

українська державна академія залізничного транспорту

ТКАЧЕНКО РОМАН БОРИСОВИЧ

УДК 69.059.32:624.012

**КОРОТКОЧАСНА, ТРИВАЛА І ВТОМНА МІЦНІСТЬ
АНКЕРУВАННЯ АРМАТУРНИХ СТЕРЖНІВ КЛАСУ
А500С АКРИЛОВИМИ КЛЕЯМИ**

Спеціальність 05.23.01 – будівельні конструкції, будівлі та споруди

А В Т О Р Е Ф Е Р А Т

дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата технічних наук

**ХАРКІВ
2010**

Дисертацією є рукопис.

Робота виконана в Харківській національній академії міського господарства Міністерства освіти і науки України.

- Науковий керівник – кандидат технічних наук, професор
ЗОЛОТОВ Михайло Сергійович,
Харківська національна академія міського
господарства, професор кафедри будівельних
конструкцій.
- Офіційні опоненти – доктор технічних наук, професор
СЕМКО Олександр Володимирович,
Полтавський національний технічний університет
ім. Юрія Кондратюка, завідувач кафедри архітектури
та міського будівництва;
- кандидат технічних наук, доцент
ЯРОВИЙ Сергій Миколайович,
ЗАТ «Проектний та науково-дослідний інститут
«Харківський ПромбудНДІпроект», заступник ди-
ректора.

Захист дисертації відбудеться « 30 » вересня 2010 р. о 15-30 годині на засіданні спеціалізованої вченої ради Д 64.820.02 при Українській державній академії залізничного транспорту за адресою: 61050, м. Харків, майдан Фейербаха, 7.

З дисертацією можна ознайомитись у бібліотеці Української державної академії залізничного транспорту за адресою: 61050, м. Харків, майдан Фейербаха, 7.

Автореферат розісланий « 25 » серпня 2010 р.

Вчений секретар
спеціалізованої вченої
ради, к.т.н., доцент

Г.Л. Ватуля

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми. Роботи, пов'язані з відновленням, посиленням будівель і споруд при їх капітальному ремонті, модернізації і реконструкції,

являють собою найбільш складний і трудомісткий вид будівельних робіт, що від-різняється як проектними рішеннями, так і технологією виконання робіт. У зв'язку з цим з особливою гостротою постає необхідність у розробці нових та вдосконаленні старих, традиційних засобів відновлення і посилення будівель, з мінімальними витратами праці, матеріалів і засобів. Одним з перспективних і ефективних напрямів у цій області є застосування різних клеїв, в тому числі акрилових, при відновленні й посиленні конструкцій повнозбірних будівель. Розвиток капітального будівництва залежить від продуктивності праці, економії матеріальних і трудових ресурсів, а також скорочення ручної праці в будівництві. В Україні введено в дію новий стандарт на арматурний прокат для залізобетонних конструкцій – ДСТУ 3760-98 (в даний час ДСТУ 3760:2006), у зв'язку з чим є актуальним проведення досліджень по визначенню короткочасної, тривалої і втомної міцності та деформативності анкерування арматурних стержнів класу А500С згідно ДСТУ 3760-98 (3760:2006) акриловими клеями при впливі висмикуючого статичного та динамічного, багаторазово повторювального навантаження.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Робота виконана у відповідності з координаційним планом Міністерства освіти і науки України, завдання 21 – «Створення нових технологій, методів організації та механізації будівельних процесів, які забезпечують ефективність будівництва і модернізацію будівель і споруд». Номер державної реєстрації 0199U004287.

Мета дослідження. Метою даної роботи є визначення короткочасної, тривалої і втомної міцності, деформативності анкерування в бетон арматурних стержнів класу А500С акриловими клеями різного складу, визначення розрахункових зусиль на зазначений вид анкерування.

Завдання дослідження. Для досягнення поставленої мети визначені наступні завдання:

1. Дослідити геометричні та механічні властивості арматури серповидного профілю класу А500С та порівняти їх з гвинтоподібною арматурою класу А-III.
2. Дослідити міцність і деформативність клейового анкерування арматурних стержнів класу А500С при впливі короткочасного навантаження.
3. Визначити глибину анкерування арматурних стержнів класу А500С в бетон акриловими клеями різних складів.
4. Дослідити міцність і деформативність клейового анкерування арматурних стержнів класу А500С при впливі тривалої дії навантаження.
5. Експериментально дослідити втомну міцність анкерування арматурних стержнів класу А500С акриловими клеями.

6. Для можливості виконання інженерного розрахунку анкерного з'єднання з використанням арматури класу А500С встановити розрахункове зусилля на клейовий анкер в залежності від різних факторів.

7. Провести дослідно-промислове впровадження клейового анкерування арматурних стержнів класу А500С для з'єднання, кріплення, ремонту та реконструкції, відновлення і підсилення бетонних і залізобетонних конструкцій.

Об'єкт дослідження – анкерування арматурних стержнів класу А500С акриловими клеями різних складів.

Предмет дослідження – короткочасна, тривала і втомна міцність і деформативність анкерного з'єднання арматурних стержнів класу А500С на акрилових клеях.

Методи дослідження:

- аналітичні, засновані на розгляді і порівнянні даних ДСТУ 3760:2006 та ГОСТ 5781-82 щодо геометрії, хімічного складу і механічних властивостей двох різних арматурних прокатів;

- експериментальні дослідження міцності і деформативності при впливі короткочасного та тривалого навантаження, експериментальні дослідження втомної міцності анкерного з'єднання на акрилових клеях з використанням арматурного прокату класу А500С за ДСТУ 3760:2006, розробка емпіричних формул для визначення деформацій анкерування при короткочасному та тривалому навантаженні;

- порівняльний аналіз отриманих результатів та їх обробка.

Наукова новизна отриманих результатів:

- отримано аналітичні порівняння двох видів арматурного прокату, визначено переваги та недоліки одного та іншого прокату;

- вперше експериментально досліджено несучу здатність і деформативність анкерування арматурних стержнів серповидного профілю класу А500С у разі використання акрилових клеїв різних складів під дією короткочасного і тривалого навантаження;

- вперше отримані дані по витривалості анкерування арматурних стержнів класу А500С в бетон на акрилових клеях різного складу;

- визначена геометрія закладання арматурних стержнів класу А500С в бетон акриловими клеями різних складів.

Практичне значення одержаних результатів.

Визначено реальну можливість використання на будівельному майданчику анкерування арматурних стержнів класу А500С акриловими клеями різного складу (модифікованих і без добавок). Результати

дисертаційної роботи дозволяють проводити розрахунок та конструювання анкерних з'єднань з використанням арматури класу А500С і акриловими клеями при впливі короткочасного, тривалого і багаторазово повторювального навантаження.

Впровадження. Результати дисертаційної роботи були впроваджені проектно-вишукувальним інститутом ВАТ «Хардіпротранс» (м. Харків) при реконструкції промислової будівлі для підсилення фундаментів стаканного типу на об'єкті ТОВ «Паперова фабрика» в с.м.т. Малинівка Харківської області.

Особистий внесок здобувача полягає в наступному:

- проведено аналіз конструктивних рішень анкерного з'єднання з використанням арматурного прокату класу А500С за ДСТУ 3760:2006 та акрилових клеїв різного складу при короткочасних, тривалих і багаторазово повторних навантаженнях;
- визначені геометричні відмінності в прокатах класів А500С згідно ДСТУ 3760:2006 і А-III по ГОСТ 5781-82, на основі чого визначена площа зачеплення поперечних ребер кожного з видів арматурного прокату;
- отримані експериментальні дані з короткочасної та тривалої міцності і деформативності анкерного з'єднання акриловими клеями як у випадку закладання у залізобетонний масив, так і у випадку закладання у залізобетонні призми;
- отримані експериментальні дані з витривалості (втомної міцності) анкерного з'єднання при багаторазово повторних навантаженнях.

Апробація результатів дисертації. Результати теоретичних і експериментальних досліджень доповідалися на науково-технічних конференціях різного рівня (2006-2010 рр.): VII, VIII, IX міжнародних науково-технічних конференціях «Применение пластмасс в строительстве и городском хозяйстве» (Харків: ХНАМГ, 2006, 2008, 2010 рр.); міжнародній науково-технічній конференції «Строительство, реконструкция и восстановление зданий городского хозяйства» (Харків: ХНАМГ, 2007 р.); на міжнародних семінарах «Моделирование и оптимизация в материаловедении» МОК'46, МОК'47 (Одеса: ОДАБА, 2007, 2008 рр.); 5 міжнародній науково-технічній конференції «Ресурсоеко-номні матеріали, конструкції, будівлі та споруди» (Рівне: РДТУ, 2008 р.); XXXIII, XXXIV науково-технічних конференціях викладачів, аспірантів і співробітників Харківської національної академії міського господарства (Харків: ХНАМГ 2006, 2008 рр.).

Публікації. За темою дисертаційної роботи опубліковано 17 статей, у тому числі 9 у виданнях, рекомендованих ВАК України і 8 тез доповідей.

Структура та обсяг роботи. Дисертація складається зі вступу, п'яти розділів, загальних висновків, списку використаної літератури зі 185 найменувань і додатків. Всього 175 сторінок, у тому числі 136 сторінок основного тексту, 43 рисунки, 28 таблиць і 3 додатки.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У вступі обґрунтовано актуальність, наукову новизну і практичну цінність роботи, дана її загальна характеристика, наведені дані про впровадження.

У першому розділі дисертації здійснено огляд літературних джерел, присвячених теоретичним і експериментальним дослідженням анкерного з'єднання і арматурного прокату класу А500С для використання в будівельних конструкціях і установках різноманітного обладнання та механізмів. Аналізом встановлено велику різноманітність типів анкерних з'єднань, які розрізняються конструкцією, способами установки, а також передачі навантаження на фундаменти або будівельні конструкції. Достатня увага в дисертаційній роботі приділяється порівнянню, аналітичним дослідженням арматурного прокату класу А500С згідно ДСТУ 3760:2006 і класу А-III ГОСТ 5781-82, ГОСТ 10884-94, наведені переваги та недоліки одного та іншого прокатів. Дослідженням проблеми застосування полімерних клеїв у бетонних і залізобетонних конструкціях займалися і займаються такі вчені як Р.І. Берген, Ю.М. Баженов, Ю.В. Максимов, В.В. Патуроев, В.Г. Микульський, Н.Г. Матков, В.І. Соломатов, А.С.Фрейдін, Л.М. Шутенко, М.С. Золотов, Н.О. Псурцева, В.О. Склярів, В.О. Мельман, Б.Ю. Пагі, W. Kunze, M.F. Canovas, G. Rehm, M.A. Pincus, та інші. Дослідженням закладення арматурних стержнів в бетон присвячені деякі роботи О.Л. Шагіна, В.С. Шмуклера, Ю.М. Саканського, Р.О. Спіранде, Фам Мінх Ха, А.О. Гарбуз, Є.М. Бабича.

На підставі виконаного аналізу стану питання сформульовані задачі дослідження.

Другий розділ присвячений дослідженню короткочасної міцності і деформативності анкерування арматури класу А500С акриловими клеями різного складу. Дослідження полягали в висмикуванні арматурних стержнів класу А500С, встановлених за допомогою акрилових клеїв в бетонних і залізобетонних зразках.

У першому випадку арматурні стержні закладалися в бетонний масив, а в другому – в залізобетонні зразки з бетону класів В20 і В30. Таким чином охоплюються всі можливі випадки клейового анкерування арматурних стержнів класу А500С в бетон і залізобетон на практиці.

У першому випадку досліджувалась залежність міцності і деформативності клейового анкерування від глибини закладання арматурного стержня і видалення його від краю бетонної конструкції, міцності бетону, а також впливу фізико-механічних властивостей акрилового клею (модуль пружності E_K).

Дослідження проводилися на масивних бетонних зразках розміром 50x60x240 см. Блоки виготовлялися в заводських умовах і витримувалися в пропарювальних камерах. При проведенні експериментів досліджувалась залежність міцності клейового анкерування від глибини закладання арматурного стержня і міцності бетону. На момент проведення дослідження міцність бетону відповідає проектній – класів В20 і В30.

У вигляді зразків для дослідження короткочасної міцності були використані арматурні стержні серповидного профілю діаметром 16, 20, 22, 25 мм класу А500С за ДСТУ 3760:2006.

З метою виявлення оптимальної глибини анкерування арматурних стержнів вона змінювалась від 10 до 25 діаметрів анкера (глибина закладання збільшувалась з кроком 2.5 діаметру анкера). Було виготовлено 48 серій зразків анкерних з'єднань з закладанням арматурних стержнів звичайним акриловим клеєм на глибину $l_{анк} = 10d_s, 12.5d_s, 15d_s, 17.5d_s, 20d_s, 22.5d_s$ і $25d_s$, модифікованим, що має підвищені адгезійні та когезійні властивості – на глибину закладання арматурного стержня $l_{анк} = 10d_s, 12.5d_s, 15d_s, 17.5d_s$ і $20d_s$. Всього було випробувано 288 зразків клейового анкерування. Також визначали деформативність клейового анкера. Індикатори встановлювалися так, щоб було можливо заміряти зміщення $\Delta_{(0)}$ ненавантаженої і $\Delta_{(l)}$ навантаженої частин анкера.

У разі клейового анкерування арматурних стержнів класу А500С в бетон класу В20 на глибину $l_{анк} = 10d_s$ значення несучої здатності дорівнювало 420МПа, що склало 70% від границі міцності арматури класу А500С на розтяг. Руйнування анкерного з'єднання мало змішаний характер: частково по бетону (біля навантаженого кінця анкера) з утворенням конусного виколу по тілу клейового шару. При $l_{анк} = 12.5d_s$ значення несучої здатності склало 450МПа, що становить 75% від границі міцності арматури класу А500С. Конус виколу склав близько 40% від $l_{анк}$. При $l_{анк} = 15d_s; 17.5d_s$ і $20d_s$ значення несучої здатності склало відповідно 471, 492 і 520МПа, що близько 80-90% від границі міцності арматури класу А500С. Руйнування анкерного з'єднання проходило аналогічно попередньому випадку. Конус виколу утворювався на 15-25% від $l_{анк}$. При збільшенні $l_{анк}$ до $22.5d_s$ і $25.0d_s$ руйнування анкерного з'єднання відбувалося в результаті розриву арматурного стержня. Збільшення міцності бетону до класу В30 тягло за собою незначне збільшення міцності та деяку

зміну характеру руйнування анкерного з'єднання. Конус виколу бетону залежав від міцності бетону і був значно менше, ніж у першому випадку, при глибинах закладання анкера до $l_{анк} = 20d_s$. Вплив віддалення анкера від обріза бетонного масиву на міцність з'єднання показало, що при наближенні анкера до обрізу масиву до $l_{анк} = 5d_s$ зменшувалася несуча здатність анкерного з'єднання при закладанні анкера в бетон класу В20 на глибину $l_{анк} = 15d_s$ і $l_{анк} = 20d_s$. Значення несучої спроможності з'єднання зменшилося відповідно до 576.0 і 578.0МПа, що становило 82% від границі міцності арматурного стержня класу А500С.

Використовуючи модифікований акриловий клей для анкерування арматурних стержнів класу А500С в бетон класу В20 на глибину $l_{анк} = 10d_s$ значення несучої здатності дорівнювало 460 МПа, що близько 70% від границі міцності арматури А500С на розтягання. Руйнування мало змішаний характер: частково по бетону (з утворенням конуса виколу у завантаженого кінця анкера) і частково по тілу клейового шару. Конус виколу складав по висоті 40% $l_{анк}$. Збільшення $l_{анк}$ до $12.5d_s$ і $15.0d_s$ значення несучої здатності анкерного з'єднання склали відповідно 480 і 530МПа, що близько 88% від міцності арматури класу А500С на розтягання. Конус виколу бетону утворювався на 12-20% від $l_{анк}$. При $l_{анк} = 17.5d_s$ руйнування анкерних з'єднань для всіх d_s відбулося в результаті розриву анкера, що дозволило визначити кінцеву $l_{анк}$ арматурного стержня класу А500С згідно ДСТУ 3760:2006 за допомогою модифікованого акрилового клею. Збільшення міцності бетону до класу В30 призвело до незначного збільшення міцності з'єднання. Конус виколу бетону залежав від міцності бетону і був трохи менше, ніж для бетону класу В20 при глибині закладання анкера до $l_{анк} = 15d_s$. Аналіз експериментальних досліджень показав, що глибина закладання в бетон арматурних стержнів класу А500С за допомогою звичайних акрилових клеїв складає $l_{анк} = 22.5d_s$, а модифікованих $l_{анк} = 17.5d_s$.

На рис. 1 представлені графіки деформативності анкерних з'єднань (зсув завантаженого кінця анкера) з використанням арматури класу А500С залежно від глибини закладання арматурних стержнів $l_{анк}$ в бетон класів В20 і В30 за допомогою акрилових клеїв на відстані 250 і 80мм від обріза залізобетонного блока.

Криві зміщень (рис. 1) описуються рівнянням регресії:

$$\Delta_l = \frac{a \cdot b + c \sigma_s^d}{b + \sigma_s^d} \quad (1)$$

де Δ_l – зміщення завантаженого кінця анкера (мкм), σ_s – напруження на завантаженому кінці анкера (МПа); коефіцієнти a (мкм), b (МПа), c (мкм), і d (безрозмірний), а для кривої 1 на рис. 1,а:

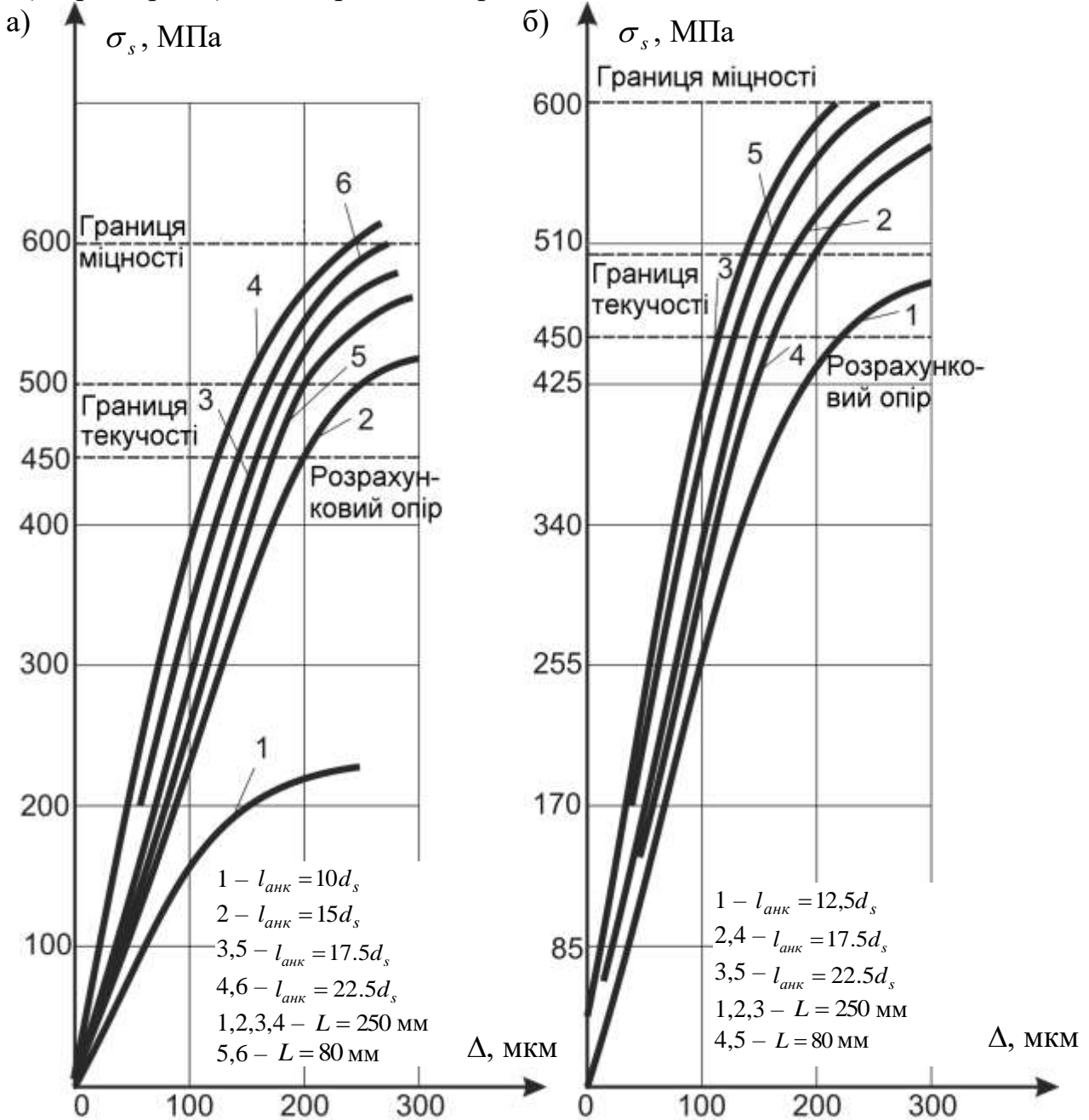


Рис. 1. Графіки зміщень завантаженого кінця анкера А500С в залежності від глибини закладання і видалення від краю бетонного масиву класу В20 (а) і В30 (б)

$$\Delta_l = a + b\sigma_s + c\sigma_s^2 \quad (2)$$

де Δ_l – зміщення завантаженого кінця анкера (мкм), σ_s – напруження на навантаженому кінці анкера (МПа); коефіцієнти a (мкм); b $\left(\frac{\text{мкм}}{\text{МПа}}\right)$; c $\left[\frac{\text{мкм}}{(\text{МПа})^2}\right]$.

Результати випробувань міцності та деформативності зразків анкерного з'єднання у разі анкерування в залізобетонні призми арматури класу А500С згідно ДСТУ 3760:2006 показали наступне. Руйнування анкерних з'єднань при $l_{\text{анк}} = 10d_s$ відбувалося по контакту клей-бетон з утворенням конусу виколу бетону навколо клейової обойми (біля завантаженого кінця анкера) і утворення тріщин в бетоні з подальшим руйнуванням бетонного зразка на дві частини за місцем проходження анкера, тобто в самому слабкому місці бетонного зразка. У момент руйнування середні значення нормальних осьових розтягуючих напружень на завантаженому кінці анкера були рівні відповідно 463МПа для першої (звичайний клей) і 504МПа для другої серії зразків (модифікований клей). Зміщення $\Delta_{(0)}$ ненавантаженого кінця анкера спостерігалися при $\sigma_s = 120$ МПа для першої і при $\sigma_s = 160$ МПа для другої серії зразків. При $l_{\text{анк}} = 12.5d_s$ несуча здатність при поперечному армуванні залізобетонного зразка арматурою $\text{Ø}3\text{A}240\text{C}$ $\sigma_s = 533$ МПа, а при поперечній арматурі $\text{Ø}10\text{A}240\text{C}$ $\sigma_s = 592$ МПа. Зміщення $\Delta_{(0)}$ ненавантаженого кінця анкера спостерігалось при $\sigma_s \geq 160$ МПа ($\text{Ø}3\text{A}240\text{C}$) і $\sigma_s \geq 210$ МПа ($\text{Ø}10\text{A}240\text{C}$). При $l_{\text{анк}} = 15d_s$ відбувалося при анкеруванні арматурного стержня в залізобетонний зразок з поперечним армуванням $\text{Ø}3\text{A}240\text{C}$ при $\sigma_s = 562$ МПа, а при поперечній арматурі $\text{Ø}10\text{A}240\text{C}$ становила $\sigma_s = 612$ МПа. Зміщення $\Delta_{(0)}$ ненавантаженого кінця анкера спостерігалися при $\sigma_s \geq 212$ МПа ($\text{Ø}3\text{A}240\text{C}$) і $\sigma_s \geq 237$ МПа ($\text{Ø}10\text{A}240\text{C}$). При $l_{\text{анк}} = 17.5d_s$ руйнування анкерних з'єднань з поперечним армуванням $\text{Ø}3\text{A}240\text{C}$ відбувалося при $\sigma_s = 578$ МПа, а при використанні поперечної арматури $\text{Ø}10\text{A}240\text{C}$ $\sigma_s = 632$ МПа. Зміщення $\Delta_{(0)}$ ненавантаженого кінця анкера спостерігалися при $\sigma_s \geq 234$ МПа ($\text{Ø}3\text{A}240\text{C}$) і $\sigma_s \geq 261$ МПа ($\text{Ø}10\text{A}240\text{C}$). Зміщення $\Delta_{(l)}$ завантаженого кінця анкера мали значення подібні анкерному з'єднанню при $l_{\text{анк}} = 15d_s$. При $l_{\text{анк}} = 20d_s$ в залізобетонний зразок із поперечним армуванням $\text{Ø}3\text{A}240\text{C}$ руйнування відбувалося по контакту клей-бетон з конусом виколу навколо клейової обойми; а при анкеруванні арматурного стержня класу А500С в залізобетонний зразок з поперечним армуванням $\text{Ø}10\text{A}240\text{C}$ зразки анкерного з'єднання руйнувалися в результаті розриву анкера з утворенням конуса виколу навколо клейової обойми. Середні значення нормальних осьових розтягуючих напружень на завантаженому кінці стержня були рівні:

при поперечному армуванні зразка арматурою $\varnothing 3A240C$ $\sigma_s = 678$ МПа, а при поперечній арматурі $\varnothing 10A240C$ $\sigma_s = 692$ МПа. Зміщення $\Delta_{(0)}$ ненавантаженого кінця анкера спостерігалось при $\sigma_s \geq 251$ МПа ($\varnothing 3A240C$) і $\sigma_s \geq 284$ МПа ($\varnothing 10A240C$). Спостерігався лінійний характер зміщень $\Delta_{(0)}$ і $\Delta_{(l)}$. Після досягнення σ_s значень границі текучості спостерігалися значні зсуви $\Delta_{(l)}$ завантаженого кінця анкера. Руйнування анкерних з'єднань при $l_{анк} = 22.5d_s$ відбувалося в результаті розриву арматурного стержня без виникнення конуса виколу бетону навколо клейової обойми і без тріщин у бетоні біля завантаженого кінця анкера. У момент руйнування середнє значення нормальних осьових розтягуючих напружень на завантаженому кінці анкера були рівні $\sigma_s \approx 675$ МПа, тобто вище границі міцності арматурного стержня при розтяганні. Зміщення $\Delta_{(0)}$ і $\Delta_{(l)}$ у разі закладання у залізобетонний зразок з поперечним армуванням $\varnothing 3A240C$ і $\varnothing 10A240C$ майже однакові і носять лінійний характер: $\Delta_{(0)}$ – до $\sigma_s = 510$ МПа; $\Delta_{(l)}$ – до $\sigma_s = 610$ МПа.

Незалежно від виду зразків анкерування руйнування відбувалося внаслідок розриву арматурних стержнів при $l_{анк} = 17.5d_s$, використовуючи модифікований акриловий клей. При використанні в зразках акрилового клею звичайного складу руйнування спостерігається при $l_{анк} = 22.5d_s$. Характер руйнування анкерного з'єднання залежить від $l_{анк}$ стержнів, а величина модуля пружності акрилового клею $E_{кл}$ впливає тільки на його деформативність.

У третьому розділі наведені результати експериментальних досліджень за визначенням тривалої міцності і деформативності клейового анкерування арматурних стержнів класу А500С.

При визначенні тривалої міцності у вигляді зразків використані арматурні стержні діаметрами 12 і 16 мм класу А500С. Стержні закладали в бетон класу В20, який на момент проведення експерименту мав кубикову міцність у віці 28 діб, рівну $R = 31.1$ МПа, а призмову міцність основних зразків – $R_b = 21.7$ МПа. Використовувався звичайний і модифікований акриловий клей. Глибина закладання анкерів становила відповідно при $l_{анк} = 17.5d_s = 210$ і 280 мм у випадку використання модифікованих акрилових клеїв і $l_{анк} = 22.5d_s = 270$ і 360 мм при використанні акрилових клеїв звичайного складу. Важільна система дозволила передавати навантаження на анкер до 150 кН. Зусилля в анкері контролювали шляхом виміру осадки пружини і безпосередньо за показниками динамометра. Дослідження визначили, що стабілізація тривалої міцності анкерних з'єднань настає через 3600 годин або 150 діб. При цьому тривалі нормальні розтягуючі напруження в анкері на його завантаженому кінці для діаметрів 12 і 16 мм відповідно склали 246.5 і 240.9 МПа. Ці значення вище за границю текучості для арматурного прокату класу А500С за ДСТУ 3760:2006.

Деформації анкерного з'єднання визначалися за схемою рис. 2.

Глибина закладання анкерів становила відповідно при $l_{анк} = 17.5d_s = 210\text{мм}$ для арматури $\varnothing 12A500C$ і 280 мм для арматури $\varnothing 16A500C$ у разі використання модифікованих акрилових клеїв і $l_{анк} = 22.5d_s = 270\text{мм}$ для арматури $\varnothing 12A500C$ і 360мм для арматури $\varnothing 16A500C$ при використанні клею звичайних складів. Завантаження зразків здійснюються за допомогою п'яти тонних і восьми тонних пружин, які передавали на арматурний стержень постійно діюче статичне висмикуюче зусилля. Рівень завантаженості зразків був прийнятий рівним розрахунковому опору арматури класу A500C згідно ДСТУ 3760:2006 і дорівнював $\sigma_s = 450\text{МПа}$.

Застосовувався акриловий клей з різними значеннями модуля пружності. У першій партії зразків $E_k = 8.78 \cdot 10^3\text{МПа}$, у другій $E_k = 11.67 \cdot 10^3\text{МПа}$, і в третій партії $E_k = 13.15 \cdot 10^3\text{МПа}$.

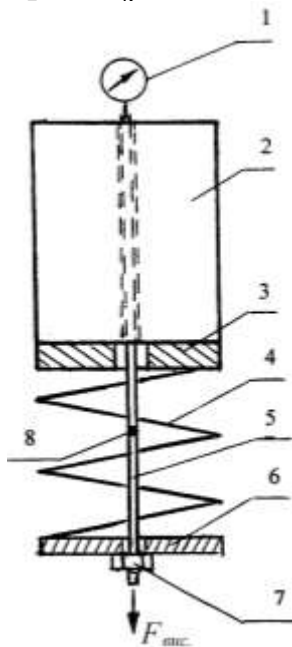


Рис. 2. Схема випробувань анкерування за визначенням зміщень ненавантаженого кінця анкера при дії тривалого статичного навантаження:
1 – індикатор годинникового типу;
2 – бетонна призма; 3 – металева прокладка; 4 – силова пружина;
5 – анкер; 6 – опорний диск;
7 – фіксує гайка; 8 – тензорезистор

Результати експериментів показали три чітко виражені етапи деформативності анкерного з'єднання. Перший етап характеризується інтенсивним зростанням зсувних деформацій клейового шару. Для першої партії зразків цей етап склав 25 діб, для другої – 20 діб і для третьої 12 діб. Другий етап характеризується спадом середньодобових деформацій анкерного з'єднання. Для першої партії зразків він склав до 30, для другої – 24 і для третьої – 14 діб. Третій етап характеризується відсутністю зростання зсувних деформацій (в границях точності вимірів). Гранична величина деформацій для $l_{анк} = 17.5d_s$ при $E_k = 8.78 \cdot 10^3\text{МПа}$ склала 0.106мм ; при $E_k = 11.67 \cdot 10^3\text{МПа}$ – 0.078мм і при $E_k = 13.15 \cdot 10^3\text{МПа}$ – 0.062мм .

У разі закладання анкера в бетон на глибину $l_{анк} = 22.5d_s$ ці деформації були відповідно рівні при $E_k = 8.78 \cdot 10^3\text{МПа}$ – 0.088 ; при $E_k = 11.67 \cdot 10^3\text{МПа}$ – 0.053мм і при $E_k = 13.15 \cdot 10^3\text{МПа}$ – деформації склали в середньому $0,039\text{мм}$. У всіх випадках деформації носять згасаючий характер і стабілізуються протягом 20...30 діб. У разі використання в з'єднанні арматурного стержня діаметром $\varnothing 12A500C$ максимальна деформативність склала $0,094\text{мм}$ для $l_1 = 20$

($d_{омв} = 20$ мм; $\delta = 3$ мм); 0.102 мм для $l_1 = 18$ ($d_{омв} = 20$ мм; $\delta = 4$ мм); і 0.112 мм для $l_1 = 16$ ($d_{омв} = 21$ мм; $\delta = 5$ мм). Для клейових анкерів з арматурним стержнем діаметром $\varnothing 16A500C$ ці деформації були рівні: 0,106 мм для $l_1 = 20$ ($d_{омв} = 24$ мм; $\delta = 4$ мм); 0.118 мм для $l_1 = 18$ ($d_{омв} = 27$ мм; $\delta = 5.5$ мм); і 0.131 мм для $l_1 = 16$ ($d_{омв} = 30$ мм; $\delta = 7$ мм).

Загальний вигляд установки для випробувань анкерного з'єднання для визначення тривалої міцності наведено на рис. 3.

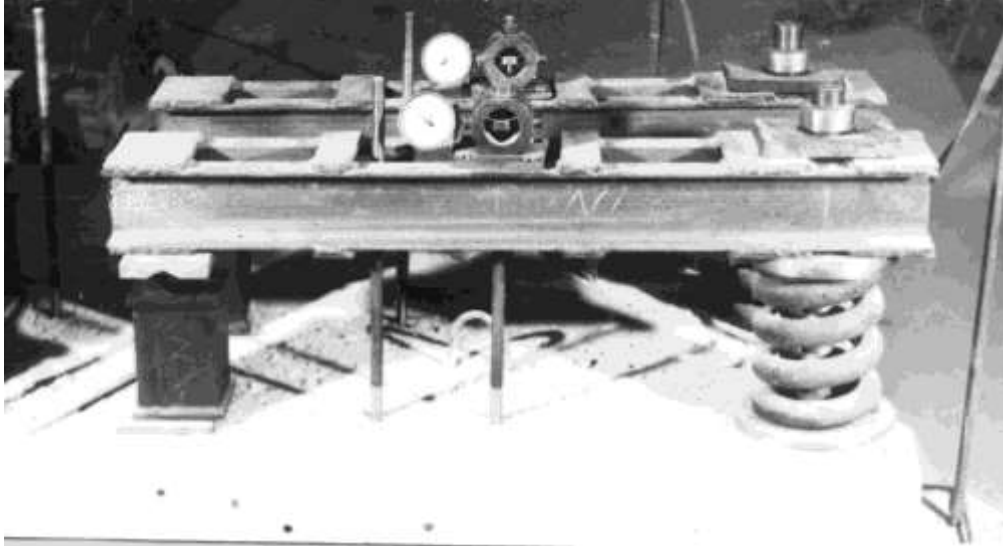


Рис. 3. Загальний вигляд установки для випробування анкерних з'єднань на тривалу міцність

Встановлено, що тривала міцність анкерування арматурних стержнів класу A500C акриловими клеями звичайних складів і модифікованих відповідно при глибинах анкерування арматурних стержнів $l_{анк} = 17.5d_s$ і $l_{анк} = 22.5d_s$ забезпечується при довгостроково діючих напруженнях рівних $0.9\sigma_g$. Дослідження деформативності показали, що вона залежить від модуля пружності акрилового клею E_k , глибини закладання арматурного стержня $l_{анк}$ і товщини клейового шару. Деформативність анкерного з'єднання має згасаючий характер. Стабілізація деформацій повзучості у всіх випадках відбувається на протязі 20-30 діб.

У четвертому розділі досліджено втомну міцність клейового анкерування арматурних стержнів класу A500C. Метою досліджень втомної міцності анкерного з'єднання є визначення границі втомної міцності, довговічності анкерного з'єднання на акрилових клеях звичайного складу і модифікованого з використанням серповидного арматурного прокату класу A500C за ДСТУ 3760:2006.

Розглянуто основні фактори, які впливають на втомну міцність анкерного з'єднання, які можна розділити на три основні групи:

1. Залежні від складу клею, його модуля пружності E_k ; глибини закладання арматурного стержня $l_{анк}$ і відстані від анкера до краю конструкції.

2. Залежні від особливостей самої арматури: технологія виготовлення; конструкція арматури (геометрія профілю); хімічний склад, механічні характеристики; діаметр прокату (масштабний фактор).

3. Зміни, пов'язані з характером роботи конструкції: на згин; на центральне стискання або розтягання; на відцентрове стискання або розтягання та інші.

Також в даному розділі розглянуті різні нормативні вимоги до втомної міцності матеріалів. Порівняння вимог різних стандартів, норм і правил з визначення втомної міцності арматурного прокату можна встановити, що максимальні напруження циклу в більшості стандартів приймаються рівними $0,6\sigma_y$. Виняток становить тільки ГОСТ 10884-94, де встановлені більш високі значення максимальних напружень циклу, а саме $0,7\sigma_y$, а також BS 4449, де максимальні напруження приймаються в залежності від діаметра арматури відповідно від 0.41 до 0.54 σ_y .

Випробування проводилися на пульсаторі ЦДМ-Пу 100. Схема випробувань анкерних з'єднань динамічним навантаженням наведена на рис. 4. При випробуваннях проводився відлік кількості доданих циклів багаторазово повторювальних навантажень за допомогою лічильника, вмонтованого в корпус випробувальної машини.

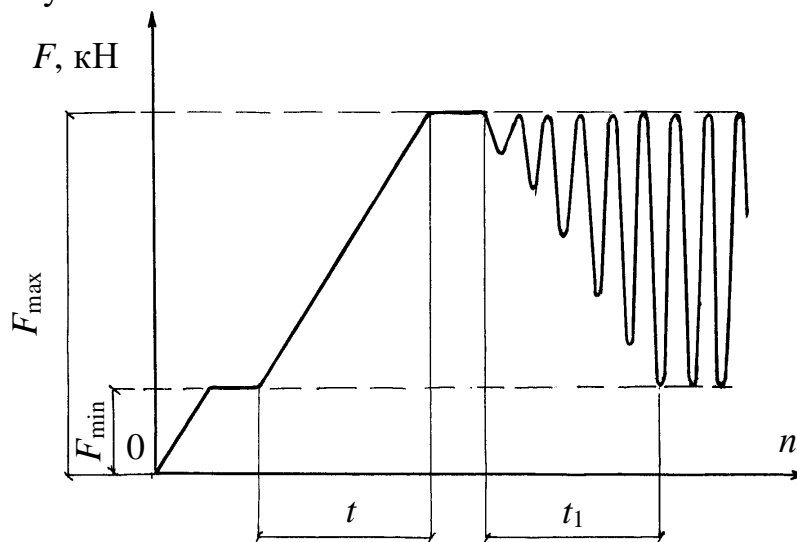


Рис. 4. Схема режиму завантаження анкерного з'єднання при багаторазово повторювальному навантаженні

Частоти багаторазово повторювальних навантажень 10 Гц і 7 Гц (відповідно 600 і 420 коливань за хвилину). Так, наприклад, при частоті $\omega = 10$ Гц число циклів $n = 2 \cdot 10^6$ досягнуто за 7 діб, а при частоті циклів багаторазово повторювальних навантажень $\omega = 7$ Гц число циклів $n = 2 \cdot 10^6$

буде досягнуто за 10 діб. Отже, різному часу, при $\sigma_{\max} = const$, будуть відповідати і різні значення деформацій.

Глибина закладання арматурних стержнів становила відповідно при $l_{\text{анк}} = 17.5d_s = 210\text{мм}$ (для арматури діаметром 12) і 280мм (для арматури діаметром 16) у випадку використання модифікованих акрилових клеїв і $l_{\text{анк}} = 17.5d_s = 270\text{мм}$ (для арматури діаметром 12) і 360мм (для арматури діаметром 16) при використанні клеїв звичайних складів.

Були використані акрилові клеї різних складів. Так, у першій партії зразків анкерного з'єднання був використаний клей з модулем пружності $E_{\text{кл}} = 8 \cdot 10^3 \text{МПа}$; в другій $E_{\text{кл}} = 1 \cdot 10^4 \text{МПа}$ і третя партія зразків була з модулем пружності $E = 1.4 \cdot 10^4 \text{МПа}$. Такий широкий діапазон різних значень модуля пружності дозволив охопити практично всі можливі значення модуля пружності при різних складах акрилового клею.

Шляхом закручування гайки створювали початкове зусилля затяжки анкера рівне 29.5кН, що відповідало напруженню і по різьбі 204МПа, після чого включали пульсатор і поступово доводили навантаження до такої величини, щоб верхня границя напруження в анкері σ_{\max} склала 300МПа, а нижня $\sigma_{\min} = 150\text{МПа}$ при асиметрії циклу $\rho = 0.5$ і при асиметрії циклу $\rho = 0.33$ верхня границя напруження в анкері σ_{\max} склала 300МПа, а нижня $\sigma_{\min} = 100\text{МПа}$. Так, коефіцієнт асиметрії циклу за такого розмаху напруження в експериментах склав $\rho = \sigma_{\min} / \sigma_{\max}$. У початковий період завантаження показники тензоре-зисторів фіксували через 5000, потім через $2 \cdot 10^4$, а в подальшому – через $2 \cdot 10^5$ циклів. Випробування проводили до досягнення числа циклів навантаження $n = 2 \cdot 10^6$.

Результати досліджень втомної міцності анкерного з'єднання з використанням арматурного прокату класу А500С вказують на таке:

- при вихідних напруженнях циклу $\sigma_{\max} = 300.0\text{МПа}$ і $\sigma_{\min} = 150.0\text{МПа}$ з коефіцієнтом асиметрії циклу $\rho = 0.5$ зразки анкерних з'єднань не досягли встановлених значень для класу А500С згідно ДСТУ 3760:2006 руйнування зразків не спостерігалось;

- при вихідних напруженнях циклу $\sigma_{\max} = 300.0\text{МПа}$ і $\sigma_{\min} = 100.0\text{МПа}$ з коефіцієнтом асиметрії циклу $\rho = 0.33$ зразки анкерних з'єднань досягли встановлених значень для класу А500С згідно ДСТУ 3760:2006 і залишились не зруйнованими.

Акриловий клей, має модуль пружності $E_{\text{кл}}$ менше, ніж у арматури і бетону, виступає у ролі демпфера при багаторазово повторному навантаженні на анкерне з'єднання, тим самим зменшуючи величину навантаження і збільшуючи допустиму кількість циклів навантаження.

Результати експерименту з визначення залишкової міцності зразків анкерного з'єднання після випробування на втому показали, що при частоті багаторазово повторного навантаження 10 Гц і модулем пружності $E_{кл} = 8 \cdot 10^3$ МПа залишкова міцність анкерного з'єднання склала $\sigma_s \approx 545$ МПа. При модулі пружності акрилового клею $E_{кл} = 1 \cdot 10^4$ МПа залишкова міцність склала $\sigma_s \approx 522$ МПа, а при $E_{кл} = 1,4 \cdot 10^4$ МПа залишкова міцність зразків анкерного з'єднання склала $\sigma_s \approx 512$ МПа.

При частоті багаторазово повторного навантаження 7 Гц і модулі пружності клею $E_{кл} = 8 \cdot 10^3$ МПа залишкова міцність анкерного з'єднання склала $\sigma_s \approx 552$ МПа. При $E_{кл} = 1,0 \cdot 10^4$ МПа залишкова міцність склала $\sigma_s \approx 536$ МПа, а при $E_{кл} = 1,4 \cdot 10^4$ МПа залишкова міцність склала $\sigma_s \approx 532$ МПа.

При досягненні даних значень навантаження відбувалося руйнування анкерного з'єднання в результаті розриву арматурного стержня класу А500С. З отриманих в ході експерименту даних видно чітку залежність значення характеристик міцності анкерного з'єднання від модуля пружності $E_{кл}$ акрилового клею.

У п'ятому розділі наведені результати дослідно-промислового впровадження анкерування арматурних стержнів періодичного (серповидного) профілю класу А500С в бетон за допомогою акрилових клеїв. Коротко описана технологія з'єднання елементів будівельних конструкцій та відновлення їх несучої здібності за допомогою акрилового клею, підготовка поверхні бетону для анкерування та нанесення акрилового клею. Наведено способи приготування та визначення необхідної кількості акрилового клею.

У 2008 році при реконструкції будівлі, зокрема фундаментів стаканного типу на об'єкті «Паперова фабрика» в с.м.т. Малинівка обсяг реконструйованого фундаменту склав 154 м². Збільшення міцності фундаментів стаканного типу вироблялося методом прибетонування по акриловій промазці. При цьому попередньо на нижній бічній поверхні ступені фундаменту були просвердлені отвори, в які за допомогою акрилового клею закладені анкери з арматурного прокату класу А500С. Впровадження дозволило зменшити витрату бетону на 310.5 м³, арматурного прокату на 5.0 т, трудових витрат на 865 людино-днів.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

1. Експериментальні дослідження показали, що інтенсивне наростання міцності анкерування акриловими клеями різних складів арматурних стержнів класу А500С в бетон відбувається при збільшенні глибини їх закладення. Не

залежно від виду зразків анкерування арматурних стержнів руйнування їх відбувалося в результаті розриву арматурних стержнів при глибині закладання $l_{анк} = 17.5d_s$, у разі використання модифікованих акрилових клеїв, і $l_{анк} = 22.5d_s$ при використанні в зразках акрилового клею звичайного складу.

2. На міцність клейового з'єднання не впливає діаметр свердловини в бетоні (товщина клейового шару). У цьому випадку змінюється лише деформативність клейового анкерування.

3. За вказаних глибинах закладання деформативність анкерного з'єднання має лінійний характер до досягнення границі текучості в арматурному стержні класу А500С.

4. Віддалення арматурного стержня від краю бетонного масиву впливає на деформативність клейового анкера.

5. Встановлено, що тривала міцність анкерування арматурних стержнів класу А500С акриловими клеями звичайних складів і модифікованих відповідно при глибинах анкерування арматурних стержнів $l_{анк} = 17.5d_s$ і $l_{анк} = 22.5d_s$ забезпечується при довгостроково діючих висмикуючих зусиллях, рівних $0.9\sigma_s$.

6. Дослідження деформативності клейового анкерування арматурних стержнів періодичного профілю класу А500С при тривалому навантаженні показали, що вона залежить від модуля пружності акрилового клею $E_{кл}$, глибини закладання арматурного стержня $l_{анк}$ і товщини клейового шару. Деформативність анкерного з'єднання має згасаючий характер. Стабілізація деформацій повзучості у всіх випадках відбувається на протязі 20-30 діб.

7. Результати випробувань з визначення втомної міцності анкерного з'єднання при багаторазово повторювальному навантаженні, більше $2 \cdot 10^6$ циклів, при глибинах закладання арматурного стержня класу А500С $l_{анк} = 17.5d_s$, використовуючи модифікований акриловий клей, як і при глибині закладання стержня $l_{анк} = 22.5d_s$, використовуючи звичайний акриловий клей, незалежно від діаметру арматурного стержня, коефіцієнта асиметрії циклу ρ і модуля пружності акрилового клею $E_{кл}$, показали, що руйнування зразків анкерного з'єднання не відбувалося.

8. Експерименти з визначення залишкової міцності зразків анкерного з'єднання після випробування їх на втомну міцність при багаторазово повторному навантаженні показали, що при короткочасному статичному навантаженні дані зразки мають більш низьку міцність щодо зразків анкерного з'єднання, які не підлягають випробуванню на втомну міцність. Її значення перебувають у границях від 522МПа до 552МПа і залежать від характеристик акрилового клею і виду динамічного навантаження анкерного з'єднання.

9. Здійснено дослідно-промислове впровадження результатів дослідження при реконструкції фундаментів на об'єкті ТОВ «Паперова фабрика» в с.м.т. Малинівка Харківської області. Впровадження дозволило зменшити витрати бетону на 310.5м^3 , арматурного прокату на 5.0т, трудових витрат на 865 людино-днів.

СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

1. Ткаченко Р.Б. Зависимость от геометрии анкерного соединения деформативности клеевой анкеровки арматурных стержней класса А500С при воздействии длительно действующих нагрузениях / М.С. Золотов, В.В. Душин Р.Б. Ткаченко // Вісник Сумського національного аграрного університету. Серія «Будівництво». – Суми, 2007. – Вип.12. – С. 102-106. *(Особистий внесок: визначення геометричних характеристик арматурного прокату класу А500С та порівняння площі зчеплення поперечних ребер арматури класу А500С і АІІІ).*

2. Ткаченко Р.Б. Деформативность анкеровки арматурных стержней класса А500С при кратковременных нагрузениях / Л.М. Шутенко, М.С. Золотов, Р.Б. Ткаченко // Комунальне господарство міст: наук.-техн. зб. – К.: Техніка, 2007. – Вип. 81. – С. 36-45. *(Особистий внесок: планування та виконання експериментів та отримання даних щодо міцності і деформативності зразків анкерування акриловим полімер-розчином арматурних стержнів класу А500С при короткочасних навантаженнях).*

3. Ткаченко Р.Б. Длительная прочность анкеровки арматуры класса А500С акриловыми клеями / Л.М. Шутенко, М.С. Золотов, Р.Б. Ткаченко // Науковий вісник будівництва Харківський державний технічний університет будівництва та архітектури. – Харків: ХОТВ АБУ, 2008. – С. 110-114. *(Особистий внесок: планування та виконання експериментів та отримання даних щодо міцності зразків анкерування акриловим полімер-розчином арматурних стержнів класу А500С при тривалих навантаженнях).*

4. Ткаченко Р.Б. Зависимость глубины заложения арматурных стержней класса А500С от прочности акрилового клея / Л.М. Шутенко, М.С. Золотов, Р.Б. Ткаченко // Комунальне господарство міст: наук.-техн. зб. – К.: Техніка, 2008. – Вип. 79. – С. 49-57. *(Особистий внесок: виконання експериментів та отримання даних щодо міцності зразків анкерування акриловими клеями арматурних стержнів класу А500С).*

5. Ткаченко Р.Б. Прочность анкеровки арматуры класса А500С акриловыми клеями / Л.М. Шутенко, М.С. Золотов, Р.Б. Ткаченко // Ресурсоекономні матеріали, конструкції, будівлі та споруди: зб. наук. праць. – Ч. 2. – Рівне, 2008. – Вип. 16. – С. 410-417. *(Особистий внесок: виконання експериментів та отримання даних щодо міцності зразків анкерування акриловими клеями арматурних стержнів класу А500С при короткочасних навантаженнях).*

6. Ткаченко Р.Б. Деформативность клеевой анкеровки арматурных стержней класса А500С при воздействии длительного нагружения / Л.М. Шутенко, М.С. Золотов, Р.Б. Ткаченко // Ресурсоекономні матеріали, конструкції, будівлі та споруди: зб. наук. праць. – Рівне 2008. – Вип. 17. – С. 321-326. *(Особистий внесок: планування та виконання експериментів для отримання результатів деформативності анкерування арматурних стержнів класу А500С при короткочасних навантаженнях).*

7. Ткаченко Р.Б. Воздействия на длительную прочность глубины заделки в бетон арматурных стержней класса А500С акриловыми клеями / М.С. Золотов, В.В. Душин, Р.Б. Ткаченко // Вісник Сумського національного аграрного Університету. Серія «Будівництво». – Суми, 2009. – Вип.13. – С. 61-63. *(Особистий внесок: виконання експериментів та отримання даних щодо міцності зразків анкерування акриловими клеями арматурних стержнів класу А500С при тривалодіючих навантаженнях).*

8. Ткаченко Р.Б. Воздействие вида нагружения на деформационные свойства анкеровки в бетон арматурных стержней класса А500С акриловыми клеями / Л.М. Шутенко, М.С. Золотов, В.А. Скляр, Р.Б. Ткаченко // Будівництво, матеріалознавство, машинобудування: зб. наук. праць. – Дніпропетровськ, ПДАБА, 2009. – Вип. 50. – С.633-640. *(Особистий внесок: планування та виконання експериментів і статистична обробка отриманих даних).*

9. Ткаченко Р.Б. Зависимость прочности и деформативности клеевой анкеровки арматурных стержней от технологических факторов / М. С. Золотов, Р.Б. Ткаченко // XXXIII наук.-техн. конф. викладачів, аспірантів і співробітників ХДАМГ: тез. конф. – Ч. 2. – Харків, 2006. – С. 145-148. *(Особистий внесок: розробка методики та проведення експериментальних досліджень, статистична обробка даних експерименту).*

10. Ткаченко Р.Б. Прочность клеевой анкеровки арматурных стержней в железобетонные элементы / М.С. Золотов, Р.Б. Ткаченко // Застосування пластмас в будівництві і міському господарстві: VII міжнародна наук.-техн. інтернет-конф: матеріали конф. – Харків, 2007. – С.76-79. *(Особистий внесок:*

розробка методики експерименту, його проведення та статистична обробка отриманих даних).

11. Ткаченко Р.Б. Влияние некоторых технологических факторов на прочность и деформативность клеевой анкеровки арматурных стержней / Л.М. Шутенко, Д.А. Макогон, Р.Б. Ткаченко // 46-й міжнародний семінар з моделювання та оптимізації композитів – МОК'46: матеріали семінару. – Одеса: Одеська державна академія будівництва і архітектури, 2007. – С. 209-210. *(Особистий внесок: розробка методики та проведення експериментальних досліджень, статистична обробка даних експерименту).*

12. Ткаченко Р.Б. Усиление сцепления арматуры с бетоном / Л.М. Шутенко, М.С. Золотов, А.О. Гарбуз, Р.Б.Ткаченко // Будівництво, реконструкція та відновлення будівель міського господарства: II міжнародна наук.-техн. інтернет-конф.: матеріали конф. – Х., 2007. – С. 127-130. *(Особистий внесок: планування та виконання експериментів і статистична обробка отриманих даних).*

13. Ткаченко Р.Б. Зависимость деформативности клеевого анкера от глубины заделки в бетон арматурных стержней класса А500С / М.С. Золотов, Р.Б. Ткаченко // XXXIV наук.-техн. конф. викладачів, аспірантів і співробітників ХДАМГ: тез. конф. – Ч. 2. – Харків, 2008. – С. 128-131. *(Особистий внесок: теоретичне обґрунтування методики експериментів, планування та виконання експериментів та отримання даних щодо міцності і деформативності зразків анкерування акриловим полімер-розчином арматурних стержнів класу А500С при короткочасних навантаженнях).*

14. Ткаченко Р.Б. Зависимость деформативности клеевой анкеровки арматурных стержней класса А500С от геометрических параметров / Л.М. Шутенко, М.С. Золотов, Р.Б. Ткаченко // 47-й міжнародний семінар з моделювання та оптимізації композитів – МОК'47: матеріали семінару. – Одеса: Одеська державна академія будівництва і архітектури, 2008. – С. 170-175. *(Особистий внесок: теоретичне обґрунтування методики експериментів, планування та виконання експериментів та отримання даних щодо міцності і деформативності зразків анкерування арматурних стержнів класу А500С).*

15. Ткаченко Р.Б. Прочность анкеровки арматуры класса А500С акриловыми клеями / М.С. Золотов, Р.Б. Ткаченко // Застосування пластмас у будівництві та міському господарстві: VIII міжнародна наук.-техн. інтернет-конф: матеріали конф. – Х., 2009. – С.70-77. *(Особистий внесок: розробка методики та проведення експериментальних досліджень, статистична обробка даних експерименту).*

16. Ткаченко Р.Б. Прочность анкеровки арматурных стержней класса А500С акриловыми клеями при воздействии на них многократно

повторяющейся выдергивающей нагрузки / М.С. Золотов, Р.Б.Ткаченко // Вісник Одеської державної академії будівництва і архітектури «Інженерні рішення та інновації в будівництві і архітектурі». – Одеса: Одеська державна академія будівництва і архітектури, 2009. – Вип. 34. – С.77-83. (*Особистий внесок: виконання експериментів та отримання даних щодо міцності анкерування арматурних стержнів класу А500С при багаторазово повторювальних навантаженнях*).

17. Ткаченко Р.Б. Влияние некоторых технологических факторов на прочность и деформативность клеевой анкерной арматурных стержней / Р.Б. Ткаченко, В.Ю. Щербов // Застосування пластмас у будівництві та міському господарстві: ІХ міжнародна наук.-техн. інтернет-конф.: матеріали конф. – Х., 2010. – С. 64-66. (*Особистий внесок: розробка методики та проведення експериментальних досліджень, статистична обробка даних експерименту*).

АНОТАЦІЯ

Ткаченко Р.Б. Короткочасна, тривала і втомна міцність анкерування арматурних стержнів класу А500С акриловими клеями.
Рукопис.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.23.01 – будівельні конструкції, будівлі та споруди. Харківська національна академія міського господарства, Харків, 2010.

Дисертація присвячена визначенню міцності і деформативності анкерних з'єднань з використанням арматурного прокату класу А500С і акрилових клеїв різного складу, при впливі на дане з'єднання короткочасних, тривалих і динамічних висмикуючих зусиль з метою визначення необхідної і достатньої глибини закладання анкера для нормальної роботи анкерного з'єднання.

В результаті експериментів визначена глибина закладання арматурних стержнів класу А500С акриловими клеями, яка дорівнює $l_{анк} = 22.5d_s$ для акрилових клеїв звичайного складу і $l_{анк} = 17.5d_s$ для модифікованих акрилових клеїв.

Дослідження короткочасної і тривалої міцності показали, що при вказаних глибинах закладання анкера забезпечується надійна робота анкерних з'єднань з використанням арматурного прокату класу А500С на звичайних та модифікованих акрилових клеях.

Дослідження деформативності анкерних з'єднань при короткочасних та тривалих навантаженнях показали, що при розрахункових напруженнях вони незначні.

Експерименти по визначенню втомної міцності анкерних з'єднань показали, що вони не зруйнувались після $2 \cdot 10^6$ циклів навантажень. Після завершення вказаних експериментів була визначена залишкова міцність зразків при впливі короточасних висмикуючих зусиль.

Виконані дослідно-промислове впровадження та економічна оцінка показали ефективність застосування анкерних з'єднань на модифікованих та звичайних акрилових клеях із застосуванням арматурного прокату класу А500С.

Ключові слова: акриловий клей звичайний та модифікований; анкерні з'єднання; глибина закладання; короточасна, тривала та втомна міцність; арматура класу А500С; деформативність; багаторазово повторювальне навантаження.

АННОТАЦИЯ

Ткаченко Р.Б. Кратковременная, длительная и усталостная прочность анкеровки арматурных стержней класса А500С акриловыми клеями. Рукопись.

Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.23.01 – строительные конструкции, здания и сооружения. Харьковская национальная академия городского хозяйства, Харьков, 2010.

Диссертация посвящена определению прочности и деформативности анкерных соединений с использованием арматурного проката класса А500С и акриловых клеёв различных составов, при воздействии на данное соединение кратковременных, длительных и многократно повторяющихся динамических нагрузок с целью определения необходимой и достаточной глубины заложения анкера для нормальной работы анкерного соединения. Исследованию влияния геометрии арматурного проката класса А500С по ДСТУ 3760:2006 на характер анкерного соединения с использованием акрилового клея.

В результате экспериментов определена глубина заложения арматурных стержней класса А500С акриловыми клеями, которая равна $l_{анк} = 22.5d_s$ для акриловых клеев обычного состава и $l_{анк} = 17.5d_s$ для модифицированных акриловых клеев.

Исследования кратковременной и длительной прочности показали, что при указанных глубинах заложения анкера обеспечивается надежная работа анкерных соединений с использованием арматурного проката класса А500С на обычных и модифицированных акриловых клеях.

Исследования деформативности анкерных соединений при кратковременных и длительных нагружениях показали, что при расчетных напряжениях они незначительны. При достижении напряжения выше предела текучести арматурного проката класса А500С при глубине заложения анкеров $l_{анк} = 22.5d_s$ для акриловых клеев обычного состава и $l_{анк} = 17.5d_s$ для модифицированных акриловых клеев разрушение соединения происходило в следствии разрыва арматурного стержня. При меньших глубинах заделки разрушение происходило по контакту клей-бетон. В этом случае смещения незагруженного конца анкера достигали значительных размеров.

Расчетным экспериментом установлено влияние физико-механических особенностей и геометрических параметров, как собственно арматурного проката класса А500С по ДСТУ 3760:2006, так и анкерного соединения с использованием акрилового клея и данного арматурного стержня, на напряженно-деформированное состояние клеевой анкеровки, а также длительного действия выдергивающего усилия и многократно повторного нагружения.

Исследования позволили определить оптимальную геометрию соединения:

- глубину заделки арматурных стержней класса А500С (ДСТУ 3760:2006) в бетон обычными акриловыми клеями составляет $l_{анк} = 22.5d_s$, а модифицированными $l_{анк} = 17.5d_s$;
- диаметр отверстия под арматурный стержень $d_{скв.} = d_s + (0.8...2)$ см, этот размер удовлетворяет как прочностным так и технологическим требованиям;
- минимальное расстояние от оси арматурного стержня до края элемента конструкции или обреза фундамента составляет $5d_s$.

Эксперименты по определению усталостной прочности анкерных соединений на обычных и модифицированных акриловых клеях с использованием арматурного проката класса А500С показали, что они не разрушились после $2 \cdot 10^6$ циклов нагружений. После завершения указанных экспериментов была определена остаточная прочность образцов при воздействии кратковременной выдергивающей нагрузки. Исследованные образцы разрушились вследствие разрыва арматурного стержня класса А500С при глубинах заделки анкеров $l_{анк} = 22.5d_s$ – для акриловых клеев обычного состава, а модифицированных $l_{анк} = 17.5d_s$. Значения остаточной прочности анкерного соединения оказались несколько меньшими в сравнении с

аналогичными значениями, полученным при исследованиях образцов анкерных соединений при кратковременном статическом и длительном нагружении.

Осуществлено опытно-промышленное внедрение и экономическая оценка показателей эффективности применения анкерных соединений на модифицированных и обычных акриловых клеях с применением арматурного проката класса А500С.

Ключевые слова: акриловый клей обычный и модифицированный; анкерные соединения; глубина заделки; кратковременная, длительная и усталостная прочность; арматура класса А500С; деформативность, многократно пов-торное нагружение.

ANNOTATION

Tkachenko R.B. Short term, protracted and tireless durability of reinforcement of class of A500C by acryl glues. The manuscript.

The Dissertation on competition of a scientific degree of Cand. Tech. Sci. on a speciality 05.23.01 – «Building structures, buildings and constructions». The Kharkov national academy, Kharkov, 2010. The Ministry of Education and Sciences of Ukraine.

The dissertation is devoted to definition of durability and deformation anchor connections with concrete modified acrylic by glues at influence on them short-term, is long working and dynamic pulling out efforts with the purpose of an establishment of depth of anchoring, and also parameters necessary for performance of calculation of the specified connections.

As a result of experiments depth of closing up anchor bolts in concrete modified acril by glues for fastening the process equipment and building designs is determined.

Deformations anchor bolts connections are determined at short-term and is long working loadings.

On the basis of theoretical and experimental researches factors of loading χ and k stability of a preliminary inhaling anchor bolts are determined.

Experiments with definition weariness anchor bolts connections on modified acrylic glues have shown durability, that they did not collapse after $2 \cdot 10^6$ cycles loading.

Executed industrial introduction and an economic estimation is skilled have shown efficiency of application anchor bolts connections on modified acrylic glues.

Key words: acrylic glue modification; anchor bolts connections; depth of closing up; short-term, long and weariness durability; deformation; factor of loading; factor of stability of a preliminary inhaling anchor bolts.

Ткаченко Роман Борисович

**КОРОТКОЧАСНА, ТРИВАЛА І ВТОМНА МІЦНІСТЬ АНКЕРУВАННЯ
АРМАТУРНИХ СТЕРЖНІВ КЛАСУ
А500С АКРИЛОВИМИ КЛЕЯМИ**

Автореферат
дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата технічних наук

Відповідальний за випуск к.т.н., доцент Гарбуз А.О.

Формат 60x84 1/16. Ум. друк. арк. 0,9
Друк на ризографі. Тираж 100 пр. Зам. № 6233

Видавець і виготовлювач:
Харківська національна академія міського господарства,
вул. Революції, 12, Харків, 61002
Електронна адреса: rectorat@ksame.kharkov.ua
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи: ДК № 731 від 19.12.2001