

МИНИСТЕРСТВО УТЕЙ СООБЩЕНИЯ СССР
ДНЕПРОПЕТРОВСКИЙ ИНСТИТУТ ИНЖЕНЕРОВ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО
ТРАНСПОРТА имени М.И.КАЛИНИНА

На правах рукописи

УДК 624.21.012.46.001

САЛО Владимир Юрьевич

СБОРНО-МОНОЛИТНЫЕ НЕРАЗРЕЗНЫЕ ПРОЛЕТНЫЕ СТРОЕНИЯ ИЗ
БАЛОЧНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ, ОБЪЕДИНЕННЫХ ПРЕДВАРИТЕЛЬНО
НАПРЯЖЕННЫМИ СТЫКАМИ

Специальность 05.23.15 - Мосты, тоннели и другие
строительные сооружения на
железных и автомобильных дорогах

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

Днепропетровск - 1986

Работа выполнена на кафедре строительных конструкций Львовского ордена Ленина политехнического института имени Ленинского комсомола.

Научные руководители: доктор технических наук,
профессор А.С. Курыло
кандидат технических наук,
доцент Б.Г. Гнидец

Официальные оппоненты: доктор технических наук, старший
научный сотрудник Цейтлин А.Л.
кандидат технических наук,
доцент Загора А.Л.

Ведущая организация - ГосдорНИИ Миндорстроя УССР

Защита состоится "26" декабря 1986 года в 15 часов
на заседании специализированного совета № К II4.07.02 "Мосты,
тоннели и другие строительные сооружения на железных и автомо-
бильных дорогах" в Днепропетровском институте инженеров железно-
дорожного транспорта имени М.И. Калинина по адресу: 320700,
г. Днепропетровск, ул. Лазаряна, 2.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Днепро-
петровского института инженеров железнодорожного транспорта.

Автореферат разослан 20. ноября 1986 г.

Ученый секретарь
специализированного совета
кандидат технических наук



В.П. ТАРАСЕНКО

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы. В основных направлениях экономического и социального развития СССР на 1986-1990 годы и на период до 2000 года, утвержденных XXVII съездом КПСС, ставятся большие задачи по совершенствованию транспортной сети страны. Расширение транспортного строительства и рост объемов мостостроения при решении поставленных задач требуют создания экономических мостовых конструкций, что может быть достигнуто разработкой новых и совершенствованием существующих конструкций, применением прогрессивной технологии их изготовления и более строгих расчетных обоснований.

Практика отечественного и зарубежного мостостроения свидетельствует о целесообразности широкого использования при возведении мостов сборно-монолитного железобетона, сочетающего в себе основные преимущества сборного и монолитного. Одним из главных преимуществ таких конструкций является возможность создания балочно-неразрезных пролетных строений с предварительно напряженными стыками сравнительно простыми способами. Однако, с точки зрения проектирования возникает много неясных вопросов, связанных со спецификой сборно-монолитного железобетона. Настоящая работа посвящена разработке и исследованию сборно-монолитных неразрезных пролетных строений, образованных из сборных балок и ребристых плит, объединяемых предварительно напряженными стыками.

Диссертационная работа выполнена по теме, которая включена в "Общесоюзный координационно-информационный план научно-исследовательских работ на 1984-1986 годы и на XII пятилетку по строительству, ремонту и содержанию автомобильных дорог и мостов", составленный Советом директоров дорожных НИИ и вузов в области строительства и эксплуатации автомобильных дорог.

Цель работы: совершенствование конструкций сборно-монолитных неразрезных пролетных строений и предварительно напряженных стыков для мостов с малыми и средними пролетами и методики их расчета с использованием расчетных предпосылок норм.

Методика исследований включает экспериментальные исследования работы опытных крупномасштабных образцов сборно-монолитных пролетных строений и фрагментов неразрезных пролетных строений натуральной величины, анализ существующих методов расчета, разработку и апробацию необходимых методик.

УЧБ

Научную новизну работы составляют:

- впервые полученные экспериментальные данные пространственной работы сборно-монолитных разрезных и неразрезных пролетных строений при непосредственном определении в процессе эксперимента возникающих опорных реакций;
- оценка влияния предварительно напряженных стыков на жесткость и трещиностойкость сборно-монолитных неразрезных пролетных строений;
- впервые полученные экспериментальные данные напряженно-деформированного состояния фрагментов сборно-монолитных балочных пролетных строений натуральной величины с двузначной эпурой изгибающих моментов;
- установленная связь между разрушением по объединительному шву и по наклонным сечениям и рекомендации по расчету, достоверность которых подтверждена экспериментально.

Практическая ценность работы:

- усовершенствована конструкция сборно-монолитных балочных неразрезных пролетных строений и предварительно напряженных стыков;
- разработана инженерная методика расчета сборно-монолитных неразрезных пролетных строений с напрягаемыми стыками неразрезности;
- результаты исследований способствуют внедрению в практику строительства мостов более эффективных сборно-монолитных конструкций.

Реализация работы. Разработанные конструктивные решения предварительно напряженных стыков использованы Киевским филиалом ГПИ "Совздорпроект" Минтрансстроя СССР при строительстве неразрезного железобетонного путепровода в г. Ужгороде. Материалы диссертации использованы Львовским филиалом института "Укргипродор" Миндорстроя УССР при проектировании неразрезных пролетных строений мостов, в частности, путепровода на автомобильной дороге Дрогобыч-Довгодука и моста к башне водосброса на водохранилище у г. Стрый.

Предложенная автором методика расчета используется в течение ряда лет в ходе дипломного проектирования, а также в курсе лекций по железобетонным мостам, читаемых в ЛПИ.

Апробация работы. Результаты работы доложены и обсуждены на научно-технических конференциях профессорско-преподавательского

состава Львовского политехнического института (1976–1986 г.г.), на XI и XI I научно-методических и научно-исследовательских конференциях Московского автомобильно-дорожного института (Москва, 1982, 1983 г.г.), на заседании постоянно действующего семинара по проблемам мостостроения при кафедре строительных конструкций и мостов Киевского автомобильно-дорожного института (Киев, 1982 г.), на Всесоюзном координационном совещании по комплексной научно-технической программе 00.54.03 "Разработка и внедрение эффективных методов реконструкции и уширения железобетонных автодорожных мостов" (Львов, 1982 г.), на Республиканской научно-технической конференции "Современные проблемы проектирования автомобильных дорог" (Львов, 1982 г.), на VII Всесоюзном совещании дорожников в СоюздорНИИ (Москва, 1986 г.), на заседании научного семинара отделения искусственных сооружений ЦНИИС (Москва, 1986 г.), на заседании кафедры мостов ДИИТ (Днепропетровск, 1986 г.).

Публикации. По теме диссертации опубликовано II статей.

Объем работы. Диссертационная работа состоит из введения, шести глав, заключения, списка литературы из II8 наименований и приложений. Основной текст диссертации содержит I29 страниц машинописного текста, 65 рисунков, и 7 таблиц.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

В первой главе выполнен анализ конструктивно-технологических решений сборно-монолитных неразрезных пролетных строений и их стыков, отмечены тенденции их развития и дан обзор работ в области расчета сборно-монолитных конструкций.

Отмечено, что сборно-монолитные конструкции являются новой и экономически целесообразной разновидностью железобетонных конструкций. Их применение ведет к уменьшению расхода арматуры и бетона, снижению строительной высоты пролетных строений, увеличению жесткости всей конструкции при незначительном изменении технологического процесса. Большому многообразию требований, предъявляемым к искусственным сооружениям, отвечают сборно-монолитные пролетные строения перекрестно ребристых систем, разработанные во Львовском политехническом институте.

Исследованиями ряда отечественных и зарубежных ученых установлено, что эффективность сборно-монолитных неразрезных пролетных строений зависит от конструктивного решения и способов выполнения стыков, являющихся конструктивно-технологическим элементом

неразрезных пролетных строений. Анализ конструктивных решений стыков показывает, что более эффективными для неразрезных пролетных строений из цельноперевозных балок и плит являются предварительно напряженные стыки с прямолинейной арматурой, предложенные во Львовском политехническом институте.

Указано, что за последние десятилетия в СССР и за рубежом выполнен значительный объем экспериментальных и теоретических исследований сборно-монолитных конструкций. Одной из первых работ в СССР можно считать исследования Н.А.Калашникова, который в 1952 году разработал теоретические основы расчета сборно-монолитных сечений на прочность. В более поздних работах А.Е.Кузьмичева, Б.П.Ковтунова, Н.Г.Стулия, А.В.Харченко исследовано влияние монтажной нагрузки, прочности бетона сжатой зоны на несущую способность сборно-монолитных конструкций.

Н.А.Калашников один из первых предложил формулу для определения момента образования трещин в растянутой зоне. В дальнейшем вопросы жесткости и трещиностойкости сборно-монолитных конструкций получили развитие в работах Э.Г.Ратца, А.Е.Кузьмичева, А.Б.Гольшера, В.П.Полищука, П.Н.Кривошеева, А.О.Буракаса.

Проблемы, связанные с обеспечением надежной связи между бетоном сборных элементов и дополнительно уложенным, получили освещение в работах А.А.Гвоздева, А.П.Васильева, С.А.Дмитриева, В.Г.Савченко-Бельского, Н.А.Калашникова, Н.П.Филимоновой, Я.Г.Сунгатулина, В.А.Гутковского, Э.Глузинского, П.Абелеса, О.Фукихито, К.Казиро. Однако рекомендации этих исследований в ряде случаев приводят к расхождению результатов расчета и относятся, в основном, к статически определенным конструкциям.

Большое значение для развития инженерных методов расчета неразрезных пролетных строений мостов с учетом длительных процессов ползучести и усадки имеют работы М.Е.Гибмана, Я.Д.Лившица, Г.В.Кизирия, В.Д.Харлаба, А.Л.Цейтлина, Е.Н.Щербакова, В.В.Новака.

Основные положения проектирования сборно-монолитных конструкций регламентируются нормативными документами. Однако, методы расчета, изложенные в нормах, основаны преимущественно на опытах с элементами при однозначной эпюре моментов, и расчетные схемы не в полной мере отражают фактический характер работы элементов на участках с двузначной эпурой моментов. Почти нет экспериментальных работ, посвященных исследованию напряженно-деформированного состояния сборно-монолитных неразрезных конструкций натуральной величины с напрягаемыми стыками неразрезности. Не

проводились исследования пространственных сборно-монолитных конструкций пролетных строений разрезных и неразрезных систем.

В этих условиях постановка целенаправленных экспериментально-теоретических исследований сборно-монолитных изгибаемых конструкций представляется достаточно актуальной и своевременной.

Учитывая состояние вопроса, в исследовании ставились следующие задачи:

- разработать конструктивные решения сборно-монолитных неразрезных пролетных строений и предварительно напряженных стыков для мостов с малыми и средними пролетами, а также технологию изготовления сборных элементов и их монтажа;
- проанализировать пространственную работу сборно-монолитных пролетных строений с использованием современных методов расчета пространственных систем с оценкой влияния диафрагм на работу главных балок и плиты проезжей части;
- оценить экспериментально влияние предварительно напряженных стыков и регулирования усилий на жесткость, трещиностойкость сборно-монолитных неразрезных пролетных строений;
- выполнить экспериментальную проверку правомерности использования выбранных применительно к сборно-монолитным конструкциям исходных расчетных предпосылок норм, а в случае необходимости и их корректировку;
- обосновать возможность использования, унификации и эффективного применения сборно-монолитных конструкций при строительстве автодорожных и городских мостов.

Во второй главе изложены предлагаемые конструктивно-технологические решения сборно-монолитных неразрезных пролетных строений перекрестно ребристых систем и предварительно напряженных стыков.

По сравнению с рассмотренными аналогами предлагаемое сборно-монолитное пролетное строение отличается тем, что главные балки прямоугольного сечения омоноличиваются не с плоскими сборными железобетонными плитами, а с ребристыми (рис. 1). После монтажа, натяжения арматуры стыков, установки дополнительной арматуры и омоноличивания сборные элементы образуют сборно-монолитное неразрезное ребристое пролетное строение с диафрагмами, при этом монолитная часть плиты проезжей части механически связана с балками за счет выпусков хомутов.

Такое конструктивное решение позволяет:

- уменьшить массу сборных элементов при пролетах 24 ... 33 м (из условий строительства в горных районах Западных областей

Украины);

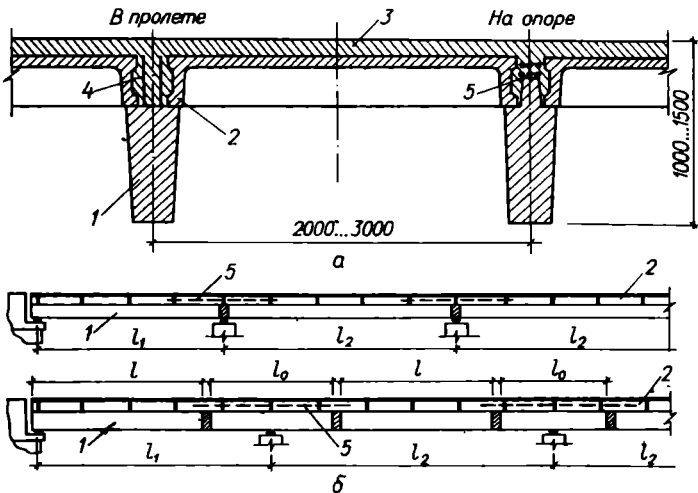


Рис. 1. Схема сборно-монолитного пролетного строения:

а - поперечное сечение; б - продольный вид;

1 - сборная балка; 2 - ребристая плита; 3 - монолитный бетон; 4 - выпуски хомутов; 5 - надопорная напрягаемая арматура.

- обеспечить надежную совместную работу элементов в системе пролетного строения;
- максимально упростить конструкцию сборных элементов и создать возможность их изготовления на обычных заводах ЖБК;
- применять его для пролетных строений на горизонтальных и вертикальных кривых, а также косых пересечениях и на закруглениях малого радиуса в транспортных развязках.

Для мостов с пролетами 24 м сборные балочные элементы перекрывают весь пролет и объединяются в неразрезные над промажучоч-

ными опорами, а для остальных схем стыки вынесены в пролет (рис. 1,б).

Высота сборных преднапряженных элементов определяется расчетным пролетом, классом бетона, мощностью напрягаемой арматуры, а ширину ребра назначают с учетом размещения напрягаемой арматуры, в качестве которой приняты стержни периодического профиля из стали класса А-IIIв и А-IV. Сборные железобетонные ребристые плиты приняты без предварительного напряжения арматуры с высотой ребер 20 ... 30 см и толщиной полки 50 мм, а остальная часть доомоноличивается до расчетной толщины.

Предложенные конструктивные решения предварительно напряженных стыков комплексно решают задачи обжатия стыка, армирования сборно-монолитных сечений в надпорных участках и искусственного регулирования усилий при монтаже. Универсальность предлагаемых стыков заключается и в том, что они пригодны для укрупнительной сборки элементов на строительной площадке.

Для выполнения экспериментальных исследований, а также опытного строительства разработаны и внедрены в производство кассетные силовые формы для одновременного изготовления 4 балок пролетом 12 м, технология изготовления балок пролетом 18 м, бетонирования в горизонтальном положении с групповым натяжением арматуры для 2-х балок, металлические кассетные формы на 2 балки пролетом 24 м с упругоработавшими элементами боковых щитов с использованием стационарных стендов для пустотных плит длиной 18 м.

Показано, что принятая разбивка на монтажные элементы выполнена с учетом использования различных способов монтажа неразрезных пролетных строений, включая продольную надвижку.

Третья глава посвящена теоретическим исследованиям особенностей работы сборно-монолитных неразрезных пролетных строений и разработке методики их расчета с использованием расчетных предпосылок норм.

Отмечено, что методы определения усилий в элементах сборно-монолитных неразрезных пролетных строений должны учитывать пространственную работу конструкций, многостадийность их возведения, влияние усадки и ползучести бетона, а также воздействие искусственного регулирования усилий. Учет большого числа факторов напряженно-деформированного состояния пролетных строений мостов может быть осуществлен при использовании пространственных методов расчета, разработанных в нашей стране А.Ф.Смирновым, Б.Е.Улицким,

А.В.Александровым, В.Я.Лазенниковым, Н.Н.Шапошниковым, А.А.Потапкиным, и реализованных в ряде программ на ЭВМ. Указано, что методом плитно-балочных конструкций решаются практически все вопросы пространственного расчета данного класса конструкций. При этом в качестве основной системы принимается разрезное пролетное строение.

С целью унификации расчетов, учета имеющегося опыта проектирования железобетонных конструкций целесообразно использовать расчетные предпосылки норм для расчета сборно-монолитных конструкций мостовых систем как по первой, так и по второй группам предельных состояний. Установлено, что к расчету прочности по нормальным сечениям может быть привлечен расчетный аппарат, использованный при проектировании традиционных железобетонных конструкций условного однородного сечения, унифицированный в настоящее время в нормах проектирования мостов и конструкций общего назначения.

Анализом исследований А.А.Гвоздева, А.С.Залесова, Х.А.Зиганшина выявлены причины переоценки несущей способности наклонных сечений в элементах с двухзначной эпюрой моментов. Для неразрезных пролетных строений поперечную силу, воспринимаемую бетоном сжатой зоны и хомутами рекомендуется определять по формуле СНиП 2.03.01-84.

$$Q_{\omega b} = q_{sw} c_0 + \frac{B}{c}, \quad (I)$$

в которой первое слагаемое, выводимое ранее из условия теоретического минимума несущей способности сечения, теперь рассматривается как эмпирическая зависимость до $c_0 = 2h_0$. Для длины c в знаменателе второго слагаемого принимается самое неблагоприятное значение.

Отмечено, что применение известных расчетных способов оценки прочности контакта сборного элемента и монолитного бетона в неразрезных пролетных строениях требует определенной гибкости. Указано, что для неразрезных пролетных строений участки сдвига l_{sh} по контакту при достижении в сборно-монолитной конструкции первого предельного состояния четко выделяются и ограничиваются пролетными и опорными наклонными трещинами самого опасного направления и сдвигающие напряжения определяют, используя методы технической теории предельного равновесия, разработанные Г.Кани, Г.М.Власовым, Я.Г.Сунгатуллиным. Предлагается проверку прочности

контакта производить по следующим зависимостям:

$$S_{gq} \leq S_{iq} \cdot l_{sh} \quad (2)$$

где S_{gq} - сдвигающее усилие в шве сопряжения, вычисленное по формуле:

$$S_{gq} = N_{\theta sp} + N_{\theta sup} \quad (3)$$

S_{iq} - среднее суммарное предельное сопротивление сдвигу на единицу длины; l_{sh} - длина участка сдвига (рис. 2).

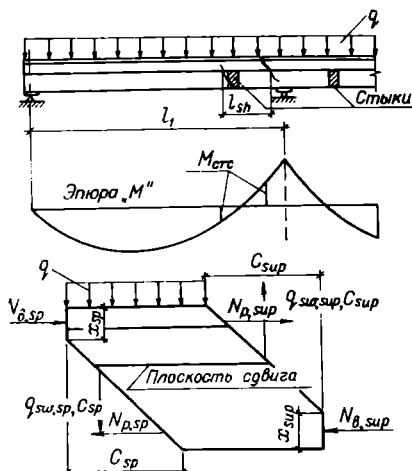


Таблица 1

Вид связи	Формулы для расчета
Сцепление и зацепление	$S_{\theta} = 1,6 \cdot R_{\theta t} \cdot \theta \quad (4)$
Выпуски хомутов	$S_{sw} = \frac{d^2 \sqrt{10 R_f n}}{a_s} \quad (5)$
Бетонные шпонки	$S_h = \frac{2 \cdot R_{\theta t} \cdot A_{\theta} \cdot a_n}{a_k} \quad (6)$
Сварные стыки	$S_{an} = \frac{2 R_{\theta t} \cdot m \cdot t_f \cdot l_{wr}}{a_{an}} \quad (7)$

Рис. 2. К расчету прочности контакта сборного элемента и монолитного бетона при двучастной эпюре изгибающих моментов.

В таблице I приведены формулы для определения расчетных сдвигающих усилий на единицу длины, воспринимаемых объединительными связями.

Показано, что трещиностойкость сборно-монолитных неразрезных пролетных строений с предварительно напряженными стыками существенно повышается. Приведена формула для определения момента образования нормальных трещин $M_{трс, тол}$ в растянутых волокнах бетона омоноличивания напрягаемой надопорной арматуры. Отмечено,

что деформации (прогибы) не являются определяющими для расчета сборно-монолитных неразрезных пролетных строений и могут быть определены без учета трещин. Расчетная формула для определения величины предварительного удлинения арматуры стыков приведена в виде, удобном для практического применения.

В четвертой главе описаны конструкции, технология изготовления, методика и результаты испытаний опытных сборно-монолитных пролетных строений и сборно-монолитных мостовых конструкций при кратковременном нагружении.

Программа исследований включала 5 серий. Работа элементов разработанной конструкции сборно-монолитных пролетных строений изучалась в трех сериях опытных пролетных строений. Каждая серия включала два пролетных строения: одно - неразрезное двухпролетное с пролетами 3 м, другое - разрезное пролетом 3 м. В первых двух сериях опытная конструкция пролетных строений однотипна и состояла из 4-х сборных предварительно напряженных балок и ребристых плит. Пролетные строения третьей серии включали сборные предварительно напряженные балки и монолитную плиту проезжей части.

Сборные балки двухпролетные длиной 6,2 м прямоугольного сечения 10х14 см армировались предварительно напряженной арматурой из $\Phi 14$ А-IIIв и одним каркасом. При расстоянии между балками 50 см толщина плиты составляла 2,5 см. Армирование принято сварными сетками с поперечной рабочей арматурой $\Phi 4$ В1 при размерах ячейки 7 см. Продольная напрягаемая арматура в надопорных участках из одного стержня $\Phi 14$ А-IIIв с натяжением электротермическим способом на упоры в балках. Натяжение арматуры в сборно-монолитных диафрагмах пролетных строений 1-2 серий производили электротермическим способом с использованием накладных упоров.

Все элементы опытных конструкций пролетных строений были изготовлены из тяжелого бетона естественного твердения с прочностью на сжатие 39-44 МПа.

Для испытаний статической нагрузкой был разработан стенд с тремя поперечными металлическими рамами, служащими опорами пролетных строений. Опираие балок принято через кольцевые динамометры. Опытные пролетные строения испытывались по разработанной методике при нагружении сосредоточенными силами в пролетах от гидродомкратов с помощью систем траверс и тяг. Загружение до разрушения в каждой серии велось по различным схемам, что дало возможность получить максимальные усилия в крайних и средних балках как в пролете, так и на опоре.

Проведенные автором испытания показали, что предложенные способы объединения балок в поперечном направлении обеспечивают пространственную работу сборно-монолитных пролетных строений. Поперечное обжатие сборно-монолитных диафрагм приближает работу пролетного строения к монолитному. С помощью натяжения надпорной арматуры были значительно уменьшены изгибающие моменты и прогибы от монтажной нагрузки. Интенсивность работы плиты бездиафрагменных пролетных строений значительно возрастает по сравнению с плитой пролетных строений с диафрагмами. Разрушение наступило при нагрузке на 10–15% меньшей чем для опытных образцов с диафрагмами.

Опытные железобетонные предварительно напряженные балки прямоугольного сечения пролетами 12 и 18 м (4-я серия) испытывались как сборные элементы на монтажные нагрузки и как сборно-монолитные на эксплуатационные нагрузки и до истощения несущей способности. Сборные элементы изготовлены из тяжелого бетона класса В30, а бетон омоноличивания класса В20. Связь бетона омоноличивания и сборных элементов осуществлялись за счет шероховатости поверхности контакта, выпусков хомутов и бетонных шпонок. Загружение балок проводилось сосредоточенными силами от гидродомкратов в местах объединения ребристых плит со сборными элементами.

Анализ и сопоставление результатов испытаний сборных и сборно-монолитных балок пролетных строений показали, что в результате омоноличивания трещиностойкость увеличилась в 2 раза, а жесткость почти в 3 раза. Деформации сдвига монолитной части бетона относительно сборной в приопорной зоне примененными приборами не зафиксированы.

В главе представлены также результаты экспериментальных исследований двух опытных конструкций фрагментов неразрезных пролетных строений натуральных размеров с предварительно напряженными стыками (5-я серия). Опытные конструкции в виде одного пролета длиной 15 м с консолью длиной 6 м монтировали из отдельных предварительно напряженных сборных элементов: пролетного, надпорного и консольного, представляющего собой часть среднего пролета. Предложено конструктивное решение предварительно напряженного стыка с опиранием пролетных элементов на консольные подрезки надпорных балок, обеспечивающее одностадийность омоноличивания.

Первая конструкция была изготовлена из отдельных сборных балок прямоугольного сечения, накладных ребристых плит и бетона омоноличивания, вторая – из пустотных плит. Поперечное армирование стыков соответствовало армированию сборных элементов. При

монтаже определяли дополнительный момент, возникающий от натяжения надпорной арматуры, по реакции, замеренной с помощью кольцевых динамометров, установленных на конце консоли.

В процессе испытаний велись наблюдения за напряженно-деформированным состоянием и несущей способностью опытных конструкций. Нагрузка в виде рядов сосредоточенных сил P_1 в пролете и P_2 - на консоли для первой конструкции, а также двух сил P_1 в пролете и одной силы P_2 на консоли - для другой, создавалась гидравлическими домкратами от двух насосных станций. Получено разрушение первой конструкции в пролете по стыку неразрезности, а второй - в сечении над промежуточной опорой. Выявлены особенности работы новых конструкций в зоне действия изгибающих моментов и поперечных сил, механизм образования и развития трещин, а также разрушения. Доказана высокая надежность предлагаемых конструктивных решений стыков и достаточная прочность, трещиностойкость и жесткость сборно-монолитных конструкций в целом. Установлено, что разрушение по контакту и наклонным сечениям являются следствием одних и тех же физических факторов, что требует совместного их изучения.

В пятой главе выполнен анализ проведенных автором экспериментальных исследований с целью оценки совместной работы элементов сборно-монолитных пролетных строений современными методами пространственного расчета и подтверждения предлагаемой методики расчета сборно-монолитных балочных конструкций с двузначной эпурой моментов.

Для решения первой задачи были проведены проверочные расчеты для опытных конструкций пролетных строений и пролетного строения с диафрагмами уменьшенной высоты по методам Хомберга, В.Г.Донченко, а также по программам пространственного расчета на ЭВМ ("PNP"-МАДИ, "ЕМ-5" ХАДИ, "СПИКА" ЦНИИСа). В результате анализа экспериментальных и теоретических данных (рис. 3) установлено:

- общий характер распределения усилий по поперечному сечению сборно-монолитных пролетных строений с диафрагмами и без них аналогичен;
- более существенное влияние оказывают диафрагмы на работу плиты проезжей части. При постановке 4-х диафрагм изгибающие моменты в плите уменьшились более чем в два раза;
- при объединении балок пролетных строений по плите и диафрагмам из условия прочности может быть уменьшено сечение сборно-монолитных диафрагм.

Выполнен также расчет сборно-монолитной консольной балки с учетом различных стадий действия нагрузок и образования сечений и по найденным усилиям проанализировано напряженное состояние и уровень трещинообразования. Установлено, что при регулировании усилий между сечениями неразрезных пролетных строений напрягаемой надопорной арматурой на стадии монтажа обеспечивается работа сборных элементов без трещин. При этом сборные ребристые плиты до омоноличивания не оказывают существенного влияния на напряженное состояние сборных элементов.

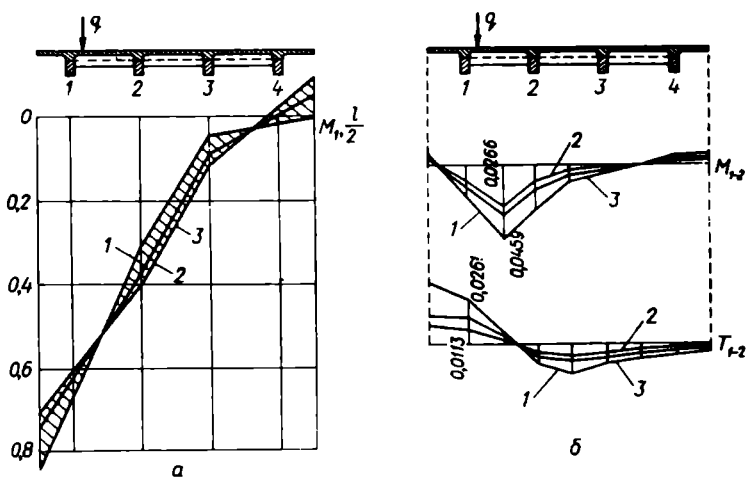


Рис.3. Зависимость усилий в балках (а) и плите проезжей части (б) сборно-монолитных пролетных строений от количества диафрагм и их сечения: 1—пролетное строение без диафрагм; 2—то же с четырьмя диафрагмами; 3— то же, с четырьмя диафрагмами уменьшенного сечения.

Сравнение опытных значений несущей способности по наклонным сечениям в конструкциях с двузначной эпурой моментов и теоретических по формуле СНиП 2.05.03-84 показало превышение расчетных значений над опытными при больших значениях отношения a/h_0 (рис. 4). Формула I, в которой во втором слагаемом длина принимает самое неблагоприятное значение, соответствует условию прочности. В разрабатываемых конструкциях со стыками в пролете за величину C рекомендуется принимать расстояние от опоры до стыка.

Оценка прочности контакта сборного элемента и монолитного бетона с определением средних значений сдвигающих напряжений по формуле Журавского и по зависимости технической теории предельного равновесия дает удовлетворительные результаты, подтвержденные испытаниями натурной конструкции.

Показано, что принятые в нормах критерии прочности бетона при плоском напряженном состоянии в области растяжение - сжатие дают положительные результаты и при наличии локальных нормальных трещин, т.е. косвенно учитывают перераспределение напряжений, вызванное неупругими деформациями бетона.

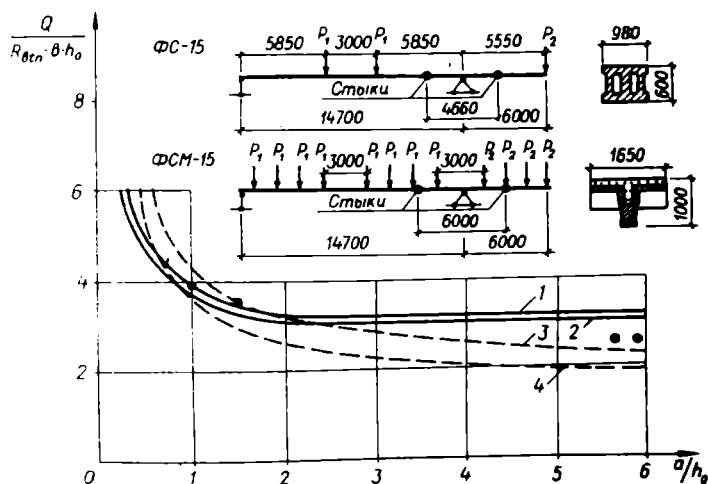


Рис. 4. Опытная и расчетная несущая способность консольных балок по наклонным сечениям: 1, 2 - расчеты по формуле СНиП 2.05.03-84; 3, 4 - то же, по формуле (I). Опытные точки: о - для конструкций из пустотных плит; • - для сборно-монолитной конструкции.

Шестая глава содержит результаты исследования эффективности применения сборно-монолитных конструкций в неразрезных пролетных строениях мостов.

Приведено развернутое сравнение вариантов с сопоставлением показателей расхода материалов и их стоимости, трудоемкости и стоимости изготовления, перевозки, монтажа как для отдельных элементов, так и для сборно-монолитных неразрезных пролетных строений в целом с использованием программы на ЭВМ ("SAGA", ЛПИ). Выявлены причины удорожания тех или иных конструктивных элементов или видов работ и приняты конкретные меры, направленные на повышение эффективности сооружений. Даны рекомендации по созданию сборно-монолитных унифицированных конструкций неразрезных пролетных строений мостов. Экономический эффект за счет снижения стоимости объектов от применения предложенных конструкций составил 44.0 тыс. руб.

ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ И ВЫВОДЫ

1. Разработаны и усовершенствованы конструктивные решения неразрезных мостов, пролетные строения которых включают сборные преднапряженные балки и ребристые плиты, служащие опалубкой для монолитной части плиты проезжей части и сборно-монолитных диафрагм, объединенные предварительно напряженными стыками с электро-термическим способом натяжения прямолинейной стержневой арматуры.

Технология изготовления сборных элементов и устройства предварительно напряженных стыков, принятая и проверенная экспериментально рекомендована для применения при строительстве мостов.

2. С помощью натяжения арматуры стыков сборно-монолитных неразрезных пролетных строений в значительных пределах выполняется регулирование усилий и прогибов. Таким образом, за счет выгодного распределения усилий между сечениями статически неопределимых конструкций повышается жесткость и трещиностойкость, полнее используется несущая способность сборных элементов. При этом вся или часть монтажной нагрузки включается в работу по неразрезной схеме.

3. Проведенные в лабораторных условиях впервые экспериментальные исследования неразрезных и разрезных пролетных строений с непосредственным определением опорных реакций при воздействии статической нагрузки показали достаточную прочность и жесткость сборно-монолитных конструкций, которые работали в упругой стадии

69439

почти до расчетной нагрузки. Результаты испытаний шести опытных железобетонных пролетных строений хорошо совпадают с данными расчетов. Усилия в сечениях и элементах пролетных строений следует определять в последовательно формируемых статически определимых и статически неопределимых схемах от соответствующих монтажных и эксплуатационных нагрузок.

4. Разработана методика расчета сборно-монолитных неразрезных конструкций с предварительно напряженными стыками с использованием расчетных предпосылок норм, учитывающая особенности работы элементов с двузначной эпюрой моментов. При этом предлагается:

- при определении несущей способности по наклонным сечениям необходимо учитывать уменьшение сопротивления действию поперечной силы сжатой зоны бетона при увеличении расстояния от сосредоточенной силы до промежуточной опоры;
- для оценки образования наклонных трещин принимать критерий прочности при плоском напряженном состоянии, учитывающий совместное действие изгибающего момента и поперечной силы;
- для практических целей определение средних значений сдвигающих напряжений по контакту сборного и монолитного бетонов следует вести используя зависимости технической теории предельного равновесия.

5. На основании проведенных исследований рекомендованы следующие оптимальные размеры сборно-монолитных пролетных строений: расстояние между главными балками 1,8-2,7 м, толщины плиты проезжей части 10-14 см, толщина ребра главных балок 22-26 см, высота сборных элементов 70-90 см, высота ребристой плиты 20-30 см. Строительная высота пролетных строений составляет соответственно $1/20 \dots 1/25$ от пролета.

6. В предлагаемых конструкциях расход бетона и арматуры ниже чем в неразрезных пролетных строениях из пустотных плит и равен расходу на пролетные строения из двутавровых унифицированных конструкций. Анализ показателей стоимости "в деле" и трудоемкости сборно-монолитных неразрезных пролетных строений свидетельствует об экономической эффективности их использования.

7. В задачи дальнейшего совершенствования неразрезных пролетных строений входит разработка и применение в сборно-монолитных пролетных строениях сборных предварительно напряженных сталебетонных балок с внешним листовым армированием.

Основные положения диссертации опубликованы в следующих работах:

1. Исследование стыков многопролетных неразрезных мостов с напрягаемой арматурой, замоноличиваемой в открытых каналах // Вестн. Львов. политехн. ин-та. Вопросы современного строительства. - 1977. - № 113. - с.8-13 (соавтор Гнидец Б.Г.).
2. Сборно-монолитные неразрезные железобетонные мосты с предварительно напряженными стыками в двух направлениях // Вестн. Львов. политехн. ин-та. Резервы прогресса в архитектуре и строительстве. - 1980, - № 145. - с.17-19 (соавтор Гнидец Б.Г.).
3. Результаты экспериментального исследования на моделях работы сборно-монолитных железобетонных неразрезных мостов с напрягаемой арматурой в стыках // Вестн. Львов. политехн. ин-та. Резервы прогресса в архитектуре и строительстве. - 1981, - № 155. - с.11-13. (соавтор Гнидец Б.Г.).
4. Анализ работы пролетных строений сборно-монолитных мостов с напрягаемой арматурой в стыках // Вестн. Львов. политехн. ин-та. Резервы прогресса в архитектуре и строительстве. - 1982. № 166. - с.28-31 (соавтор Гнидец Б.Г.).
5. Результаты испытаний моделей сборно-монолитного пролетного строения моста с напрягаемой арматурой в диафрагмах // Вестн. Львов. политехн. ин-та. Резервы прогресса в архитектуре и строительстве. - 1983. - № 173. - с.23-25 (соавтор Гнидец Б.Г.).
6. Результаты испытания модели бездиафрагменного пролетного строения моста с монолитной плитой проезжей части // Вестн. Львов. политехн. ин-та. Резервы прогресса в архитектуре и строительстве. - 1983. - № 173. - с.104-106.
7. Применение сборно-монолитных конструкций с предварительно напряженными стыками для уширения балочных мостов с диафрагмами // Вестн. Львов. политехн. ин-та. Резервы прогресса в архитектуре и строительстве. - № 183. - 1984. - с.20-22 (соавтор Гнидец Б.Г.).
8. Экспериментально-теоретический анализ пространственной работы сборно-монолитных пролетных строений автодорожных мостов // Вестн. Львов. политехн. ин-та. Резервы прогресса в архитектуре и строительстве. - 1985. - № 193. - с.83-85 (соавтор Гнидец Б.Г.).
9. О влиянии диафрагм на работу плиты проезжей части сборно-монолитных пролетных строений // Вестн. Львов. политехн. ин-та. Резервы прогресса в архитектуре и строительстве. - 1986. - № 203. - с.22-24 (соавтор Гнидец Б.Г.).

10. Результаты испытаний предварительно напряженной сборно-монолитной балки пролетом 18 м на монтажные нагрузки. // Львов. политехн. ин-т. - 1986. - 3 с. - Депонир. в ВНИИС Госстроя СССР, № 6548 (соавторы Гнидец Б.Г., Рутковский З.М.).

11. Исследование образования наклонных трещин в натурных мостовых конструкциях с двузначной эпурой моментов // Вестн. Львов. политехн. ин-та. Резервы прогресса в архитектуре и строительстве. - 1986. - № 213. - с.74-76 (соавтор Гнидец Б.Г.).

Ваш-

Подп. к печати 4.XI.86. БГ 04760. Формат 60x84¹/₁₆.
 Бумага типограф. № 2. С/сетная печ. Усл.печ.л. 1,0.
 Усл. краско-отт. 1,0. Учетно-изд.л. 0,93.
 Тираж 100 экз. Зак. 456. Бесплатно

ЛПИ 290646 Львов-13, Мира, 12.

Участок ротационной печати Опытного завода ЛПИ
 Львов, ул. 1-го Мая, 186.

Сканировала Камянская Н.А.