

05.23.01
К 325

ЧЕЛЯБИНСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ
ИМЕНИ ЛЕНИНСКОГО КОМСОМОЛА

На правах рукописи

КВАША Анатолий Андреевич

МОНОЛИТНЫЕ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫЕ ПЛИТЫ С ВНЕШНЕЙ
АРМАТУРОЙ ИЗ СТАЛЬНОГО ПРОФИЛИРОВАННОГО
НАСТИЛА С АНКЕРУЮЩИМИ РИФАМИ

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

Челябинск - 1990



Работа выполнена в Челябинском политехническом институте
имени Ленинского комсомола

Научный руководитель - Заслуженный строитель РСФСР,
доктор технических наук,
профессор

А.А.ОАТУЛ

Официальные оппоненты - доктор технических наук,
профессор

Ф.Е.КЛИМЕНКО,

кандидат технических наук,
доцент

Е.И.ВАЙНШТЕЙН

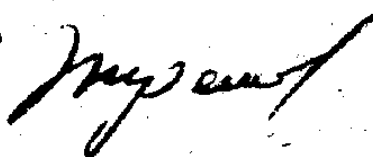
Ведущая организация - ТСО ДЖУРАЛСТРОЙ Минуралсибстрой
РСФСР

Защита состоится 19 декабря 1990 г. в 9 часов на
заседании Регионального специализированного совета
К 053.13.05 по присуждению ученой степени кандидата
технических наук в Челябинском политехническом институте
имени Ленинского комсомола по адресу: 454080, Челябинск,
проспект Ленина, 76, ЧПИ, ауд. 244

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке института.

Автореферат разослан " _____ " _____ 1990 г.

Ученый секретарь
Регионального специализированного
совета, кандидат технических наук,
доцент



Г.В.ТРЕГУЛОВ

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность работы. В промышленном и гражданском строительстве весьма трудоемкими являются работы по возведению монолитных железобетонных перекрытий. При традиционных методах их возведения стоимость арматурных и опалубочных работ составляет до 50%, а трудоемкость до 70% от общих затрат. Одним из путей уменьшения этих затрат является устройство перекрытий с внешней арматурой из стального профилированного настила, выполняющего одновременно и функции несущей опалубки. При этом трудозатраты снижаются в 1,5...1,8 раза, расход бетона примерно на 35%.

Для эффективной работы профилированного настила как внешней арматуры необходимо обеспечить надежную связь его с бетоном плиты перекрытия. Как правило, это достигается приваркой к настилу или через настил к балкам перекрытий различного вида анкерующих устройств, что увеличивает трудоемкость возведения и металлоемкость перекрытий, а также снижает эксплуатационную надежность, так как в местах приварки происходит испарение защитного цинкового покрытия с поверхности настила. Эти недостатки практически отсутствуют при обеспечении связи между бетоном и профилированным настилом с помощью анкерующих рифов - выштамповок на поверхности настила, образуемых при его изготовлении. Однако работа перекрытий со связями такого типа изучена недостаточно, отсутствует и надежная методика их расчета.

Работа выполнялась по плану научных исследований кафедры железобетонных конструкций Челябинского политехнического института и включена:

- в рабочую программу по плану сотрудничества стран - членов СЭВ на 1981-1988 г.г. по теме 5.6 "Совершенствование методов расчета плоскостных и стержневых железобетонных элементов и систем из них при одноосном и сложном напряженном состоянии с учетом длительной и повторной нагрузки (подисследования 5.6.1.1 2);
- в координационный план Государственного Комитета по науке и технике Совета Министров СССР важнейших научно-исследовательских работ по бетону и железобетону на 1981-1985 г.г. (раздел УП, подраздел 3);
- в целевую комплексную научно-техническую программу Госстроя СССР 0.Ц.031 задание 01.02.02 "Разработать и внедрить монолитные железобетонные перекрытия с применением стального профилированного настила в многоэтажных зданиях".

Целью исследования является разработка методики расчета монолитных железобетонных плит с внешней арматурой из стального профилированного настила с анкерующими рифами и предложений по рациональному конструированию анкерующих рифов для обеспечения надежной связи между настилом и бетоном.

Научная новизна работы заключается в следующем:

- получены экспериментальные данные о влиянии конструктивных параметров анкерующих рифов на прочность и деформативность связи между бетоном и профилированным настилом;
- разработана методика расчета прочности и деформативности связи между бетоном и профилированным настилом, учитывающая влияние конструктивных параметров анкерующих рифов;
- получены экспериментальные данные об особенностях поведения под нагрузкой монолитных плит с арматурой из профилированных стальных настилов с анкерующими рифами разных типов;
- разработана методика расчета плит по первой и второй группам предельных состояний, учитывающая их конструктивные особенности.

На защиту выносятся:

- результаты экспериментальных исследований образцов, моделирующих связь между профилированным настилом и бетоном при наличии анкерующих рифов с разными конструктивными параметрами и анализ этих исследований;
- методика расчета прочности и деформативности анкерующих рифов, учитывающая их конструктивные параметры;
- предложения по совершенствованию конструкции анкерующих рифов;
- результаты экспериментальных исследований одно- и двухпролетных плит с арматурой из стальных профилированных настилов с анкерующими рифами разных типов и их анализ;
- методика определения прочности сечений нормальных к продольной оси плиты;
- методика определения прочности сечений наклонных к продольной оси плиты;
- методика определения прочности анкеровки профилированного настила в бетоне, обеспечиваемой анкерующими рифами;
- методика определения прогибов плит, учитывающая собственную жесткость профилированного настила и деформативность связей между бетоном и настилом, создаваемых анкерующими рифами.

Практическое значение работы:

- разработана рациональная конструкция монолитной плиты с внешней арматурой из стального профилированного настила, не требующая установки каких-либо дополнительных анкерующих устройств;

- результаты работы использованы НИИЖБ и ЦНИИПромзданий Госстроя СССР при составлении "Рекомендаций по проектированию монолитных железобетонных перекрытий со стальным профилированным настилом";

- результаты работы внедрены при строительстве девяти объектов с общим экономическим эффектом 29,85 тыс.руб.

Апробация работы. Основные результаты работы докладывались:

- на координационном совещании в НИИЖБ Госстроя СССР в 1981г.;

- на Всесоюзном семинаре "Железобетонные конструкции с внешним армированием профилированным стальным настилом" (Челябинск, 1983 г.);

- на Республиканском семинаре "Повышение эффективности использования бетона и железобетона в строительстве" (Челябинск, 1981 г.);

- на областной научно-практической конференции "Пути экономии и рационального использования ресурсов в одиннадцатой пятилетке и участие молодежи в решении этой проблемы" (Челябинск, 1983г.);

- на научно-технической конференции "Совершенствование железобетонных конструкций для промышленного и гражданского строительства и технологии их изготовления" (Свердловск, 1984 г.);

- на 32...43 научно-технических конференциях Челябинского политехнического института (1979-1990 г.г.).

Публикации. Основные результаты диссертации опубликованы в одиннадцати печатных работах.

Структура и объем работы. Диссертация состоит из введения, пяти глав, общих выводов, списка литературы из 117 наименований, приложений. Она изложена на 199 страницах и содержит 116 страниц основного машинописного текста, 17 таблиц, 44 рисунка, список литературы на 16 страницах и 6 страниц приложений.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении обосновывается актуальность проводимых исследований и приводится общая характеристика работы.

В первой главе представлен обзор экспериментально-теорети-

ческих исследований монолитных железобетонных перекрытий с внешней арматурой из стального профилированного настила. Рассмотрены конструкции перекрытий в целом и применяемых в них настилов, способы обеспечения совместной работы настила с бетоном, выполнен анализ предложений по методикам расчета перекрытий по обеим группам предельных состояний.

Исследованию железобетонных конструкций с внешней арматурой в виде стальных листов, полос, профилированных настилов посвящены работы Ф.И.Багатурии, Р.В.Воронкова, А.П.Васильева, В.Н.Голосова, В.М.Горшковой, Д.Н.Лазовского, Ф.Е.Клименко, В.М.Барабаша, Н.Л.Тайдаша, А.А.Богданова, М.Г.Карповского, Р.И.Рабиновича, Г.Г.Орлова, И.Я.Подольского, Г.И.Бердичевского, В.Г.Колбасина, Б.В.Кучера, С.М.Скоробогатова, В.П.Бочагова, М.И.Додонова, Д.С.Мартынова, В.Б.Сергеева, Э.Л.Айрумяна, И.А.Румянцевой, И.В.Санникова и др.

Анализ этих работ показал, что способ создания связи между бетоном и стальным профилированным настилом с помощью анкерующих рифов, образованных на поверхности настила при его изготовлении, изучен недостаточно, хотя и является одним из самых технологичных. В работах В.Г.Колбасина, И.А.Румянцевой, М.И.Додонова, Ф.И.Багатурии, посвященных решению этого вопроса, не предложено методики расчета, позволяющей учитывать влияние конструктивных параметров анкерующих рифов на прочность и деформативность связи между бетоном и стальным профилированным настилом, а также на несущую способность и деформативность плит перекрытий.

Исходя из изложенного, в работе были поставлены следующие задачи:

- экспериментально исследовать влияние конструктивных параметров анкерующих рифов на прочность и деформативность связи между бетоном и профилированным настилом;
- разработать методику расчета такой связи по прочности и деформативности;
- экспериментально исследовать прочность и деформативность монолитных одно- и двухпролетных плит с арматурой из стальных профилированных настилов с анкерующими рифами разных типов;
- разработать методику расчета названных плит по первой и второй группам предельных состояний, учитывающую их конструктивные особенности;

- внедрить в практику строительства плиты перекрытий с арматурой из стального профилированного настила с анкерующими рифами.

Во второй главе описаны конструкции исследуемых профилированных настилов с анкерующими рифами, опытные образцы, методика проведения и результаты экспериментальных исследований, разработанная на основе этих результатов методика определения несущей способности и деформативности анкерующих рифов.

В опытных образцах использовались профилированные настилы шести типов. Базовым служил настил Н80-674-1.0 по ТУ 67-54-74 без анкерующих рифов. Остальные пять типов исследуемых настилов (рис. I) отличались от него наличием анкерующих рифов.

Для определения влияния на несущую способность анкерующего рифа таких факторов, как угол наклона лобовой грани рифа, глубины штамповки рифа, местоположения рифа в настиле, класса бетона, наличия смазки на поверхностях настила, контактирующих с бетоном, были изготовлены и испытаны 13 серий опытных образцов. Опытные образцы представляли собой два гофра настила, соединенные шпильками через деревянные прокладки высотой 65 мм. Пространство между гофраами настила заполнялось бетоном. У образцов двенадцати серий длина бетонных блоков составляла 120 мм, а у образцов серии XIII - 600 мм. Образцы последней серии моделировали зону анкеровки настила в плите перекрытия.

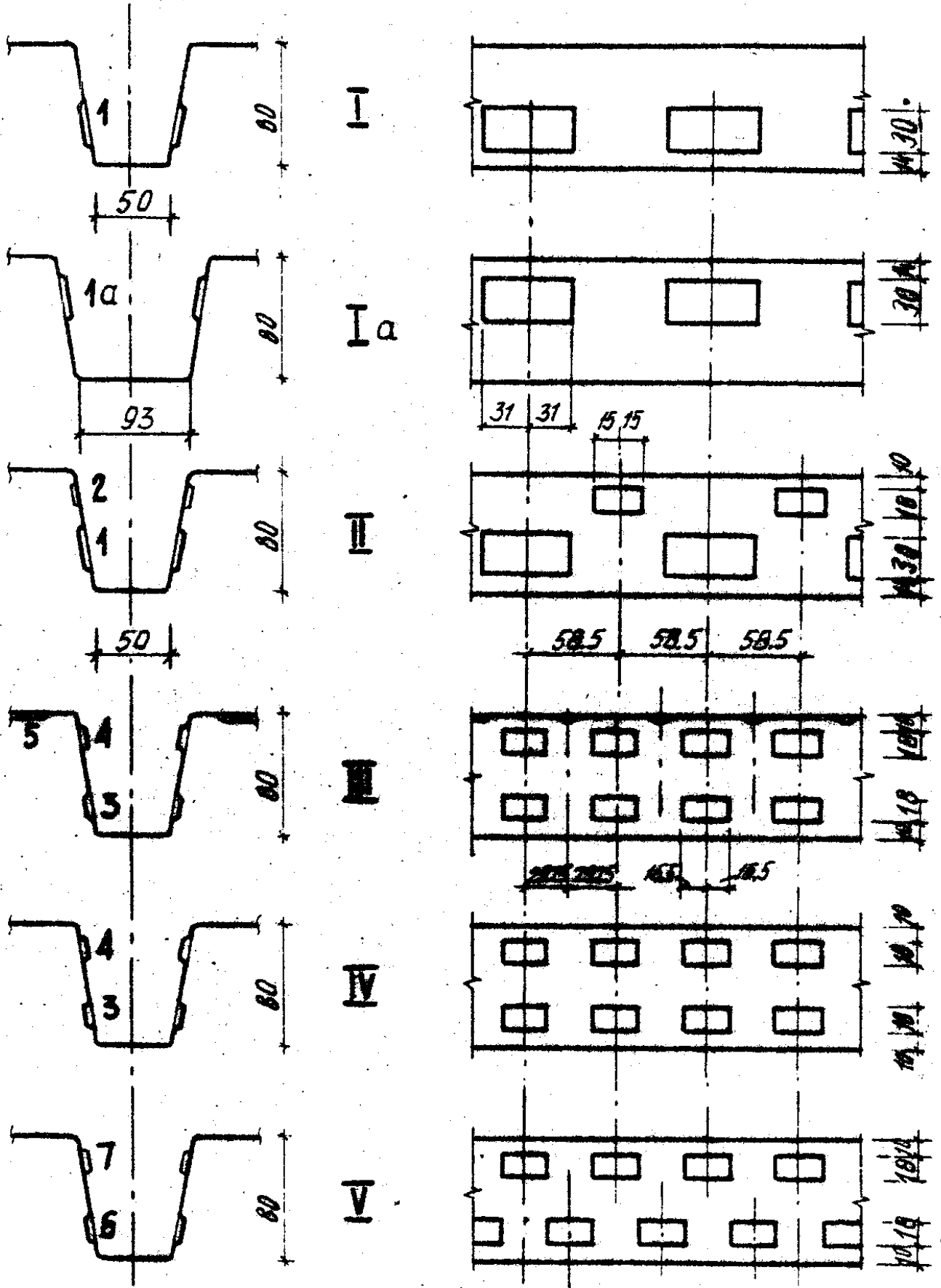
При испытаниях бетонные блоки сдвигались относительно настила. На каждом этапе нагружения измерялись величины сдвигов Δ бетонных блоков относительно настила, перемещения δ точек настила в местах расположения анкерующих рифов в направлении, перпендикулярном плоскости стенки настила, и относительные деформации металла настила.

Экспериментальные исследования позволили выяснить, что:

- истощение несущей способности происходит вследствие смятия выступов бетона у лобовых граней рифов. При этом площадь смятия бетона меньше площади лобовой грани рифа, так как сдвиг бетона относительно настила вызывает перемещение стенок или полок настила в направлении, перпендикулярном их начальному положению, что приводит к уменьшению площади контакта "бетон-риф";

- несущая способность анкерующего рифа зависит от податливости стенки или полки настила в месте расположения рифа, с приближением к местам перегибов настила податливость уменьшается, а несущая способность рифа растет;

Конструкции исследуемых профилированных настилов



I...V - типы профилированных настилов;

I...7 - типы анкерирующих рифов

Рис. 1

- с увеличением угла наклона лобовой грани рифа, при прочих равных условиях, возрастает его несущая способность и уменьшается сдвиг бетона относительно настила;

- вследствие взаимного влияния анкерующих рифов при много-рядном расположении их на стенке или полке настила происходит уменьшение суммарной несущей способности анкеровки настила;

- сдвигающее усилие между бетоном и настилом распределяется практически равномерно между анкерующими рифами в зоне анкеровки настила.

На основе анализа результатов экспериментальных исследований была разработана методика определения прочности и деформативности анкерующих рифов. Принято, что нормальные напряжения по всей площади контакта "бетон-риф" одинаковы и в предельном состоянии величина их равна расчетному сопротивлению бетона смятию $R_b, \text{с.с.}$. Расчетная схема анкерующего рифа представлена на рис.2. На этой схеме: $N_{риф}$ - сдвигающее усилие, передающееся на анкерующий риф; N - нормальное усилие, действующее по контакту "бетон-риф"; $F = \gamma_f \cdot N$ - сила трения на контакте, где $\gamma_f = 0,45$ - коэффициент трения стали по бетону; $R = R_1 + R_2$ - суммарная реакция настила, вызванная перемещением его стенки на величину δ ; $h_{риф}$ - высота анкерующего рифа; β - угол наклона лобовой грани рифа.

Из условий равновесия участка настила с длиной, равной шагу рифления S , получим:

$$N = \frac{R_b \cdot b \cdot h_{риф}}{\sin \beta + t \cdot R_b \cdot b \cdot (\cos \beta - \gamma_f \cdot \sin \beta)}, \quad (1)$$

$$N_{риф} = \frac{R_b \cdot b \cdot h_{риф} \cdot (\sin \beta + \gamma_f \cdot \cos \beta)}{\sin \beta + t \cdot R_b \cdot b \cdot (\cos \beta - \gamma_f \cdot \sin \beta)}, \quad (2)$$

где b - средняя ширина анкерующего рифа, t - податливость стенки или полки настила в месте расположения анкерующего рифа, то есть величина смещения δ при приложении к лобовой грани рифа силы $P = I$, действующей вдоль оси Y (см. рис.2). Величина сдвига бетона относительно настила:

$$\Delta = t \cdot N \cdot (\cos \beta - \gamma_f \cdot \sin \beta) \cdot \text{ctg} \beta. \quad (3)$$

Несущая способность образца определяется из выражения:

$$F_{\text{с.с.}} = \sum \gamma_{риф,i} \cdot N_{риф,i}, \quad (4)$$

где $\gamma_{риф,i}$ - коэффициент условий работы i -го анкерующего рифа,

Расчетная схема анкерного гриба

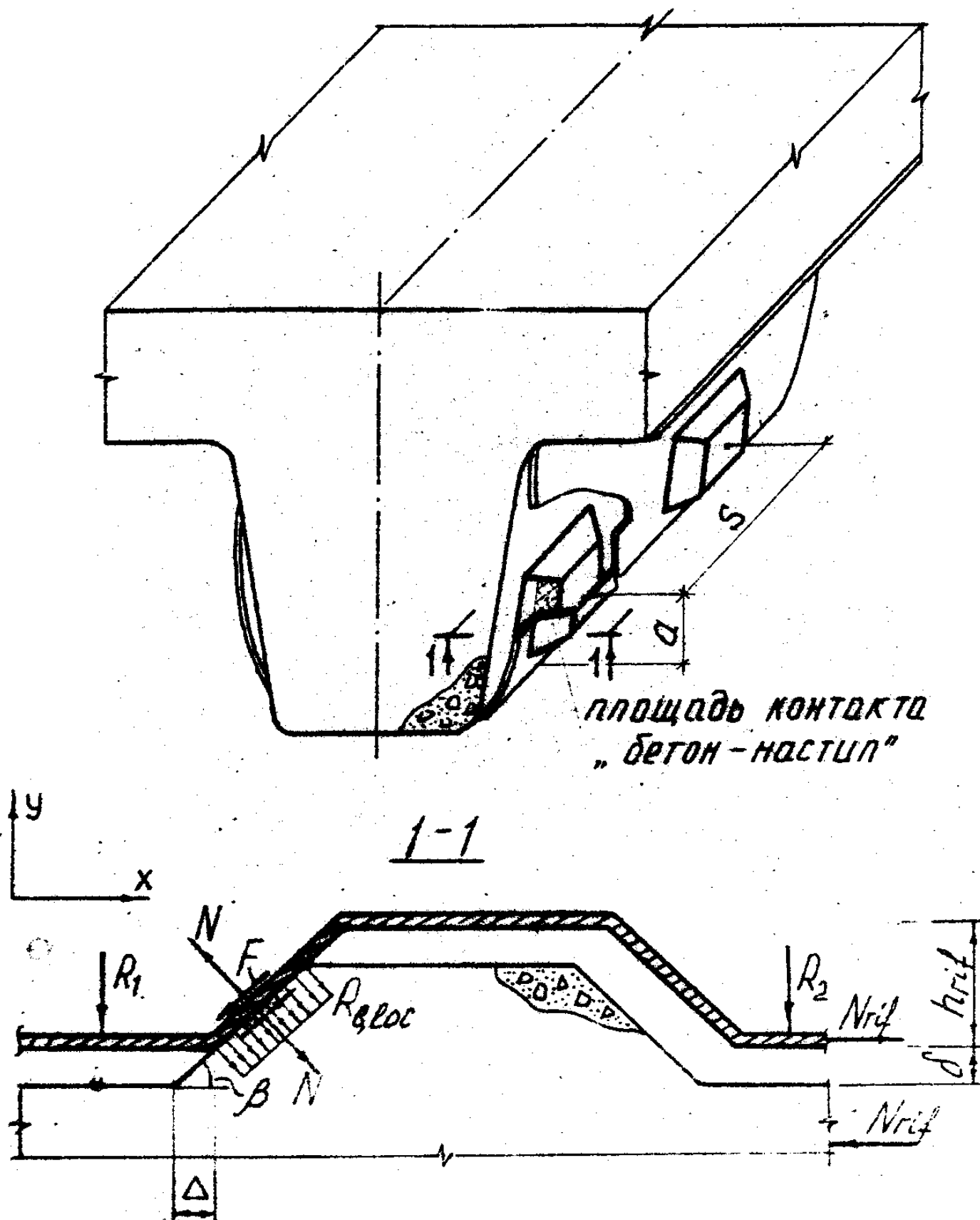


Рис. 2.

равный 1,0 при расположении рифов на стенке или полке настила в одном ряду и 0,6 - при многорядном расположении их.

Определенная по предлагаемой методике, несущая способность опытных образцов была меньше, чем полученная в эксперименте на 2,5...11,9%.

Из анализа предложенной методики расчета определены пути повышения несущей способности анкерующих рифов. Из выражения (I) следует, что если $\text{ctg } \beta = \gamma_f$, то сила трения на контакте "бетон-риф" уравнивает ту составляющую силы N , которая вызывает смещение σ . При $\gamma_f = 0,45$ требуемая величина $\beta = 65,8^\circ$. В этом случае:

- исключается взаимное влияние рифов на работу друг друга, то есть всех рифов $\gamma_{f,i} = 1$;
- несущая способность анкерующего рифа определяется только площадью его поперечного сечения и прочностью бетона на смятие;
- податливость полок и стенок настила в местах расположения анкерующих рифов не влияет на их несущую способность, что позволяет уменьшать толщину металла настила;
- сдвиг бетона относительно настила отсутствует вплоть до разрушения рифа.

В третьей главе описаны экспериментальные исследования 6-ти двухпролетных неразрезных и 18-ти однопролетных монолитных плит с арматурой из профилированных настилов типа I, Ia, II и III (рис. I). Размеры однопролетных плит составляли 3000x750 мм (серии I...4); 3000x613 мм (серия 6); 4500x750 мм (серия 7); двухпролетных (серии H и H-I) - 6000x400 мм. В плитах каждой серии высота слоя бетона над настилом изменялась от 4 до 8 см с шагом 2 см. Двухпролетные неразрезные плиты над средней опорой армировались стержнями \varnothing 14...16 А-III. Плиты серии H не имели поперечной арматуры, в плитах серии H-I над средней опорой в каждом гофре настила устанавливалась поперечная арматура в виде плоских каркасов из арматурной проволоки \varnothing 5 Вр-I, шаг поперечных стержней - 60 мм. Плиты изготавливались из тяжелого бетона с кубиковой прочностью от 19,1 до 44,0 МПа.

При испытании плиты серий I...6 имели пролет 2,8 м, серии 7 - 4,3 м. У неразрезных плит пролеты составляли 2,9 м. Однопролетные плиты нагружались или четырьмя равными сосредоточенными силами, приложенными через 1/5 пролета или равномерно-распределенной наг-

ружкой; двухпролетные - двумя силами в каждом пролете, приложенными на расстоянии $l/5$ и $2l/5$ от средней опоры.

При испытаниях измерялись прогибы плит в середине и в четвертях пролетов, сдвиги бетона относительно настила на торцах плит, осадка опор, деформации бетона, настила и надопорной арматуры в нормальных сечениях, реакции крайних опор двухпролетных неразрезных плит.

У однопролетных плит на участках от опоры до ближайшей к ней силы, при нагружении сосредоточенными силами, и на участках равных примерно четверти пролета при равномерно-распределенной нагрузке трещины не возникали. При некотором уровне нагружения нарушалась адгезия между бетоном и настилом на приопорных участках. Для плит, армированных настилами типов I и Ia с малой несущей способностью анкерующих рифов, это приводило к мгновенному разрушению. Перед разрушением напряжения в нижних полках настилов в середине пролета были далеки от предела текучести. Принципиально другая картина наблюдалась у плит, армированных настилами типов II и III с высокой несущей способностью анкерующих рифов. После нарушения адгезии на приопорных участках происходил сдвиг бетона относительно настила на величину 0,008-0,5 мм и все сдвигающее усилие передавалось на анкерующие рифы. Дальнейший рост нагрузки сопровождался приростом сдвигов, а перед разрушением их величина составляла 1,86...3,0 мм. У плит серии 7 (настил типа III), с пролетом 4,3 м, сдвигов бетона не отмечалось вплоть до разрушения. У плит с настилами типов II и III в сечениях в середине пролета текучесть металла наблюдалась выше середины высоты настила. Прогибы плит с настилом типа III перед разрушением превысили $l/50$ пролета.

Двухпролетные неразрезные плиты серии Н, не имевшие поперечной арматуры, разрушались по наклонным сечениям над средней опорой. Разрушение плит серии Н-I, имевших поперечную арматуру, произошло по нормальным сечениям над средней опорой от раздробления бетона сжатой зоны, при этом нижние полки настилов в крайних ребрах плит теряли устойчивость. В средних ребрах плит настил, сдерживая поперечные деформации бетона, создавал эффект "обоймы".

В четвертой главе изложена методика расчета плит с арматурой из стального профилированного настила с анкерующими рифами по двум группам предельных состояний.

Прочность сечений, нормальных к продольной оси элемента

предлагается определять по несколько модернизированной методике общего случая расчета таких сечений, принятой в СНиП 2.03.01-84. При расположении настила у растянутой грани сечения расчет ведется с учетом $\gamma_{sn,i}$ - коэффициента условий работы i -го участка поперечного сечения настила, значение которого $\gamma_{sn,1} = 0,4$ для участков, где расположены анкерующие рифы, $\gamma_{sn,2} = 1$ для участков без рифов. При расположении настила у сжатой грани сечения $\gamma_{sn} = 1$ для всех участков настила. Этим, в какой-то мере, учитывается эффект "обоймы", создаваемой настилом для сжатого бетона.

Прочность сечений, наклонных к продольной оси элемента определяется как сумма поперечных усилий, воспринимаемых бетоном Q_B и профилированным настилом Q_{sn} .

$$Q_{sn} = \gamma_{sn,q} \cdot R_{sn} \cdot \sum A_{sn,w}, \quad (5)$$

где $\sum A_{sn,w}$ - площадь поперечного сечения стенок настила; $\gamma_{sn,q}$ - коэффициент восприятия настилом поперечной силы, величина которого, определенная из эксперимента, лежит в пределах 0,113...0,298 и зависит от высоты плиты.

Условие прочности анкеровки настила в бетоне имеет вид:

$$N_{q,rif} = \frac{a + l_a}{s} \sum \gamma_{rif,i} \cdot N_{rif,i}, \quad (6)$$

где $N_{q,rif}$ - сдвигающее усилие между бетоном и настилом от внешней нагрузки на участке анкеровки; a - расстояние от торца плиты до оси опоры; l_a - расстояние от оси опоры до рассматриваемого сечения плиты, равное 1/4 пролета при равномерно-распределенной нагрузке или расстояние от оси опоры до ближайшей к опоре силы; $\sum \gamma_{rif,i} \cdot N_{rif,i}$ - суммарная несущая способность рифов, расположенных на одном шаге рифления.

Для определения $N_{q,rif}$ рассматриваем нормальное сечение плиты, находящееся на расстоянии l_a от опоры и используем, полученное в работе, выражение для определения кривизны плиты в сечении с трещиной, учитывающее изгибную жесткость настила

$$\frac{1}{r} = \frac{M \left(\frac{\psi_s}{E_{sn} A_{sn}} + \frac{\psi_b}{\gamma \cdot E_b \cdot b \cdot \xi \cdot h_0} \right)}{\left(h + J_{sn} \left(\frac{\psi_s}{Z \cdot A_{sn}} + \frac{\psi_b \cdot a}{\gamma \cdot b \cdot \xi \cdot h_0 \cdot Z} - \frac{y}{J_{sn}} \right) \right)}, \quad (7)$$

где M - изгибающий момент в рассматриваемом сечении от внешней нагрузки; h - высота плиты; J_{sn} - момент инерции поперечного сечения настила; A_{sn} - площадь сечения настила; y - расстояние от центра тяжести сечения настила до крайнего растянутого волокна.

В этом выражении плечо внутренней пары сил Z и относительная высота сжатой зоны бетона ξ определяются по п. 4.28 СНиП 2.03.01-84.

$$N_{g, \text{риф}} = (M - E_{sn} \cdot J_{sn} \cdot 1/r) / Z - \sigma_f \cdot P, \quad (8)$$

где P - опорная реакция плиты.

Результаты расчета по этой методике хорошо согласуются с опытными данными. Так для плит, армированных настилом типа I, сдвигающее усилие превышало несущую способность анкерующих рифов на участке анкеровки в 1,7...2,3 раза. Прочность анкеровки определялась адгезией между настилом и бетоном, а после нарушения ее сдвигающее усилие не могло быть воспринято анкерующими рифами, что и привело к мгновенному разрушению плит.

У плит серии 2 и 3 после нарушения адгезии сдвигающее усилие воспринималось анкерующими рифами. Расчетная несущая способность рифов в этих плитах на 4,4...19,3% меньше величин, действующих на них сдвигающих усилий.

У плит серии 7, разрушившихся по нормальным сечениям, анкерующие рифы оказались недогруженными. Резерв несущей способности составил 27,3...44,3%.

Прогиб плиты предлагается определять как сумму прогибов, обусловленных деформацией изгиба f_m и деформацией сдвига f_g . Прогибы определяются по формулам строительной механики, а значения кривизн, входящие в формулы - по предлагаемой методике.

Кривизны, обусловленные деформацией изгиба определяются:

- при отсутствии трещин на участках плиты, согласно п. 4.24 СНиП 2.03.01-84;

- после образования трещин, но при работе настила в упругой стадии - из выражения (7);

- при текучести части сечения настила из выражения

$$\left(\frac{1}{r}\right) = \frac{1}{\Gamma_m (h-y) Z} \left(\frac{M - N_{stly} (h-x/2)}{E_{sn} \cdot A_{sn,1}} \psi_s + \frac{M - N_{stly} \cdot y}{\gamma \cdot E_b \cdot b \cdot x} \psi_b \right), \quad (9)$$

где N_{stly} - усилие в нижних полках настила при напряжениях, равных пределу текучести металла настила; $A_{sn,1}$ - площадь поперечного сечения настила без учета нижних полок.

Кривизна, обусловленная деформацией сдвига бетона относительно настила, определяется из выражения

$$\left(\frac{1}{r}\right)_g = k \cdot \Delta / (l \cdot h_0), \quad (10)$$

где Δ - величина сдвига бетона относительно настила на опоре, принимаемая средней из расчетных величин сдвигов Δ_i для каждого из анкерующих рифов в сечении настила от заданной нагрузки;

k - коэффициент, равный 2 для однопролетных плит и равный 1 - для крайних пролетов неразрезных плит.

$$\Delta_i = \frac{t \cdot N_{rif,i} \cdot (\cos \beta_i - \delta_f \cdot \sin \beta_i)}{\operatorname{tg} \beta_i \cdot (\sin \beta_i + \delta_f \cdot \cos \beta_i)} \quad (II)$$

где $N_{rif,i}$ - сдвигающее усилие, воспринимаемое i -м рифом, из числа рифов, расположенных на одном шаге рифления.

$$N_{rif,i} = \frac{N_{g,rif} \cdot S}{a + l_a} \cdot \frac{A_{rif,i}}{\sum A_{rif,i}} \quad (I2)$$

где $A_{rif,i}$ - площадь поперечного сечения i -го анкерующего рифа.

Предлагаемая методика расчета обеспечивает хорошую сходимость опытных и расчетных значений прогибов плит.

В пятой главе приведена краткая характеристика объектов внедрения. Описаны конструктивные решения перекрытий с арматурой из стального профилированного настила с анкерующими рифами, возведенных при строительстве девяти объектов на Челябинском металлургическом и электрометаллургическом комбинатах, Челябинском электродном заводе, птицефабрике "Промышленная" и комбинате строительных материалов и изделий ПСМО Челябинского металлургического завода.

О Б Щ И Е В Ы В О Д Ы

1. В выполненном экспериментально-теоретическом исследовании изучено влияние конструктивных параметров анкерующих рифов стального профилированного настила на его сцепление с бетоном.

Изучен механизм зацепления анкерующих рифов за выступы бетона, образованные под ними при бетонировании изделий.

Установлены факторы, влияющие на прочность и деформативность анкеровки стального профилированного настила в бетоне.

2. Изучен характер распределения сил зацепления анкерующих рифов по длине зоны анкеровки стального профилированного настила в бетоне.

3. Создана методика расчета прочности и деформативности анкерующих рифов.

4. На основе анализа результатов экспериментально-теоретических исследований разработаны предложения по рациональному конструированию анкерующих рифов.

5. Выполнены испытания опытных плит с арматурой из стального профилированного настила с анкерующими рифами.

Получены экспериментальные данные о влиянии конструктивных параметров анкерующих рифов на характер разрушения, прочность и деформативность плит.

6. Разработана методика расчета плит с арматурой из стального профилированного настила с анкерующими рифами по двум группам предельных состояний, согласно которой:

- прочность нормальных сечений плит определяется по общему случаю расчета таких сечений согласно СНиП 2.03.01-84 с учетом коэффициента условий работы $\gamma_{sn,i}$ для участков поперечного сечения настила с анкерующими рифами и без них;

- прочность наклонных сечений плит определяется с учетом коэффициента восприятия настилом поперечной силы $\gamma_{sn,q}$, величина которого зависит от высоты плиты;

- прочность анкеровки настила в бетоне определяется с учетом конструктивных параметров анкерующих рифов; учитывается влияние жесткости настила на величину сдвигающего усилия между ним и бетоном;

- жесткость настила и возможное уменьшение ее, при развитии пластических деформаций в части сечения настила, учитываются при определении кривизны плиты на участках с трещинами в растянутой зоне;

- кривизна плиты, обусловленная сдвигом бетона относительно настила, определяется с учетом конструктивных параметров анкерующих рифов и величины действующих на рифы усилий.

7. Результаты работы использованы при разработке "Рекомендаций по проектированию монолитных железобетонных перекрытий со стальным профилированным настилом" и внедрены при строительстве девяти объектов с экономическим эффектом 29,85 тыс. руб. При этом стоимость 1 м² перекрытия уменьшилась в среднем на 2,9 руб., а трудозатраты на возведение - на 0,56 чел/час.

Основные положения диссертации опубликованы в следующих работах:

1. Кваша А.А. Несущая способность и податливость анкерующих рифов /Исследования по строительной механике и строительным конструкциям: Темат. сб. научн. тр. - Челябинск: ЧДИ.-1985.-С.127-131.

2. Кваша А.А. Эффективное использование профнастила в качестве опалубки и рабочей арматуры /Пути экономии и рационального использования ресурсов в одиннадцатой пятилетке и участие молодежи в решении этой проблемы: Тез. докл. научн.-практич. конф. (Челябинск, 13-14 января 1983г.) - Челябинск.-1983. - С.89-90.

3. Кваша А.А., Колбасин В.Г. Исследование и расчет конструкций с арматурой из профилированного стального настила / Исследования по строительной механике и строительным конструкциям: Тематич. сб. науч. тр. - Челябинск: ЧПИ. - 1986. - С.89-91.

4. Кваша А.А., Колбасин В.Г. О работе профнастила на поперечную силу в изгибаемых железобетонных элементах / Исследования по строительной механике и строительным конструкциям: Темат. сб. науч. тр. - Челябинск: ЧПИ. - 1983. - С. 125-128.

5. Кваша А.А., Новожилов А.Н., Керженцев А.О. Экспериментальные исследования деформативности железобетонных элементов с арматурой из профнастила / Железобетонные конструкции с внешним армированием профилированным стальным настилом: Тез. докл. Всесоюз. семинара (Челябинск, 26-28 октября 1983г.) - Челябинск. - 1983. - С. 26-27.

6. Колбасин В.Г., Кваша А.А. Исследование несущей способности конструкций с арматурой из профилированного настила с анкерующими рифами / Перекрытия по стальному профилированному настилу. - М.: НИИЖБ Госстроя СССР. - 1983. - С. II-17.

7. Колбасин В.Г., Кваша А.А. Проект рекомендаций по расчету изгибаемых элементов с арматурой из профнастила / Железобетонные конструкции с внешним армированием профилированным стальным настилом: Тез. докл. Всесоюз. семинара (Челябинск, 26-28 октября 1983 г.). - Челябинск. - 1983. - С. 21-25.

8. Колбасин В.Г., Кваша А.А. Экспериментальные исследования прочности нормальных сечений изгибаемых железобетонных элементов с арматурой из профнастила / Железобетонные конструкции с внешним армированием профилированным стальным настилом: Тез. докл. Всесоюз. семинара (Челябинск, 26-28 октября 1983г.) - Челябинск - 1983 - С. 25-26.

9. Колбасин В.Г., Кваша А.А., Новожилов А.Н., Рожков К.И. Применение профилированного стального настила в качестве опалубки и внешней арматуры в монолитных железобетонных перекрытиях: Экспресс-информация / ЦБНТИ Минтяжстроя СССР. Сер.: Организация и технология строительства. - М. - 1985. - № 12. - С. 16-18.

10. Оатул А.А., Колбасин В.Г., Кваша А.А. Исследование прочности анкеровки арматуры из профилированного стального настила с анкерующими рифами в изгибаемых элементах // Повышение эффективности использования бетона и железобетона в строительстве: Тез. докл. семинара (Челябинск, 5-7 октября 1981 г.) - Челябинск. - 1981. - С. 37-38.

11. Рекомендации по проектированию монолитных железобетонных перекрытий со стальным профилированным настилом / НИИЖБ, ЦНИИ Промзданий Госстроя СССР. - Москва: Стройиздат. - 1987. - 41 с.