

На правах рукописи

КРЕМНЕВА ЕЛЕНА ГЕННАДЬЕВНА *Е. Кремнева* -

ПРОЧНОСТЬ НОРМАЛЬНЫХ СЕЧЕНИИ ИЗГИБАЕМЫХ
ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ЭЛЕМЕНТОВ, УСИЛЕННЫХ
НАНОЛИЧИВАНИЕМ ПОД НАГРУЗКОЙ

Специальность 05.23.01 - Строительные конструкции,
здания и сооружения

А В Т О Р Е Ф Е Р А Т
диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Москва 1996

2

Работа выполнена в Полоцком государственном университете

Научный руководитель - д.т.н., проф. В.А.Клевцов

Официальные оппоненты - д.т.н., проф. Е.А.Чистяков

- к.т.н., проф. А.И.Бедов

Ведущая организация - ЦНИИпромзданий

Защита диссертации состоится "5 декабря" 1996г. в 14 часов на заседании специализированного совета К-033.03.04 по защите диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук в Научно-исследовательском, проектно-конструкторском и технологическом институте бетона и железобетона Минстроя РФ по адресу: 109428, Москва, 2-я Институтская ул., д.6.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке института.

Автореферат разослан "1 ноября" 1996г.

Ученый секретарь
специализированного совета
кандидат технических наук

Кузьмич

Т.А.Кузьмич

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность работы. Техническое перевооружение и реконструкция промышленных и гражданских зданий и сооружений часто требуют усиления строительных конструкций.

Наиболее массовыми являются изгибаемые конструкции, в частности, плиты перекрытий и покрытий. Эффективный способ их усиления - наращивание сечений намоноличиванием, позволяющее существенно увеличить несущую способность конструкции. При этом усиление может производиться при полной или частичной разгрузке и под нагрузкой.

Необходимость проведения исследования прочности нормальных сечений усиленных изгибаемых конструкций связана с неизученностью двух основных вопросов. Первый - влияние внешней нагрузки, приложенной до усиления, на работу усиленных конструкций, в том числе с арматурой, не имеющей физического предела текучести. Второй - изыскание резервов несущей способности усиленных конструкций на основании учета диаграмм деформирования материалов.

Недостаточная изученность влияния начального напряженно-деформированного состояния, вызванного нагрузкой до усиления и собственным весом конструкций, и отсутствие обоснованных методов расчета не позволяет оценить влияние всего многообразия факторов, имеющих при усилении, на несущую способность различных конструкций, отличающихся геометрией, видом и количеством арматуры, прочностью бетонов, величинами действующих нагрузок.

При расчете прочности нормальных сечений усиленных железобетонных конструкций по нормированной методике начальная нагрузка учитывается путем введения к расчетным характеристикам

арматуры и бетона понижающих коэффициентов условий работы. Такой подход не имеет достаточного экспериментально-теоретического обоснования.

Изучение этих вопросов является темой настоящей диссертации, в результате выполнения которой разработаны методика и рекомендации по расчету прочности нормальных сечений конструкций, усиленных под нагрузкой.

Диссертация выполнена на кафедре "Железобетонные и каменные конструкции" Полоцкого государственного университета под руководством заслуженного деятеля науки и техники Российской Федерации, члена-корреспондента РААСН, доктора технических наук, профессора В.А.Клевцова, научный консультант - кандидат технических наук, доцент В.В.Нестеренко.

Ц е л ь д и с с е р т а ц и о н н о й р а б о т ы .

Экспериментально-теоретические исследования влияния начального напряженно-деформированного состояния изгибаемых железобетонных элементов, усиленных под нагрузкой и армированных арматурой без площадки текучести, на их несущую способность; разработка методики и рекомендаций по расчету прочности нормальных сечений изгибаемых элементов, в частности, арматура которых не имеет физического предела текучести, усиленных намоноличиванием под нагрузкой.

В соответствии с целью работы решались следующие задачи:

-разработать с учетом диаграмм деформирования материалов деформационную модель нормальных сечений изгибаемых элементов, усиленных намоноличиванием под нагрузкой;

-провести теоретические исследования работы нормальных сечений изгибаемых элементов, усиленных намоноличиванием под

нагрузкой;

-получить экспериментальное подтверждение принятых в деформационной модели основных положений и допущений;

-разработать методику расчета прочности нормальных сечений изгибаемых элементов, в частности, арматура которых не имеет физического предела текучести, усиленных намоноличиванием под нагрузкой, на основании действующих норм проектирования;

-разработать рекомендации по расчету прочности нормальных сечений изгибаемых железобетонных конструкций, усиленных намоноличиванием под нагрузкой;

-разработать алгоритм и программу расчета на ЭВМ.

Н а у ч н у ю н о в и з н у с о с т а в л я ю т :

-разработанная деформационная модель, учитывающая диаграммы деформирования бетона и арматуры, начальное напряженно-деформированное состояние конструкции до усиления и реализация модели в программе расчета;

-впервые проведенные экспериментальные исследования напряженно-деформированного состояния, прочности нормальных сечений плитных конструкций с арматурой, не имеющей физического предела текучести, усиленных намоноличиванием под нагрузкой;

-расчетные и экспериментальные данные о напряженно-деформированном состоянии бетона и арматуры в зависимости от уровня нагрузки при усилении для изгибаемых конструкций с различным процентом армирования;

-данные о влиянии начального напряженно-деформированного состояния на прочность нормальных сечений изгибаемых конструкций, усиленных намоноличиванием под нагрузкой;

-разработанная методика расчета прочности нормальных сече-

ний изгибаемых элементов, усиленных намоноличиванием под нагрузкой, на основании положений действующих норм проектирования.

Практическое значение работы.

Результаты выполненной работы позволяют проводить усиление конструкций без их разгрузки.

Разработаны рекомендации по расчету прочности нормальных сечений изгибаемых конструкций, в частности, с арматурой, не имеющей физического предела текучести, усиленных намоноличиванием под нагрузкой, на основании положений действующих норм проектирования и разработанной программы расчета для ЭВМ, обеспечивающие снижение расхода материалов.

Автор защищает:

-методику определения напряженно-деформированного состояния конструкций, усиленных намоноличиванием под нагрузкой;

- результаты теоретических и экспериментальных исследований напряженно-деформированного состояния изгибаемых элементов, усиленных намоноличиванием под нагрузкой: характер развития деформаций арматуры и бетона в зависимости от уровня нагрузки при усилении, данные о влиянии начального напряженно-деформированного состояния на прочность нормальных сечений изгибаемых элементов, усиленных намоноличиванием под нагрузкой;

-методику расчета прочности нормальных сечений изгибаемых элементов, усиленных намоноличиванием под нагрузкой, на основании действующих норм проектирования;

-алгоритм и программу расчета на ЭВМ по определению параметров напряженно-деформированного состояния и несущей способности нормальных сечений изгибаемых конструкций, усиленных под нагрузкой.

Внедрение результатов работы.

Результаты работы внедрены:

-при разработке рекомендаций по усилению плит перекрытий постаментов АВТ-2 объединения "Нафтан" г.Новополоцка. По разработанным рекомендациям в 1996г. произведено усиление плитных конструкций постамента намоноличиванием. Объем внедрения- 1940 м².

Исследования выполнялись в рамках госбюджетных научно-исследовательских работ ГБ 1294 и ГБ 2495 кафедры "Железобетонные и каменные конструкции" Полоцкого государственного университета.

Апробация работы.

Основные положения диссертации были представлены на рассмотрение на международной научно-практической конференции в г.Сумы, на XXI научно-технической конференции профессорско-преподавательского состава в г.Бресте, на республиканской научно-технической конференции в г.Могилеве (1994г), на Республиканском научно-техническом совещании-семинаре в г.Минске, на международной научно-практической конференции в г.Гомеле (1996г).

Основное содержание диссертации опубликовано в 6 работах, а также частично отражено в двух научно-технических отчетах ПТУ.

Диссертация состоит из введения, общей характеристики работы, четырех глав, общих выводов, списка использованных источников, включающего 104 наименования, и содержит 174 страницы, в том числе 46 рисунков и 16 таблиц, 2 приложения.

КРАТКОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Первая глава посвящена изучению современной практики усиления железобетонных элементов и существующих методов их расчета.

Исследование способов усиления получило свое развитие в трудах отечественных и зарубежных ученых А.И.Бедова, Л.И.Беринского, М.Д.Бойко, В.М.Бондаренко, С.В.Бондаренко, Т.Ванек, А.А.Гвоздева, В.Д.Гринева, В.В.Гусельникова, С.Залески, В.Ф.Залого, В.А.Клевцова, Д.Н.Лазовского, И.М.Литвинова, Ю.Н.Лозового, А.Лоссье, О.В.Лужина, А.И.Мартемьянова, Б.Н.Мизерника, А.Митцел, И.И.Михеева, Н.М.Онуфриева, Б.С.Поповича, Т.М.Пецольда, В.В.Пинаджана, Ю.Д.Рыбакова, Г.М.Спрыгина, Ю.Тьерри, Г.И.Титова, И.А.Физделя, Е.Р.Хило, С.Чемпион, А.Л.Шагина, В.В.Ширина и других.

Значительные исследования ведутся БГПА (г.Минск), ВЗИСИ (г.Москва), ДальНИИС (г.Владивосток), КИСИ (г.Казань), КТУ (г.Красноярск), ЛИСИ (г.Санкт-Петербург), НИИЖБ (г.Москва), НИИСП (г.Киев), НИИСК (г.Киев), ПГУ (г.Полоцк), СибАДИ (г.Омск), ТГАСА (г.Томск), Харьковским Промстройинипроектам, ДНИИСК и многими другими.

Наиболее подробно рассматривается усиление изгибаемых железобетонных конструкций наращиванием сечений. В частности, для плит покрытий и перекрытий рассматривается способ усиления намоноличиванием, позволяющий производить усиление при полной, частичной разгрузке или под нагрузкой.

Основные подходы к современным методам расчета усиленных конструкций заложены в работах Н.Х.Аратняна, В.М.Бондаренко, А.А.Гвоздева, Ю.П.Гущи, А.С.Залесова, О.Ф.Ильина, Н.И.Карпенко, Э.Г.Казачка, В.И.Мурашева, И.Е.Прокоповича, Н.Н.Складнева, Э.А.Чистякова, и многих других. Анализируются методы расчета с точки зрения учета условий работы и особенностей железобетонных конструкций. Обширные теоретические и экспериментальные исследования методов усиления конструкций под нагрузкой были выполнены В.М.Бондаренко, С.В.Бондаренко, Л.И.Беринским,

В.А.Клевцовым, Р.С.Санжаровским, Н.М.Снятковым и другими.

Впервые в 1989 году в СНиПе 2.03.01-84* были введены некоторые рекомендации по расчету конструкций, усиленных под нагрузкой, упрощенно оценивающие влияние нагрузки до усиления на несущую способность усиленных конструкций.

На основании проведенного анализа сформулированы цель и задачи диссертационной работы.

Во второй главе приводятся принципы построения деформационной модели нормальных сечений усиленной конструкции, методики теоретических и экспериментальных исследований, задачи численного и натурального эксперимента.

В основу теоретических исследований положена деформационная модель сечений, используемая А.А.Гвоздевым и Е.А.Чистяковым для обычных конструкций, предназначенных для нового строительства. Сечение железобетонного элемента представляется совокупностью волокон, параллельных продольной оси элемента. Напряжения и деформации волокон определяются исходя из условий равновесия и условия совместности их деформирования, согласно гипотезе плоских сечений. В дальнейшем эта модель была развита С.В.Бондаренко, А.Б.Голышевым, П.И.Васильевым, Ю.П.Гущей, А.А.Дыховичным, Е.Ш.Жумагуловым, А.С.Залесовым, О.Ф.Ильиным, Т.А.Мухомедиевым, Р.С.Санжаровским, Н.Н.Складневым, А.В.Щубиком и другими.

Учет пластических свойств материалов в модели сечений производится путем ввода в расчет диаграмм растяжения-сжатия арматуры и бетона. Для реализации деформационной модели сечений используются кусочно-линейные диаграммы деформирования материалов, состоящие из трех отрезков и трех точек соответственно, по проекту новой редакции СНиП "Железобетонные конструкции"

Российской Федерации.

При разработке деформационной модели нормальных сечений усиленных конструкций, кроме известных положений модели сечений, вводится ряд дополнительных условий:

1. Выполняется гипотеза плоских сечений для распределения деформаций по волокнам для основного и дополнительного сечений в отдельности.

2. Связь старого и нового бетонов принимается жесткой. Работа конструкций после усиления вплоть до разрушения осуществляется в предположении совместности деформаций.

Задача определения напряженно-деформированного состояния и несущей способности усиленной конструкции разбивается на два этапа: определение напряженно-деформированного состояния конструкции до усиления; определение напряженно-деформированного состояния и несущей способности конструкции после усиления. Расчетная схема конструкции до и после усиления показана на рис. I.

Деформации i -го волокна сечения до усиления определяются исходя из равновесия сечения и совместности деформаций волокон, основанной на гипотезе плоских сечений

$$\varepsilon_i^0 = M_0 \frac{y_0 - y_i}{\sum_{i=1}^n A_i E_i (y_0 - y_i)^2} \quad (I)$$

где E_i - секционный модуль деформаций i -го волокна; y_i - расстояние от центра тяжести i -го волокна до нижней грани; y_0 - расстояние от нижней грани до нейтральной оси сечения; A_i - площадь i -го волокна; M_0 - изгибающий момент.

При использовании нелинейных законов деформирования, согласно диаграммам "σ - ε", при выходе из упругой стадии работы σ_0 и E_i не остаются постоянными и зависят от величины деформаций,

II

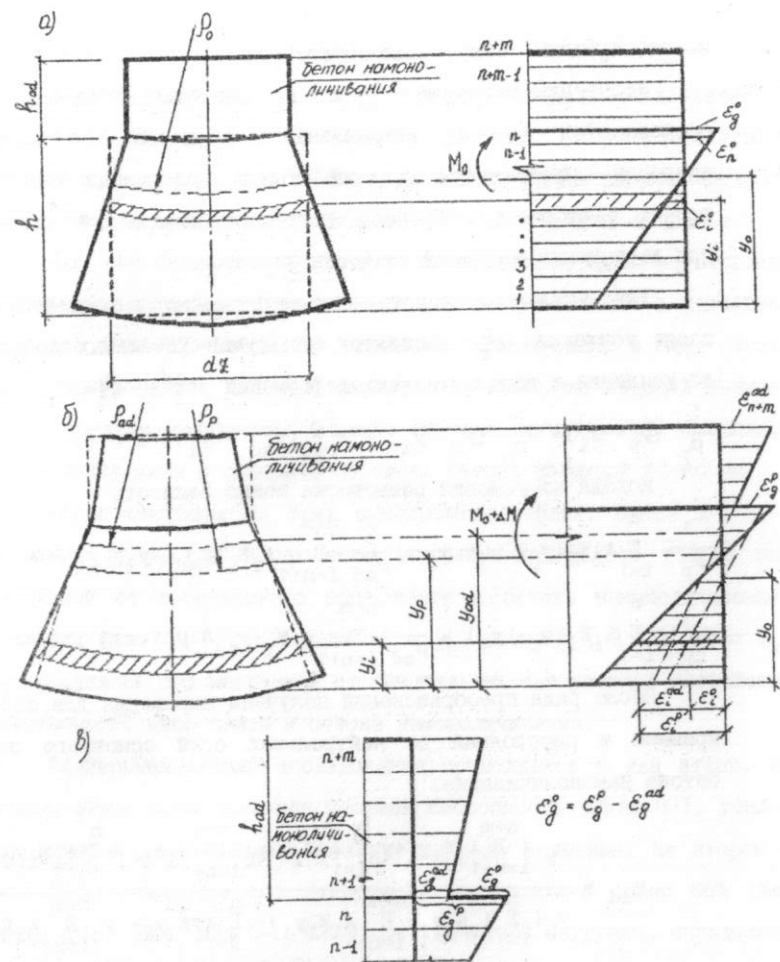


Рис. I. Расчетная схема элемента, усиленного монолищиванием:

а) от нагрузки до усиления; б) после усиления и приложения дополнительной нагрузки; в) соотношение деформаций на границе контакта

высоты трещины, если такая образуется.

Уточнение значений y_0 и E_i для каждого этапа нагружения производится в ходе итерационного процесса. На каждом шаге итерации определяется текущий модуль деформации волокон E_i , расчет повторяется. Процесс уточнения деформаций заканчивается при достижении заданной точности расчета.

Для усиленной конструкции деформации в основном сечении после усиления ϵ_i^p находятся как сумма начальных деформаций ϵ_i^0 до усиления и дополнительных деформаций ϵ_i^{ad} : $\epsilon_i^p = \epsilon_i^0 + \epsilon_i^{ad}$ или

$$\frac{1}{\rho_p} (y_p - y_i) = \frac{1}{\rho_0} (y_0 - y_i) + \frac{1}{\rho_{ad}} (y_{ad} - y_i), \quad i = 1 \dots n. \quad (2)$$

Исходя из условий равновесия можно записать

$$\frac{1}{\rho_p} \sum_{i=1}^n A_i E_i (y_p - y_i) y_i + \frac{1}{\rho_{ad}} \sum_{i=n+1}^{n+m} A_i E_i (y_{ad} - y_i) y_i + M = 0, \quad (3)$$

$$\frac{1}{\rho_p} \sum_{i=1}^n A_i E_i (y_p - y_i) + \frac{1}{\rho_{ad}} \sum_{i=n+1}^{n+m} A_i E_i (y_{ad} - y_i) = 0. \quad (4)$$

После ряда преобразований получены выражения для определения кривизн и расстояний до нейтральных осей основного сечения и бетона намоноличивания.

$$y_{ad} = \frac{y_p \left(\sum_{i=n+1}^{n+m} A_i E_i y_i + y_0 \sum_{i=1}^n A_i E_i \right) - y_0 \left(\sum_{i=n+1}^{n+m} A_i E_i y_i + \sum_{i=1}^n A_i E_i y_i \right)}{y_p \left(\sum_{i=1}^n A_i E_i + \sum_{i=n+1}^{n+m} A_i E_i \right) - \sum_{i=1}^n A_i E_i y_i - y_0 \sum_{i=n+1}^{n+m} A_i E_i}, \quad (5)$$

$$\rho_{ad} = \frac{y_p - y_{ad}}{y_0 - y_p} \rho_0, \quad (6)$$

$$\rho_p = \frac{\rho_{ad} \rho_0}{\rho_{ad} + \rho_0}. \quad (7)$$

Из выражений (5), (6), (7) и условия равновесия (3) получено трансцендентное уравнение с одним неизвестным y_p . Решение

уравнения производится численным методом.

Деформационная модель нормальных сечений реализована в разработанном автором алгоритме расчета, с использованием которого составлена программа и выполнен численный эксперимент. Результаты численного эксперимента приведены в третьей главе.

Для апробации теоретических исследований были изготовлены плитные конструкции сплошного прямоугольного сечения с размерами образцов 2600*800*160 мм до усиления, объединенных в одну серию. Плиты армировались рабочей арматурой Ат-600С, не имеющей физического предела текучести. Опытные образцы впоследствии усиливались намоноличиванием в сжатой зоне слоем бетона толщиной 60-80 мм.

Серия состояла из трех однопролетных плит. Плита П-1 - с $\mu=0.265\%$ ($\xi \leq \xi_R$) в процессе усиления находилась только под нагрузкой от собственного веса плиты и бетона намоноличивания. Усиление плит П-2 с $\mu=0.265\%$ ($\xi \leq \xi_R$) и П-3 с $\mu=1.06\%$ ($\xi \approx \xi_R$) производилось под нагрузкой от специальных загрузающих устройств, собственного веса плиты и бетона намоноличивания.

Экспериментальные исследования проводились в два этапа. На первом этапе исследовалась несущая способность плиты П-1, усиление которой производилось без нагрузки до усиления. На втором - П-2, П-3, усиленные под нагрузкой, составляющей более 65% (для плиты П-2 - 82%, для П-3 - 69%) от расчетной нагрузки, определенной по СНиП 2.03.01-84*. Испытания проводились по однопролетной балочной схеме нагружением сосредоточенными силами в третях пролетов.

В процессе создания нагрузки до усиления и при проведении испытаний усиленных образцов измерялись деформации бетона и арматуры, деформации сдвига бетона намоноличивания относительно контактной поверхности плитной части образцов, прогибы, ширина

При проценте армирования конструкции, близком к проценту армирования большинства используемых на практике плит покрытий и перекрытий, нагрузка, действующая на конструкцию к моменту усиления, практически не влияет на несущую способность усиленной конструкции. Начальное напряженно-деформированное состояние, вызванное нагрузкой до усиления, оказывает влияние на характер развития деформаций в арматуре и бетоне лишь до момента начала интенсивных деформаций. Развитие деформаций в арматуре до начала текучести, в этом случае происходит медленнее чем деформаций конструкции, усиленной без нагрузки.

Резкое снижение несущей способности происходит в высокоармированных конструкциях при $\xi > \xi_R$, усиленных под нагрузкой более 30% от теоретической разрушающей. При этом, признак разрушения формируется вследствие достижения предельных деформаций в бетоне основного сечения.

На основании полученных данных разработан расчетный аппарат, ориентированный не только на использование ЭВМ, но и на основные положения действующих норм проектирования.

Установлено, что относительная граничная высота сжатой зоны ξ_R и величина коэффициента условий работы арматуры γ_{s6} в усиленных под нагрузкой конструкциях не являются постоянными величинами. Выявлено, что зависимости " $\sigma_s - \xi$ " для конструкций, усиленных под нагрузкой, имеют схожий характер с зависимостями для конструкций с предварительным напряжением (рис.3).

Предлагается при определении граничной высоты сжатой зоны усиленных под нагрузкой элементов следующая зависимость

$$\xi_R^* = \frac{\omega}{1 + \frac{\sigma_{sR} - \sigma_{s0}}{\sigma_{su}} \left(1 - \frac{\omega}{I \cdot I}\right)}, \quad (8)$$

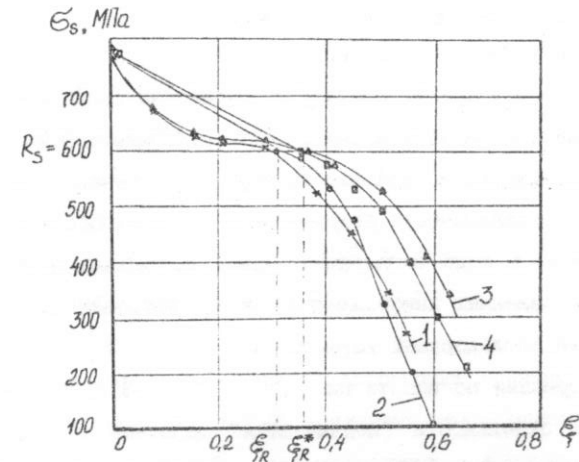


Рис.3. Зависимость напряжений в арматуре от относительной высоты сжатой зоны:
1- по модели при $\sigma_s = 0$ МПа; 2- по СНиП 2.03.01-84*;
3- по модели при $\sigma_s = 200$ МПа; 4- по СНиП 2.03.01-84*
при преднапряжении $\sigma_{sp} = 200$ МПа;

где σ_{s0} - напряжения в арматуре от внешней нагрузки к моменту усиления до омоноличивания, МПа.

Соответственно для γ_{s6}

$$\gamma_{s6}^* = \eta - (\eta - 1) \cdot \left(2 \cdot \frac{\xi}{\xi_R^*} - 1\right) \leq \eta. \quad (9)$$

где η - определяется по п.3.13 СНиПа 2.03.01-84*.

Максимальное расхождение результатов несущей способности по деформационной модели и по рассмотренным зависимостям (8), (9) предлагаемой методики составило 8.6% в сторону запаса прочности.

При расчете прочности нормальных сечений, усиленных под нагрузкой, с учетом формул (8) и (9), для случая $\xi < \xi_R$ коэффициенты условий работы γ_{sR1} и γ_{br1} к расчетным характеристикам

арматуры и бетона усиления принимались равными I независимо от величины нагрузки до усиления.

Четвертая глава посвящена экспериментальным исследованиям. Приводятся данные, подтверждающие основные положения, принятые в деформационной модели нормальных сечений усиленных конструкций, и правильность разработанного расчетного аппарата. Данные получены в ходе экспериментальных исследований на натуральных образцах, усиленных намоноличиванием под нагрузкой и без нее.

В ходе исследований установлено:

-деформации по высоте плит П-1, П-2, П-3 и бетона намоноличивания в отдельности "подчиняются" гипотезе плоских сечений. Общая эпюра деформаций усиленной конструкции имеет ломанный характер со скачком в зоне контактного шва (рис.4);

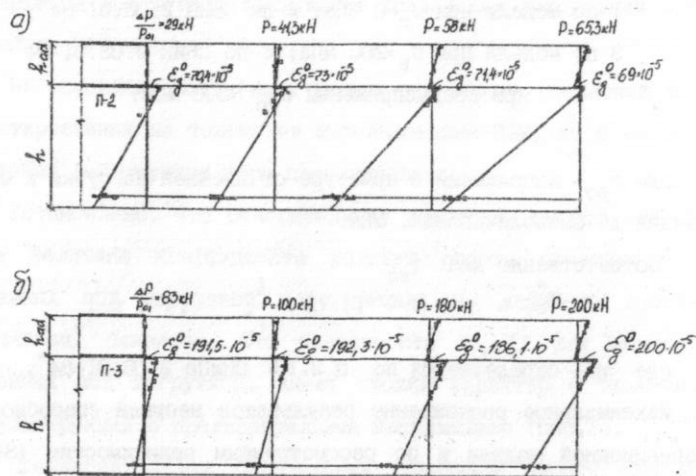


Рис.4. Характер развития деформаций по высоте сечения

а) в П-2; б) в П-3

-величина скачка в зоне контактного шва остается практически неизменной до момента разрушения;

-деформации сдвига между плитой и бетоном намоноличивания отсутствуют вплоть до разрушения. Контактный шов может рассматриваться как абсолютно жесткий;

-характер развития деформаций в арматуре и бетоне соответствует полученному в ходе численных исследований по деформационной модели.

Изучение характера развития деформаций арматуры и бетона в сечении конструкций П-2 и П-3, усиленных намоноличиванием под нагрузкой и без нее в П-1, свидетельствует о влиянии нагрузки до усиления на процесс развития деформаций лишь на начальных этапах загрузки до начала развития интенсивных деформаций в арматуре. При нагрузках, близких к предельным, характер развития деформаций в арматуре для конструкций, усиленных под нагрузкой и без нее, не отличается.

В плитах П-2, П-3, усиленных под нагрузкой, на начальных этапах загрузки наблюдалось "замедление" роста деформаций арматуры, процесса раскрытия трещин и развития прогибов. В этом случае значения деформаций в арматуре, ширины раскрытия трещин и прогибов оказались меньшими, чем в плите П-1, усиленной без нагрузки.

Сравнение результатов экспериментальной и теоретической (по деформационной модели) несущих способностей нормальных сечений, усиленных под нагрузкой, показало достаточную точность расчетного аппарата. Расхождения результатов составили не более 3.5%.

В приложении приводятся рекомендации по расчету прочности нормальных сечений изгибаемых элементов, усиленных намоноличиванием под нагрузкой, и акты внедрения.

1. Проведенные исследования подтвердили эффективность устройства бетона намоноличивания под нагрузкой для увеличения несущей способности изгибаемых элементов.

2. Разработана деформационная модель нормальных сечений изгибаемых конструкций с учетом диаграмм состояния арматуры и бетона. Деформационная модель нормальных сечений позволяет определять напряженно-деформированное состояние конструкций на любом этапе нагружения как до, так и после усиления, что дает возможность рассчитывать изгибаемые конструкции, усиление которых производится под нагрузкой или без нагрузки.

3. Результаты экспериментальных исследований подтвердили приемлемость гипотез и допущений, положенных в основу деформационной модели. Сравнение экспериментальных и теоретических несущих способностей нормальных сечений показало хорошую сходимость результатов. Расхождение значений составило не более 3.5%.

4. В результате исследований установлено, что нагрузка до усиления может не влиять на несущую способность нормальных сечений, оказывать как положительное, так и отрицательное влияние в зависимости от процента армирования, уровня нагрузки до усиления, соотношения прочностей и толщин усиливаемой конструкции и конструкции усиления.

5. При процентах армирования, близких к проценту армирования большинства используемых на практике плит покрытий и перекрытий, нагрузка, действующая на конструкцию к моменту усиления, практически не влияет на несущую способность усиленной конструкции. Снижение несущей способности происходит в конструкциях с высоким процентом армирования при $\xi > \xi_R$ и нагрузке до усиления более 80%

от разрушающей.

6. Разработана методика расчета нормальных сечений изгибаемых конструкций, усиленных намоноличиванием под нагрузкой, на основании действующих норм проектирования. Предложены формулы для определения относительной граничной высоты сжатой зоны ξ_R^* (8) и коэффициента условий работы высокопрочной арматуры за условным пределом текучести γ_{s6}^* (9).

7. При выполнении условия $\xi < \xi_R$ коэффициенты условий работы γ_{br1} и γ_{br1} к расчетным характеристикам арматуры и бетона усиления предлагается принимать равными 1.

8. Сравнение результатов расчета прочности нормальных сечений изгибаемых элементов, усиленных намоноличиванием под нагрузкой, по деформационной модели и по предлагаемым формулам (8) и (9) на основании действующих норм проектирования показало достаточную точность расчета конструкций, усиленных под нагрузкой. Максимальное расхождение результатов составило 8.6% в сторону запаса прочности.

Основное содержание работы отражено в следующих публикациях:

1. Лазовский Д.Н., Лелюго А.Г., Кремнева Е.Г., Серяков Г.Н. Усиление сборных многопустотных панелей перекрытий // Промышленное и гражданское строительство. - 1993. - № 10. - с.9-11.

2. Кремнев А.П., Кремнева Е.Г. Программа для расчета плитных конструкций, усиленных под нагрузкой // Совершенствование строительных материалов, технологий и методов расчета конструкций в новых экономических условиях: Материалы международной научно-практической конференции. - Сумы, 1994. - с.220.

3. Нестеренко В.В., Кремнева Е.Г. Усиление плитных конструкций под нагрузкой // Проблемы качества и надежности машин:

Тезисы докладов республиканской научно-технической конференции. - Могилев, 1994. - Ч.II. - с.106.

4. Кремнева Е.Г., Нестеренко В.В. О методике расчета плитных конструкций, усиленных под нагрузкой // XXI научно-техническая конференция в рамках проблемы "Наука и мир": Тезисы докладов. - Брест, 1995. - Ч.III. - с.58.

5. Кремнева Е.Г. Исследование изгибаемых железобетонных элементов, усиленных наращиванием // Эксплуатационная надежность зданий и сооружений: Тезисы докладов совещания-семинара. - Минск, 1995. - с.80-82.

6. Кремнева Е.Г. Изучение влияния параметров набетонки на эффективность усиления железобетонных конструкций // Ресурсо- и энергосберегающие технологии на транспорте и строительном комплексе: Тезисы докладов международной научно-практической конференции. - Гомель, 1995. - с.137.

Подписано в печать 23.09.96г. Формат 60x84 Печать офсетная
Объем 1,0 п.л. Тираж 70 экз. Заказ № 97

Ротапринт Полоцкого государственного университета.
Беларусь г.Новополоцк, ул.Блохина 29.