Карпюк В.М., Неутов А.С., Неутов С.Ф.

Одесская государственная академия строительства и архитектуры
г. Одесса, Украина

АННОТАЦИЯ: Наведені результати експериментальних досліджень напружено-деформованого стану приопорних ділянок при тривалій дії завантажень високих рівнів. Наданий аналіз впливу конструктивних факторів на напружено-деформований стан, тріщиностійкість та несучу здатність залізобетонних балок.

АННОТАЦИЯ: Приведены результаты экспериментальных исследований напряженно-деформированного состояния приопорных участков при длительном действии нагрузок высоких уровней. Дан анализ влияния конструктивных факторов на напряженно-деформированное состояние, трещиностойкость и несущую способность железобетонных балок.

ABSTRACT: Results of stress-strain state experimental research of reinforced concrete beams support sections under effect of steady high-level load are described. The analysis of the structural factors impact on the stress-strain state, crack resistance and bearing capacity of reinforced concrete beams was given.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: железобетонные элементы, изгиб, напряженно-деформированное состояние, экспериментальные исследования.

Железобетон, безусловно, еще на многие десятилетия останется основным конструктивным материалом для строительства. Повышение эффективности, надежности и долговечности железобетонных конструкций невозможно осуществить без совершенствования и развития практики проектирования железобетонных элементов.

Несущая способность приопорных участков балочных железобетонных элементов, находящихся в сложном напряженном состоянии, очень часто является определяющим фактором при проектировании конструкций. Вместе с тем работа этих участков до настоящего времени остается не до конца изученной. В связи с этим в Одесской государственной академии строительства и архитектуры начаты комплексные системные экспериментальные исследования обычных, предварительно напряженных и статически неопределимых балок постоянного и переменного по высоте сечения с учетом действия внецентренно приложенных, растягивающих и сжимающих продольных сил, а также изгибающих и крутящих моментов [1 - 3]. Однако, все вышеперечисленные исследования, как впрочем, и исследования других авторов, проводились лишь при кратковременных нагружениях.

Вышесказанное свидетельствует об актуальности проводимых исследований прочности, жесткости и трещиностойкости приопорных участков изгибаемых железобетонных элементов с учетом их длительного нагружения.

Перед началом основных испытаний были проведены предварительные эксперименты, в ходе которых было установлено, что балки загруженные в возрасте 90 суток длительной нагрузкой уровнем $0,98V_{ult}$, разрушились в течение первых двух суток. Балки загруженные длительной нагрузкой уровнем $0,95V_{ult}$ более чем в трети случаев разрушились в течение первого месяца с момента окончания кратковременного нагружения. При уровне $0,925V_{ult}$ – во всех балках наблюдалась относительная стабилизация нарастания деформаций и прогибов. По этой причине, в качестве исследуемых уровней длительного нагружения были выбраны уровни $0,925 V_{ult}$; $0,9 V_{ult}$; $0,875 V_{ult}$.

Для определения несущей способности V_{ult} , а также с целью сопоставления результатов кратковременного и длительного нагружения, в каждой из указанных серий опытов одну из балок доводили до разрушения кратковременно действующей нагрузкой. Остальные три балки каждой серии загружали длительнодействующей нагрузкой, уровень которой варьировался в пределах от $0,875V_{ult}$ до $0,925 V_{ult}$. Испытание железобетонных балок осуществлялось в соответствии с действующими рекомендациями.

При кратковременном испытании нагрузка прикладывалась ступенями с 15-ти минутной выдержкой на каждой ступени до разрушения или до заданного уровня нагружения. После достижения заданного уровня нагружения, нагрузка фиксировалась и с помощью пружинной кассеты и домкрата поддерживалась неизменной практически на протяжении всего эксперимента (400 сут.). Балки, не разрушившиеся в процессе запланиро-

ванных длительных испытаний (более 80%) подвергались повторному нагружению (догружению) с целью определения их несущей способности.

В процессе испытаний железобетонных балок как при длительном, так и при кратковременном нагружениях фиксировали нагрузку, прикладываемую к образцу, прогибы, деформации отдельных волокон бетона и арматуры. На продольную арматуру перед изготовлением образцов были наклеены тензорезисторы КФ5П1-5-200 с базой 5мм, которые позволили определять соответствующие деформации.

На рис. 1-5 представлены основные экспериментальные параметры напряженно деформированного состояния опытных образцов.

На рис. 1 приведено изменение стрелы прогибов для трех исследуемых балок с различным уровнем длительно действующей нагрузки. Из представленных результатов следует, что прогибы за время длительного нагружения выросли на 13...25%. Естественно, что с увеличением уровня нагрузки более интенсивно растет и стрела прогиба.

На рис. 2 представлены продольные деформации крайнего сжатого бетонного волокна в пролете среза для трех исследуемых балок с различным уровнем длительно действующей нагрузки.

Результаты показывают, что за время длительного нагружения вышеуказанные деформации, выросли на 70...90%. Столь существенный рост обусловлен процессами ползучести, величина которых зависит от уровня нагрузки. Из конструктивных факторов большее влияние естественно оказывает класс бетона.

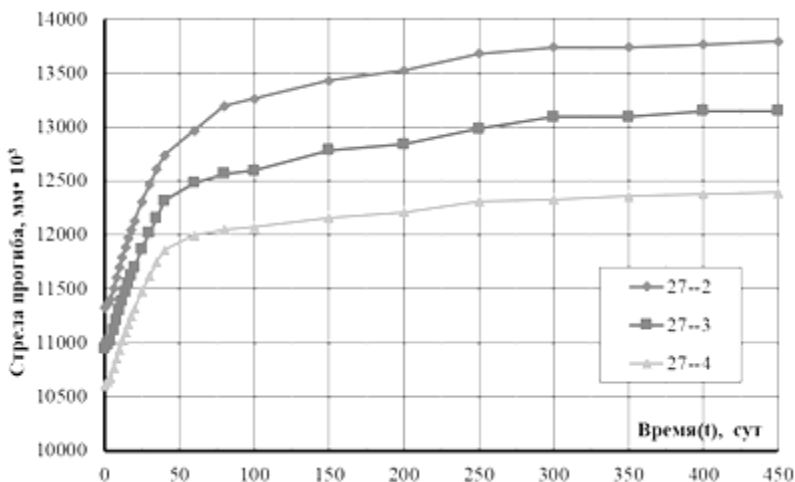


Рис. 1. Прогибы посередине длины балки при длительном нагружении

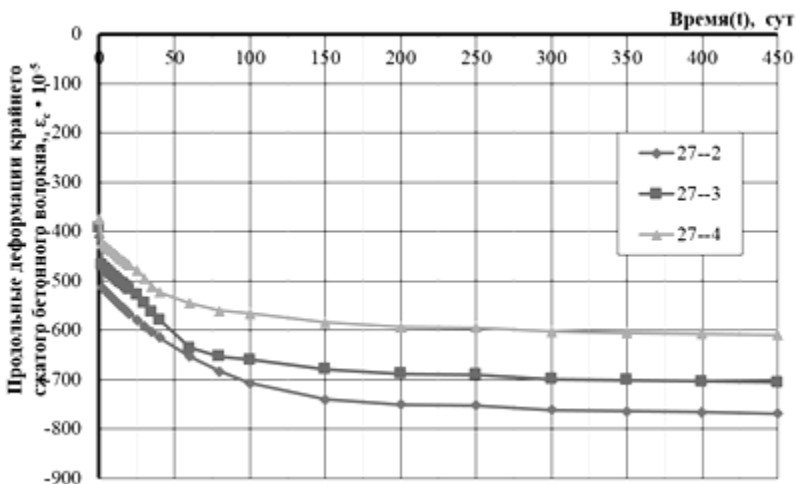


Рис. 2. Продольные деформации крайнего сжатого бетонного волокна в пролете среза при длительном нагружении

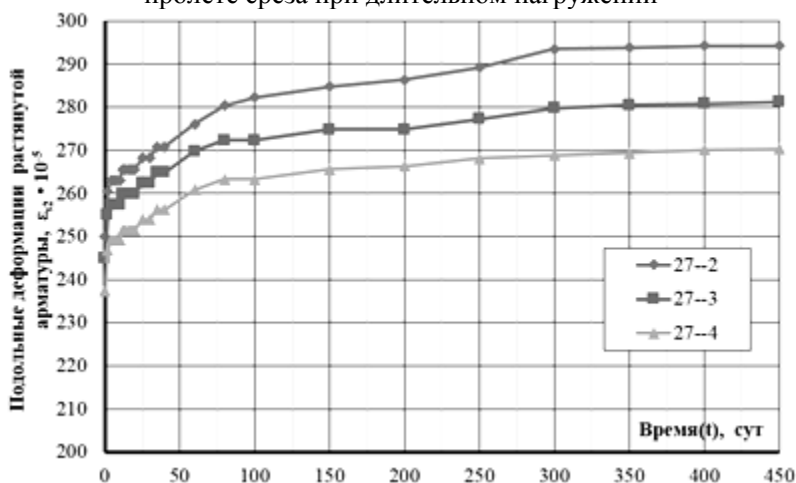


Рис. 3. Продольные деформации растянутой арматуры в зоне чистого изгиба при длительном нагружении

Продольные деформации растянутой (рабочей) арматуры в зоне чистого изгиба (рис. 3) за время длительного нагружения выросли в среднем всего лишь на 15...17%, практически без значимой зависимости от уровня нагружения и конструктивных факторов. Данное обстоятельство объясняется конструктивной особенностью опытных балок, в которых зона чистого изгиба заведомо обладает запасом прочности по сравнению с пролетом среза. Продольные деформации рабочей арматуры в пролете

среза в зоне действия сосредоточенной силы в процессе длительного нагружения выросли на 15...40% (рис. 4).

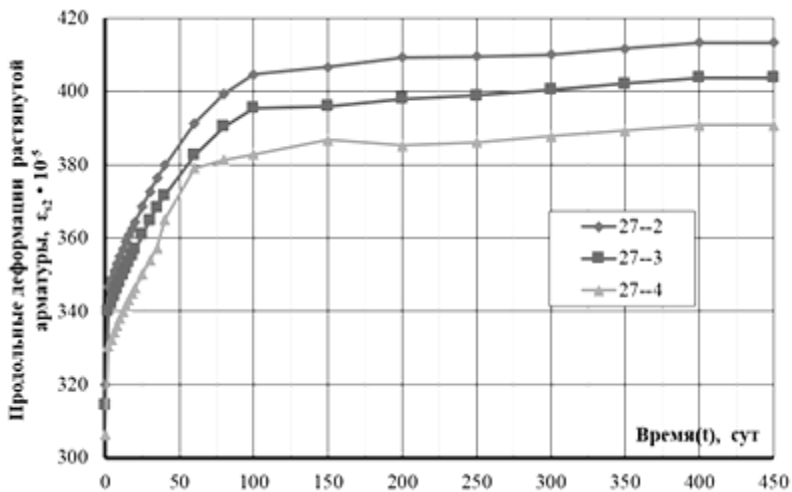


Рис. 4. Продольные деформации растянутой продольной арматуры в пролете среза при длительном нагружении

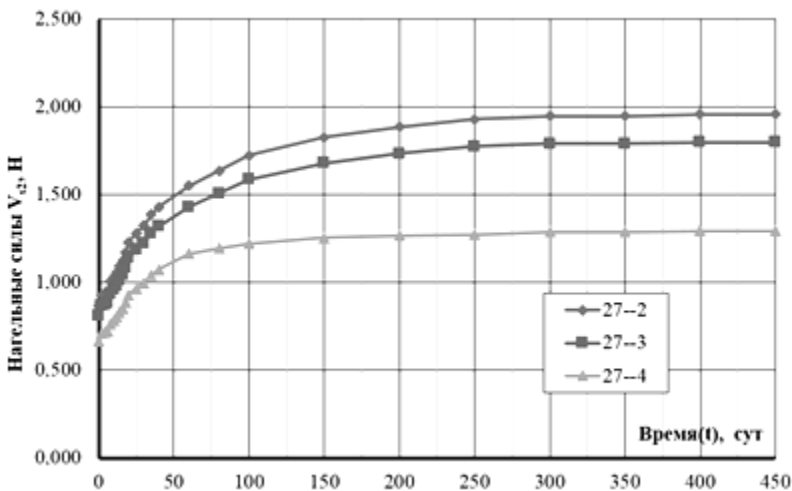


Рис. 5. Нагельные силы в растянутой продольной арматуре в пролете среза при длительном нагружении

Наиболее значимым фактором, влияющим на величину деформации, был пролет среза, поскольку от пролета среза значимо зависела величина изгибающего момента и кривизна в сечении.

Нагельные силы в продольной арматуре при длительном нагружении возрастают весьма значительно - на 80...160% (рис. 5), но в целом их величина даже при столь существенном росте по-прежнему не превышает 10% от общего значения поперечной силы.

В целом, в большинстве практических расчетов пролетных конструкций с поперечным армированием, влиянием нагельных сил можно пренебречь. Необходимо также отметить, что в сжатой продольной арматуре куда менее выражена тенденция к стабилизации поперечных сил – это можно объяснить значительным перераспределением напряжений в сжатой зоне над магистральной наклонной трещиной на фоне продолжающихся процессов развития и раскрытия наклонных трещин. Влияние уровня нагружения на скорость роста нагельных сил при относительно небольшом шаге величины нагрузки можно считать незначительным. Из конструктивных факторов наибольшее влияние на скорость роста нагельных сил оказывает класс бетона и пролет среза.

ВЫВОДЫ

При длительном нагружении для большей части исследуемых факторов картина принципиально не отличается от кратковременного нагружения. Безусловно, происходит перераспределение усилий и рост деформаций, вызванный ползучестью, но изменение параметров во времени относительно их значения к концу кратковременного нагружения, для большей части балок с бетоном класса **C20/25** и средним пролетом среза носит весьма сходный характер, как в качественном, так и в количественном отношении. Более значительная разница получена для балок серии **0-19, 0-20** с другим классом бетона и балок серии **0-18, 0-17** с большим и меньшим пролетами среза соответственно. Очевидная разница между балками серий **0-19, 0-20** и «нулевой» обуславливается другим составом бетона и, как следствие – другими параметрами ползучести. В целом наблюдается давно известная тенденция - чем выше класс бетона – тем меньше, при прочих равных, влияние ползучести на длительное нагружение. На практике это приводит к меньшему относительному росту деформаций в сжатой зоне бетона и большему – в растянутой арматуре при увеличении класса бетона и наоборот. В случае изменения пролета среза значительно меняется само распределение напряжений, механизмы деформирования и разрушения. Для балок с большим пролетом среза, фактически разрушение происходит по зоне чистого изгиба и бетон в зоне разрушения находится в одноосном напряженном состоянии.

Догружение до разрушения опытных балок, длительное время находившихся под воздействием постоянной нагрузки высокого уровня показало, что несущая способность наклонных сечений не только не снижается в результате длительного нагружения, но и повышается в среднем на 8...25% по сравнению с кратковременным нагружением.

ЛИТЕРАТУРА

1. Экспериментальные исследования работы приопорных участков железобетонных балок при длительном воздействии нагрузки / [В.С. Дорофеев, В.М. Карпюк, С.Ф. Неутов и др.] // Вестник Одесской государственной академии строительства и архитектуры. - Одесса: ООО «Зовнішрекламсервіс». - Вып. №38. - 2010. – С. 255-262.
2. О влиянии конструктивных факторов на несущую способность изгибаемых железобетонных элементов. / [В.С. Дорофеев, В.М. Карпюк, С.Ф. Неутов и др.] // Вестник Одесской государственной академии строительства и архитектуры. - Одесса: ООО «Зовнішрек-ламсервіс». - Вып. № 39, Часть 1. - 2010. - С. 186-199.
3. Дорофеев В.С. Експериментальні дослідження тріщиностійкості приопорних ділянок зігнутих залізобетонних елементів при тривалій дії навантаження / [В.С. Дорофеев, В.М. Карпюк, С.Ф. Неутов та ін.] // Вісник Одеської державної академії будівництва та архітектури. - Одеса: Тов. «Зовнішрекламсервіс». - Вип. № 34, Частина 1. - 2009. - С.19-22.

REFERENCES

1. Experimental study of reinforced concrete beams support sections under steady loading / [V.S. Dorofeyev, V.M. Karpiuk, S.F. Neutov and other] // Journal of Odessa State Academy of Building and Architecture. - Odessa: Zovnishreklamservis. - Issue 38. - 2010. - P. 255-262.
2. On the influence of structural factors on the carrying capacity of bendable concrete elements. / [V.S. Dorofeyev, V.M. Karpiuk, S.F. Neutov, V.P. and other] // Journal of Odessa State Academy of Building and Architecture- Odessa: Zovnishreklamservis. - Issue 39, Vol.1. - 2010. - P. 186-199.
3. Experimental study of concrete elements support sections cracking under long-term load / [V.S. Dorofeyev, V.M. Karpiuk, S.F. Neutov, V.P. and other] // Journal of Odessa State Academy of Building and Architecture. - Odessa: Zovnishreklamservis. - Issue 34, Vol.1. - 2009. - P. 19-22.

Статья поступила в редакцию 28.07.2015 г.