



б)

Рис. 2. Характер распределения значений информативного параметра по длине трещин в стенах модулей

Выводы

1. Разработана и проверена в производственных условиях методика оперативного ультразвукового контроля качества заполнения поверхностных трещин в бетоне ремонтным материалом.

2. Установлены критерии для оценки степени заполнения трещин ремонтным материалом. В качестве критерия полного поверхностного заполнения, связанного с разрешающей способностью, принято условие, при котором ремонтный материал заполняет трещину на глубину 30 мм. При меньшем заполнении фактическая глубина проникновения ремонтного материала определяется по уравнению регрессии «относительное приращение информативного параметра – глубина заполнения».

3. Ограничения, связанные с чувствительностью по глубине заполнения (30 мм), не являются препятствием для практического использования методики, т.к. основное назначение ремонтного материала – защита арматуры от коррозии.

ИСПОЛЬЗОВАННЫЕ ИСТОЧНИКИ

1. Почтовик Г.Я., Липник В.Г., Филонидов А.М. Дефектоскопия бетона ультразвуком в энергетическом строительстве. – М.: «Энергия», 1977.- 121с.
2. Рапорт Ю.М. Ультразвуковая дефектоскопия строительных деталей и конструкций. – Л.: Стройиздат, Ленингр. отд-ние, 1975.- 128с.
3. Экспериментальная проверка технологии, предлагаемой CWJV для заполнения трещин в бетоне модулей ХОЯТ-2. Отчет НИИСК. - Киев, 2003.- 77с.

УДК 624.072.002.2

ВОЗМОЖНОСТЬ УСИЛЕНИЯ ЭКСПЛУАТИРУЕМЫХ КОЛОНН ЗА СЧЕТ РЕГУЛИРОВАНИЯ ОСТАТОЧНОГО НАПРЯЖЕННОГО СОСТОЯНИЯ

А.И. Голоднов, д.т.н.

Государственный научно-исследовательский институт строительных конструкций (НИИСК), г. Киев

Введение. Постановка проблемы

Наряду с новым строительством все чаще возникает необходимость проведения работ по восстановлению эксплуатационной пригодности строительных конструкций зданий и сооружений. При этом необходимо решать вопросы, связанные с определением напряженно-деформированного состояния (НДС) и выполнением работ по усилению конструкций.

Указанные работы необходимо проводить в комплексе, т.е. прогнозу возможного продления срока эксплуатации (переназначения ресурса) или обоснованию необходимости усиления конструкций должны предшествовать работы по оценке их технического состояния [1, 2].

Оценка технического состояния выполняется на основании результатов визуального и инструментального обследования, поверочных расчетов и т.п. Поверочные расчеты выполняются, как правило, с применением упрощенных расчетных схем без учета фактического состояния конструкций, остаточного напряженного состояния (ОНС) и прогноза деградации свойств материалов.

Анализ последних достижений и публикаций

Как известно [3 - 5 и др.], оценка технического состояния строительных конструкций представляет собой довольно сложную и трудоемкую задачу, решение которой в настоящее время отсутствует. При ее решении необходимо определять механические свойства материалов конструкций и их ОНС, а также учитывать специфику работы конструкций под нагрузкой.

Техническое состояние конструкций определяется по результатам проведенного обследования и расчета. При этом должна учитываться специфика работы конструкций до, в процессе и после усиления.

Решению отдельных аспектов отмеченной выше проблемы, в первую очередь возможности усиления эксплуатируемых колонн за счет регулирования ОНС, посвящена настоящая статья.

Цель работы

Целью настоящих исследований является разработка предложений по обоснованию усиления стальных двутавровых колонн путем присоединения стальных накладок к поясам или стенке с помощью сварки и последующим регулированием ОНС для повышения устойчивости.

Основная часть

Усиление колонн путем присоединения к поясам или стенке стальных накладок с помощью сварки следует выполнять с учетом возможного отрицательного влияния ОНС. Исключить отрицательное влияние ОНС можно путем его регулирования. Применительно к усиливаемым двутавровым колоннам предложения по регулированию ОНС изложены в работах [6, 7]. Расчетное обоснование применяемых решений по регулированию ОНС изложено в работах [6, 8].

Для установления степени влияния ОНС на устойчивость стальных двутавровых колонн были выполнены расчеты моделей сжатых элементов [8]. На основании проведенных расчетов (всего было просчитано 504 модели сжатых элементов) были определены относительные величины несущей способности (коэффициенты продольного изгиба). Полученные данные были подвергнуты последовательной аппроксимации методом наименьших квадратов. Сначала была получена функция изменения величины коэффициента продольного изгиба φ_0 при отсутствии остаточных напряжений. Для интервала величин гибкости $60 \leq \lambda \leq 120$ и расчетных сопротивлений стали $200 \leq R_y \leq 400$ МПа эта функция имеет вид:

$$\varphi_0 = (0,162 \cdot \bar{R} - 0,254) \cdot (\bar{\lambda})^2 + (0,578 - 0,617 \cdot \bar{R}) \cdot \bar{\lambda} + (0,36 \cdot \bar{R} + 0,596), \quad (1)$$

где $\bar{R} = R_y / 200$; $\bar{\lambda} = \lambda / 60$ - соответственно относительное сопротивление стали (R_y - расчетное сопротивление стали, принимается в МПа) и относительная гибкость элемента.

Затем были подвергнуты последовательной аппроксимации дополнительные слагаемые в уравнении коэффициента продольного изгиба, полученные как разность между относительными величинами несущей способности при $d \neq 0$ и при $d = 0$ [здесь d - относительные величины зон остаточных растягивающих напряжений (ОРН) на кромках, возникающих вследствие высокотемпературных воздействий, или в районе поясных швов]. Были получены дополнительные функции, которые имеют вид:

- для зон остаточных растягивающих напряжений на кромках поясов

$$\varphi_{d,1} = [(0,776 \cdot \bar{R} - 2,651) \cdot (\bar{\lambda})^2 + (9,44 - 2,993 \cdot \bar{R}) \cdot \bar{\lambda} + (2,813 \cdot \bar{R} - 7,38)] \cdot d_k^2 + [(0,0933 \cdot \bar{R} + 0,375) \cdot (\bar{\lambda})^2 - (1,577 + 0,105 \cdot \bar{R}) \cdot \bar{\lambda} + (1,592 \cdot \bar{R} - 0,126)] \cdot d_k, \quad (2)$$

где $d_k = 2 \cdot d_i / b_f$; d_i - ширина зоны остаточных растягивающих напряжений на кромках поясов; b_f - ширина пояса;

- для поясных сварных швов

$$\varphi_{d,2} = [(0,0207 \cdot \bar{R} - 0,0176) \cdot (\bar{\lambda}) - (0,0024 + 0,0221 \cdot \bar{R})] \cdot d_p^2 + [(0,015 - 0,041 \cdot \bar{R}) \cdot (\bar{\lambda})^2 - (0,0806 + 0,0904 \cdot \bar{R}) \cdot \bar{\lambda} - (0,00454 \cdot \bar{R} + 0,249)] \cdot d_p, \quad (3)$$

где $d_p = (k_f + \delta) / t_w$; k_f и δ - соответственно катет сварного шва и глубина проплавления металла; t_w - толщина стенки.

Ширина зоны ОРН на кромках поясов d_i определяется по одной из следующих формул:

- для ОРН, возникающих после наплавки валиков

$$d_i^1 = 6,14 \cdot a; \quad (4)$$

- для ОРН, возникающих после прогрева кромок до температуры выше критической точки A_{C3}

$$d_i^2 = 0,00332 \cdot T_{i,f} \cdot d_f, \quad (5)$$

где $a = (k_f + \delta)$; $T_{i,f}$, d_f - соответственно температура и ширина зоны разогрева кромки пояса.

Тогда относительная величина несущей способности (коэффициент продольного изгиба):

$$\varphi_f = \varphi_0 + \varphi_d, \quad (6)$$

где φ_d ($\varphi_{d,1}$ или $\varphi_{d,2}$) определяются, соответственно, по формуле (2) или (3) в зависимости от вида ОНС.

Аппроксимирующие функции были подвергнуты последующей статистической обработке с целью определения математического ожидания коэффициента $K = \varphi_f / \varphi_m$ [где φ_f , φ_m - относительные величины несущей способности, полученные соответственно по формуле (6) и в ходе проведения математического эксперимента] и его среднеквадратического отклонения. В ходе выполненных расчетов (обработке подверглась выборка из 504 значений φ_f и φ_m) математическое ожидание коэффициента K оказалось равным 1,000845, а его среднеквадратическое отклонение $\sigma = 0,0153$. Поскольку при вероятности $P=0,99$ значения среднеквадратического отклонения σ находятся в интервале $\pm 2,6 \times 0,0153 = \pm 0,0398$, величины коэффициентов продольного изгиба φ предложено назначать с учетом коэффициента $\gamma_d = 1,000845 + 0,0398 \approx 1,04$, т.е.

$$\varphi = \varphi_f / 1,04 = 0,962 \cdot \varphi_f. \quad (7)$$

Расчеты можно выполнить в двух вариантах:

- по геометрическим параметрам, прочностным характеристикам материалов и схемам размещения зон ОРН определяют несущую способность (вариант 1);

- по заданной величине продольной силы, прочностным характеристикам материала и схемам размещения зон ОРН подбирают сечение (вариант 2).

На основании ранее изложенного разработаны способы повышения несущей способности и метод расчета с учетом влияния ОНС, возникающего при усилении

стальных колонн [6]. Усиление выполняется путем присоединения с помощью болтов или прихваток к стенке с двух сторон или к поясам стальных накладок шириной (0,7 – 0,8) высоты стенки или ширины пояса (рис. 1). После присоединения выполняется разогрев кромок до температуры выше критической точки A_{C3} или наплавка сварных швов обратноступенчатым способом. Способ усиления защищен авторским свидетельством СССР [7].

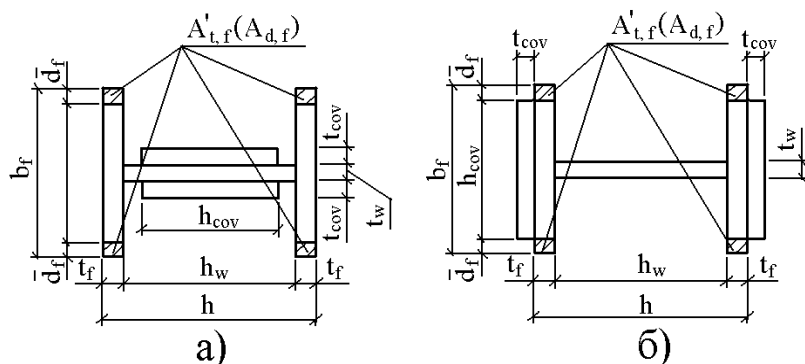


Рис. 1. Схема усиления колонн:
а) установкой накладок по стенке;
б) установкой накладок по поясам

Расчет усиленных колонн после присоединения накладок выполняется в такой последовательности.

1. Выбирают способ усиления колонны (стенки или поясов). При усилении стенки рассматривается разогрев кромок поясов до температуры выше критической точки A_{C3} или наплавка швов. При усилении поясов рассматривается наплавка сварных швов. Колонна в процессе усиления должна быть разгружена.

2. Определяют технологические параметры: размеры накладок, катеты швов, ширину зоны разогрева и т.п.

3. Находят ОНС усиленного сечения после приварки накладок или разогрева кромок.

4. Выполняют проверку несущей способности усиленного сечения по специально разработанному алгоритму ЦЕНТР-3 [8] в такой последовательности:

- для заданных параметров (геометрических размеров, прочностных характеристик материалов и схем размещения зон ОРН) по формулам (1)–(7) находят величину коэффициента продольного изгиба φ ;
- определяют несущую способность сжатого элемента по формуле

$$P = \varphi \cdot A \cdot R_y. \quad (8)$$

В качестве примера использования предложенной методики рассмотрено усиление двутавровой колонны накладками, прикрепляемыми к поясам. Сварная двутавровая колонна (двутавр 50Ш1-С) расчетной длины в плоскости меньшей жесткости 7 м была запроектирована под нагрузку 2000 кН. Предполагается увеличение нагрузки до 2500 кН. Первоначальное сечение колонны: пояса – (300x16) мм, стенка – (450x12) мм, $i_y = 6,93$ см, площадь поперечного сечения $A = 150$ см², гибкость $\lambda_y = 101$. Расчетное сопротивление стали $R_y = 280$ МПа.

За время эксплуатации колонна получила коррозионный износ поясов и стенки. Сечение поясов составило (300x14) мм, стенки – (450x10) мм, $i_y = 6,97$ см, площадь поперечного сечения $A = 129$ см², гибкость $\lambda_y = 100$, $\varphi = 0,493$. Несущая способность колонны $N = 280 \cdot (100) \cdot 129 \cdot 0,493 = 1780$ кН.

Усиление колонны выполнено путем приварки накладок сечением (290 x 6) мм к поясам с последующим регулированием ОНС путем наплавки сварного шва катетом 5 мм.

Площадь поперечного сечения после усиления $A = 164$ см², гибкость $\lambda_y = 96$. При отсутствии регулирования ЛТВ (присоединение накладок с помощью болтов или заклепок) коэффициент продольного изгиба, определенный по вышеприведенным формулам (1)– (7) равен $\varphi = 0,522$.

Несущая способность колонны $N = 280 \cdot (100) \cdot 164 \cdot 0,522 = 2400$ кН.

После регулирования ОНС ЛТВ величина коэффициента продольного изгиба при $d_1^1 = 6,14 \cdot 0,8 = 4,9$ см [формула (4) и экспликация к формулам (4) и (5)], $d_k = 2 \cdot 4,9 / 30 = 0,33$ [экспликация к формуле (2)] и $\lambda_y = 96$ составляет $\varphi = 0,651$ [формулы (1)–(7)]. Несущая способность колонны $N = 280 \cdot (100) \cdot 164 \cdot 0,651 = 3000$ кН, что на 25% выше, чем в случае применения соединения с помощью болтов или заклепок без последующего регулирования ОНС.

Выводы

1. Предложена методика учета влияния ОНС, возникающего после регулирования, на устойчивость усиливаемых колонн. Усиление колонн выполняется путем присоединения стальных пластин к поясам или стенке с помощью сварки. Она ориентирована использование рекомендованных действующими нормами методик расчета устойчивости сжатых стержневых элементов двутаврового сечения и дополняет их в части учета влияния ОНС.

2. Разработанные предложения позволяют выполнить регулирование ОНС с целью повышения устойчивости усиливаемых колонн.

ИСПОЛЬЗОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. ДБН 362-92. Оценка технического состояния стальных конструкций эксплуатируемых производственных зданий и сооружений. - К.:

- Государственный комитет Украины по делам архитектуры, строительства и охраны исторической среды, 1993. - 47 с.
2. Нормативні документи з питань обстежень, паспортизації, безпечної та надійної експлуатації виробничих будівель і споруд. – Київ: Держбуд України, 1999. – 152 с.
 3. Голоднов А.И., Пронько А.М., Голоднова В.П. Опыт обследования строительных конструкций жилых зданий послевоенной застройки // Строительные конструкции: Межведомственный научно-технический сборник. – Выпуск 53. - Т.2. – Киев: НИИСК, 2000. – С. 62-66.
 4. Голоднов А.И. Особенности усиления строительных конструкций бескаркасных жилых домов послевоенной застройки // Строительство и техногенная безопасность: Сборник научных трудов. – Симферополь: КАПКС, 2002. – Вып. 6. – С. 86-88.
 5. Голоднов А.И. Использование термических воздействий при усилении строительных конструкций металлическими элементами // Будівельні конструкції: Міжвідомчий науково-технічний збірник / НДІБК. – Київ: НДІБК, 2003. – Вип. 58. – С. 14 - 20.
 6. Голоднов А.И. Повышение устойчивости эксплуатируемых колонн за счет оптимизации полей остаточных напряжений // Захист від корозії і моніторинг залишк. ресурсу промисл. будівель, споруд та інж. мереж: Матер. міжнар. конф. – Донецьк: УАМК, 2003. – С. 325 – 330.
 7. А.с. 1523647 СССР, МКИ E04 C 3/10, E04 G 23/02. Способ усиления металлических колонн двуглавого сечения / И.И. Набоков, А.И. Голоднов, А.И. Филатов, В.П. Голоднова (СССР), Опубл. 23.11.89, Бюл. № 43. – 2 с.
 8. Голоднов А.И. Строительная механика стержней и пластин, имеющих поля остаточных напряжений. – Алчевск: ДГМИ, 1997. – 112 с.

УДК 624

КОМПЛЕКС ПРИБОРОВ НЕРАЗРУШАЮЩЕГО КОНТРОЛЯ ДЛЯ СТРОИТЕЛЬНОЙ ИНДУСТРИИ

*Г.А. Губайдуллин, к.т.н., В.В. Крамар
НПП «ИНТЕРПРИБОР», Челябинск, Россия*

В современной техногенной обстановке значимость неразрушающего контроля трудно переоценить. Это касается всех отраслей промышленности и, в значительной мере, строительной индустрии, особенно в части обеспечения качества выпускаемой продукции, безопасности эксплуатации промышленных и гражданских объектов.

Одной из основных задач неразрушающего контроля (далее - НК) является определение прочности и обнаружение дефектов в конструкциях из бетона и других материалов при технологическом контроле, обследовании зданий и сооружений.

Надежность результатов НК во многом зависит от применяемой приборной базы, использования взаимодополняющих методов контроля, учета

ряда сопутствующих факторов, а также от оснащенности и квалификации специалистов, осуществляющих контроль. Например, при контроле железобетонных конструкций необходимо для оценки их несущей способности учитывать такие факторы, как возраст и влажность бетона, карбонизацию, состав бетона, наличие и расположение арматуры, ...

Ряд вопросов комплексного контроля качества может быть разрешен только посредством мониторинга строящихся и эксплуатируемых объектов, для чего необходимо иметь многопараметрические информационно-регистрационные системы, контролирующие развитие деформаций, напряжений и условий эксплуатации.

Основными методами НК прочности и дефектоскопии бетона, и других материалов, регламентированными ГОСТами (например, [1,2]) являются ударно-импульсный, ультразвуковой, отрыв со скалыванием, пенетрационный. Значительной информативностью обладают виброакустические методы оценки состояния конструкций и изделий, и обнаружения структурных дефектов.

Для эффективного решения указанных задач НК научно-производственным предприятием «ИНТЕРПРИБОР» создан комплекс малогабаритных приборов, включающий:

- многоканальный многопараметрический регистратор «ТЕРЕМ-4»
- двухпараметрические и ударно-импульсные измерители прочности материалов «ОНИКС-2.5» и «ОНИКС-2.6»
- ультразвуковой универсальный прибор «ПУЛЬСАР-1.1» и ультразвуковой дефектоскоп «ПУЛЬСАР-1.2»
- измеритель прочности бетона отрывом со скалыванием «ОНИКС-ОС»
- прибор для определения адгезии покрытий «ОНИКС-АП»
- измеритель морозостойкости бетона «Бетон-Frost»
- измеритель параметров армирования «ТРОИСК-2.5»
- виброанализаторы: одноканальный «ВИБРАН-2.0» и четырехканальный «ВИБРАН-3.0»
- измеритель частот собственных колебаний «ИЧСК-1.0»
- виброметр «ВИСТ-2.4»
- измеритель напряжений в арматуре «ИНК-2.5»
- прибор диагностики свай «Спектр-1»
- измерители теплозащитных свойств материалов и конструкций:
 - мобильный и стационарный измерители теплопроводности «МИТ-1» и «ИТС-1»
 - многоканальный регистратор «ТЕПЛОГРАФ»
- влагомеры различного назначения серии «ВИМС-2.2»
- плотномер асфальтобетона «ПАБ-1.0»
- термометры, гигрометры, анемометры (раздельные и совмещенные, с функцией регистрации)
- средства программной поддержки