

УКРАЇНСЬКА ДЕРЖАВНА АКАДЕМІЯ
ЗАЛІЗНИЧНОГО ТРАНСПОРТУ

МЕЛЬМАН ВІКТОРІЯ ОЛЕКСАНДРІВНА

УДК 693.5:624.078.43

**МІЦНІСТЬ З'ЄДНАННЯ БЕТОННИХ ЕЛЕМЕНТІВ АКРИЛОВИМИ
КЛЕЯМИ ПРИ ТРИВАЛОМУ ТА БАГАТОРАЗОВО ПОВТОРНОМУ
НАВАНТАЖЕННЯХ**

05.23.01 – будівельні конструкції, будівлі та споруди

Автореферат
дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата технічних наук

Харків – 2004

Дисертацією є рукопис.

Робота виконана на кафедрі теоретичної і прикладної механіки в Харківській національній академії міського господарства Міністерства освіти і науки України.

Науковий керівник:

– кандидат технічних наук, професор
ЗОЛОТОВ Михайло Сергійович,
професор кафедри будівельних конструкцій
Харківської національної академії міського
господарства.

Офіційні опоненти

– доктор технічних наук, професор
ФОМЦА Леонід Миколайович,
професор кафедри будівельних конструкцій
Сумського національного аграрного університету.

– кандидат технічних наук, доцент
СЕМКО Олександр Володимирович,
доцент кафедри конструкцій з металу, дерева і
пластмас Полтавського національного технічного
університету ім. Юрія Кондратюка.

Провідна установа

– Харківський державний технічний університет
будівництва і архітектури Міністерства освіти і
науки України, кафедра залізобетонних і кам'яних
конструкцій.

Захист відбудеться **22 квітня 2004 р.** о 14⁰⁰ год.
на засіданні спеціалізованої вченої ради Д 64.820.02 при Українській державній
академії залізничного транспорту за адресою: 61050, Україна, м. Харків, майдан
Фейербаха, 7.

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

Автореферат розісланий 15 березня 2004 р.

Вчений секретар
спеціалізованої вченої ради

Г.Л. Ватуля

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми. Одним з найважливіших напрямків науково-технічного прогресу в будівництві є застосування ефективних з'єднань бетонних і залізобетонних елементів будівельних конструкцій, використання яких дозволить скоротити витрати матеріалів, працевтрати, терміни ремонту, реконструкції і модернізації існуючих будівель та споруд. До таких з'єднань належать з'єднання бетонних і залізобетонних елементів будівельних конструкцій полімерними клеями. Для здійснення такого з'єднання економічно доцільне застосування акрилових клеїв, що характеризуються відсутністю складних підготовчих процесів і дозволяють за короткий термін (3...10 годин) вводити будівлі в експлуатацію, а також виконувати ремонтні роботи практично без зупинки виробництва.

Для подальшого застосування з'єднань бетонних і залізобетонних елементів акриловими клеями, а також розрахунків відповідно до вимог СНиП 2.09.03 – 85 «Сооружения промышленных предприятий» і СНиП 2.03.01 – 84* «Бетонные и железобетонные конструкции» необхідно мати дані щодо їх міцності, деформативності та витривалості при короткочасному, тривалому і багаторазово повторному навантаженнях.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Робота виконана за координаційним планом Міністерства освіти і науки України, завдання 21 – «Створення нових технологій і методів механізації, що забезпечують будівництво і модернізацію будівель і споруд», номер державної реєстрації 0199U004287. *Особистий внесок здобувача* – участь у розробці проектної документації з ремонту й реконструкції будівель, споруд і фундаментів верстатних агрегатів.

Мета і задачі дослідження. Метою роботи є визначення міцності й деформативності з'єднання бетонних і залізобетонних елементів акриловими клеями при впливі короткочасних, тривало діючих і багаторазово повторних навантажень з високими й низькими частотами. Досягнення мети дослідження зумовило вирішення наступних **задач**:

1. Експериментально дослідити міцність з'єднань бетонних елементів акриловими клеями при дії короткочасних, тривалих і багаторазово повторних навантажень.

2. Дослідити вплив рівня напружень, товщини клейового шару і частоти багаторазово повторного навантаження на витривалість центрально стиснутих з'єднаних акриловим клеєм бетонних елементів.

3. Дослідити деформативність зазначених з'єднань при короткочасному, тривалому і багаторазово повторному навантаженнях.

4. Дослідити вплив різних рівнів тривало діючих і багаторазово повторних навантажень на деформацію клейових з'єднань.

5. Визначити вплив товщини клейового шару на зміну короткочасної і тривалої міцності, а також витривалості.

6. Дослідити розвиток одиничних відносних деформацій повзучості й віброповзучості.

7. Визначити коефіцієнти умов роботи при тривалій дії статичних навантажень різних рівнів.

8. Експериментально визначити відносну межу витривалості з'єднань бетонних і залізобетонних елементів акриловими клеями залежно від рівня напружень, коефіцієнта асиметрії циклу, числа і частоти багаторазово повторних навантажень.

9. Одержати теоретичні залежності для визначення відносної межі витривалості.

10. Експериментально встановити базове число циклів для з'єднаних акриловими клеями бетонних елементів при дії багаторазово повторного навантаження залежно від частоти.

Робоча гіпотеза полягає у можливості поширення отриманих величин міцності і деформативності клейових з'єднань центрально стиснутих бетонних елементів при тривалому і багаторазово повторному навантаженні на елементи будівельних конструкцій, що зазнають позацентрового стиску, згину, кручення зі згином та інших видів складних деформацій.

Об'єкт дослідження – з'єднання бетонних і залізобетонних елементів будівельних конструкцій акриловими клеями.

Предмет дослідження – установлення короткочасної, тривалої міцності, деформативності і витривалості центрально стиснутих з'єднань бетонних елементів акриловими клеями.

Методи дослідження:

- аналітичні, засновані на розгляді діаграми «зусилля – деформація» з'єднань бетонних елементів і отримання залежності для коефіцієнтів тривалої міцності, витривалості й деформативності;

- експериментальні дослідження міцності, деформативності й витривалості центрально стиснутих цілих і з'єднаних акриловим клеєм бетонних зразків-призм;

- порівняльний аналіз отриманих результатів та їх обробка з використанням сучасних методів математичної статистики.

Наукова новизна одержаних результатів:

- вперше отримані дані щодо витривалості клейових з'єднань бетонних елементів будівельних конструкцій акриловими клеями при дії багаторазово повторних навантажень;

- розрахунково-експериментальним шляхом визначені величини відносної межі витривалості з'єднань бетонних елементів будівельних конструкцій акриловими клеями;

- встановлена експериментально залежність деформативності з'єднань бетонних елементів акриловими клеями при дії багаторазово повторного навантаження від товщини клейового шару, класу бетону елементів, що з'єднуються, числа циклів і рівня напружень;

- вперше отримано базове число циклів багаторазово повторного навантаження з'єднань бетонних елементів акриловими клеями з частотою $\omega \leq 0,1$ Гц, що складає $2 \cdot 10^5$ циклів;

Практичне значення одержаних результатів. Одержано розрахункові характеристики досліджених з'єднань бетонних елементів акрилових клеями, що забезпечують рівномірне з'єднання елементів будівельних конструкцій при дії як тривалих, так і багаторазово повторних навантажень. Результати розробки дозволяють виконувати розрахунок і конструювання з'єднань бетонних елементів акриловими клеями при дії багаторазово повторних навантажень.

Основні результати дисертаційної роботи впроваджені у ТОВ «Завод самохідних шасі» (м. Харків) при реконструкції фундаментів під нове ковальсько-штампувальне обладнання і під установку карусельного верстата КУ507ф1, а також у виробничій фірмі ТОВ «Луч» (м. Харків) при з'єднанні бетонних і залізобетонних елементів будівельних конструкцій.

Особистий внесок здобувача:

- проведено аналіз конструктивних рішень з'єднань бетонних елементів акриловими клеями та методів їх розрахунку при короткочасному, тривалому й багаторазово повторному навантаженні;
- отримано експериментальні дані з короткочасної і тривалої міцності та деформативності клейових з'єднань бетонних елементів акриловими клеями;
- отримано експериментальні дані з витривалості й деформативності з'єднань бетонних елементів акриловими клеями при багаторазово повторному навантаженні;
- експериментально встановлені величини відносної межі витривалості з'єднань залежно від товщини клейового шару, числа циклів, рівня навантажень і частоти;
- розроблено методику експериментально-теоретичної оцінки відносної межі витривалості з'єднань бетонних елементів акриловими клеями;
- проведено статистичну обробку експериментальних даних.

Апробація результатів дисертації. Результати теоретичних і експериментальних досліджень доповідалися на науково-технічних конференціях різного рівня (2000 – 2003 рр.): VI міжнародній науково-технічній конференції «Застосування пластмас у будівництві і міському господарстві» (Харків: ХДАМГ, 2002 р.), міжнародній науково-технічній конференції «Будівництво, реконструкція і відновлення будинків і споруд міського господарства» (Харків: ХДАМГ, 2002 р.), міжнародній науково-практичній конференції «Сталий розвиток міст» (Харків: ХДАМГ, 2003 р.), на міжнародних семінарах «Моделирование и оптимизация в материаловедении» МОК'39, МОК'40, МОК'41 (Одеса: ОГАСА, 2000, 2001, 2002 р.), IV міжнародній науково-технічній конференції «Ресурсоекономні матеріали, конструкції, будівлі та споруди» (Рівне: РДТУ, 2003 р.), XXX, XXXI науково-технічних конференціях викладачів, аспірантів і співробітників Харківської державної академії міського господарства (2000, 2001 рр.), V Українській науково-технічній конференції «Застосування пластмас у будівництві і міському господарстві» (Харків: ХДАМГ, 2000 р.), міжнародній науково-технічній конференції «Вода, екологія, суспільство» (Харків: ХДАМГ, 2002 р.), першій обласній конференції молодих вчених «Тобі, Харківщино, – пошук молодих» (Харків: ХДАМГ, 2002р.), міжнародній науково-практичній конференції

«Рациональные энергосберегающие конструкции, здания и сооружения в строительстве и коммунальном хозяйстве» (Белгород: БелГТАСМ, 2003 р.), міжнародній конференції «Ресурс і безпека експлуатації конструкцій, будівель і споруд» (Харків: ХДТУБА ХОТВ АБУ, 2003 р.).

Публікації. За результатами дисертаційного дослідження опубліковано 11 наукових статей, у тому числі 10 у фахових виданнях, що рекомендовані ВАК України, і 5 тез доповідей. Чотири наукові праці написано автором самостійно.

Структура і обсяг дисертації. Дисертація складається із вступу, п'яти розділів, загальних висновків, чотирьох додатків, списку використаних джерел; повний обсяг дисертації – 206 сторінок, в тому числі: 129 сторінок основного тексту, 45 рисунків і 18 таблиць, додатки на 20 сторінках, список використаних джерел (157 найменувань).

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У вступі обгрунтовано актуальність теми дисертаційної роботи, сформульовано мету і задачі дослідження, розкрито наукову новизну і практичне значення отриманих результатів, а також особистий вклад здобувача і апробація результатів дисертаційної роботи.

У першому розділі дисертаційної роботи виконано огляд літературних джерел, що присвячені теоретичним та експериментальним дослідженням в галузі застосування полімерних клеїв для з'єднання бетонних і залізобетонних елементів будівель та споруд.

Питанням застосування полімерних клеїв у бетонних і залізобетонних конструкціях присвячені роботи: Е.П.Александряна, Р.І.Бергена, В.А.Лисенка, В.С.Дорофієва, М.С.Золотова, Л.М.Шутенка, С.Н.Журкова, Г.А.Молодченка, В.П.Пустовойтова, О.Л.Шагіна, В.Л.Чернявського, О.Г.Ольгінського, Н.О.Псурцевої, С.М.Золотова, Р.О.Спіранде, Ю.М.Смолянінова, А.О.Гарбуз, В.З.Клименка, Л.А.Ігоніна, Ю.М.Баженова, Ю.Ф.Кутіна, Ю.В.Максимова, В.В.Патуроева, Н.Г.Маткова, В.І.Соломатова, В.М.Горшкової, В.П.Боркова W.Kunze, M.Buck та ін.

Огляд накопиченого матеріалу показав, що при експлуатації будь-які елементи будівельних конструкцій, у тому числі з'єднані за допомогою клеїв, можуть бути піддані дії мало- і багатоциклових навантажень. При аналізі науково-технічної літератури встановлено, що при роботі багаточисленних агрегатів і механізмів будівельні конструкції найчастіше зазнають дії мало- і багатоциклових багаторазово повторних навантажень з частотами $0,07 \leq \omega \leq 10$ Гц. На підставі цього в дисертаційній роботі вибрано діапазон частот для проведення експериментальних досліджень з'єднань бетонних елементів на витривалість. Слід підкреслити, що роботи з дослідження витривалості з'єднань бетонних і залізобетонних елементів практично відсутні. Подальшому розширенню використання акрилових клеїв перешкоджає недостатня вивченість питань міцності, надійності й довговічності клейових з'єднань бетонних і залізобетонних конструкцій. У зв'язку з цим в роботі основну увагу приділено впливу багаторазово повторних навантажень на витривалість і деформативність з'єднань бетонних елементів акриловими

клеями при центральному стиску.

На підставі виконаного аналізу сформульовані робоча гіпотеза, мета і задачі досліджень.

Другий розділ присвячено експериментальним дослідженням міцності і деформативності з'єднань „бетон – бетон” акриловими клеями при короткочасному і тривалому статичному навантаженні. Одним із завдань дисертаційної роботи є визначення впливу товщини клейового шару на величини міцності й деформативності з'єднань. Дослідження міцності й деформативності як цілих, так і з'єднаних акриловим клеєм бетонних елементів на центральний стиск виконували на зразках-призмах розміром 100×100×400 мм. Дослідні склеєні призми були виготовлені двох видів: із бетонних призм розміром 100×100×200 мм, які мали гладку торцеву поверхню, і призм з рваною торцевою поверхнею, отриманою поперечним розколюванням бетонних призм розміром 100×100×400 мм. Товщина клейового шару з'єднаних акриловим клеєм елементів була прийнята 3, 6, 9 мм. Перед початком склеювання всі зразки віком 110...120 діб підлягали наскрізному прозвучуванню в поздовжньому напрямку. За результатами прозвучування були відібрані зразки-призми з приблизно однаковими величинами швидкості розповсюдження ультразвуку, що відрізнялась не більше ніж на $\pm 5\%$. Це необхідно при випробуванні одночасно трьох зразків-призм.

При короткочасних випробуваннях були визначені за стандартною методикою міцність, призмova міцність цілих і з'єднаних акриловим клеєм елементів, модулі пружності E_b , E_m . За величинами поздовжніх і поперечних деформацій, які отримано при рівні напружень $0,25...0,3R_{bu}$ або R_{mu} , підраховували коефіцієнт Пуассона.

Статистична обробка результатів короткочасних досліджень міцності цілих і з'єднаних акриловим клеєм зразків-призм показала, що цілі призми з бетону класу B12,5 мають середню призмovu міцність $R_{bu} = 12,73$ МПа, а склеєні призми (незалежно від виду поверхні склеювання і товщини клейового шару) мають середню міцність $R_{mu} = 12,75$ МПа, відповідно цілі й склеєні елементи з бетону класу B25 мають міцність $R_{bu} = 23,83$ МПа, $R_{mu} = 23,94$ МПа. Слід зазначити, що характер руйнування зразків-призм відрізнявся від цілих, тому що поздовжні й похилі тріщини виникали тільки в одному із склеєних елементів, крім того поздовжні тріщини не переходили через клейовий шар, який практично є межею руйнування. Це пояснюється тим, що полімеризований шар акрилового клею має більш високу ніж бетон адгезійну і когезійну міцності і більшу деформативність. З огляду на це будь-яке з'єднання клей – субстрат можна охарактеризувати не тільки міцністю адгезійного з'єднання, але і характером його руйнування. Експериментально встановлено, що при збільшенні товщини клейового шару деформативність з'єднань зростає, а модуль пружності зменшується. Для аналізу динаміки зміни величин модуля пружності від товщини клейового шару побудовано гістограму (рис.1), з якої видно, що модулі пружності цілих і склеєних елементів незначно відрізняються.

Автором запропонована залежність для визначення модуля пружності з'єднань бетону залежно від міцності стандартних кубів і товщини клейового шару:

$$E_m = \frac{10^5}{1,7 + \frac{36}{R_b} + \frac{\delta}{5}}, \quad (1)$$

де R_b – міцність кубів з ребром 150 мм, МПа; δ – товщина шару акрилового клею, мм; 36 – постійна, МПа; 5 – постійна, мм.

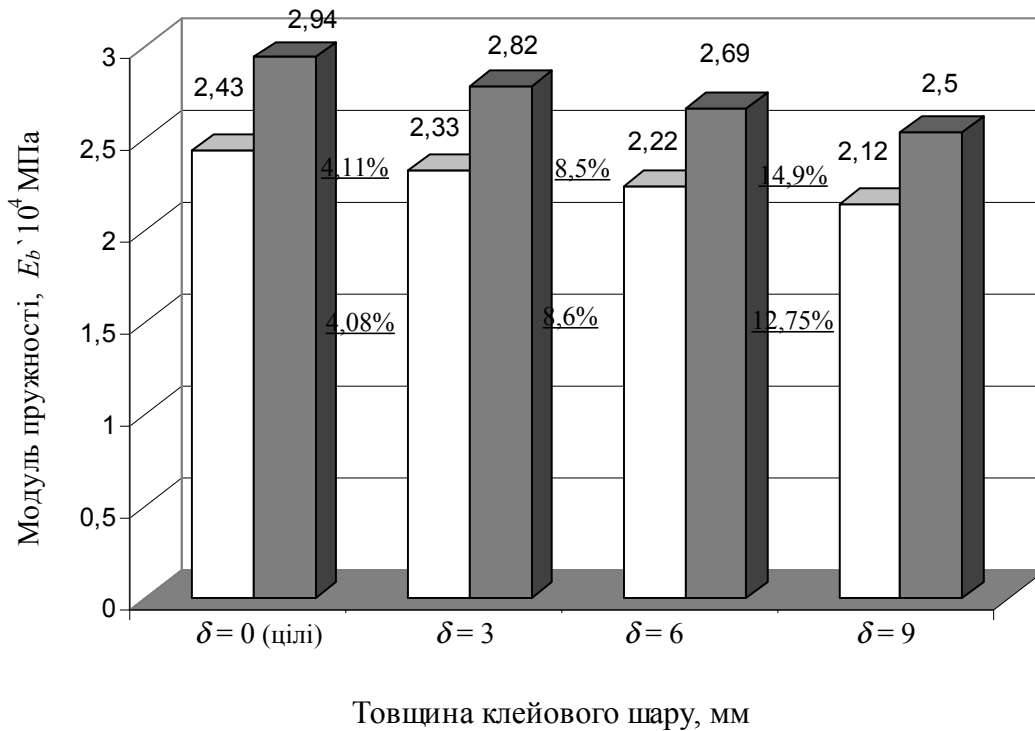


Рис. 1. Залежність модуля пружності від товщини клейового шару:

□ – клас бетону B12,5; ▒ – клас бетону B25

Установлено, що числові значення E_m , отримані дослідним шляхом і підраховані за залежністю (1), відрізняються не більше ніж на 8 %.

Результати експериментів клейових з'єднань бетону з бетоном показали, що руйнування відбувається по бетону, незалежно від його класу. Міцнісні властивості клейових з'єднань визначаються тільки міцністю бетону. Рівень напружень в клейовому шарі в момент руйнування складає 12...25 МПа, що нижче міцності клею прийнятого складу в 6,3...3 рази.

Для порівняння міцнісних і деформативних характеристик клейових з'єднань при тривалому і багаторазово повторному навантаженні були проведені експериментальні випробування цілих і склеєних зразків-призм з товщиною клейового шару 3, 6 і 9 мм.

При проведенні довготривалих випробувань як цілих, так і з'єднаних акриловим клеєм зразків на стиск були використані установки УДІ – 60, які дозволяли одночасне випробування трьох зразків. Рівень напружень був прийнятий для трьох зразків кожної серії відповідно 0,95; 0,88 и 0,84 від

короткочасної R_{bu} і R_{bm} . Час навантаження до прийнятого рівня напружень складав 3...5 хвилин.

На рис. 2 наведені експериментальні величини міцності (точки), як середні з дванадцяти, і теоретичні величини (пряма) на прикладі з'єднань з бетону В25, розраховані за залежністю

$$\sigma = a - be^{-ct^d}, \text{ МПа}, \quad (2)$$

де a, b, c, d – числові коефіцієнти:

для бетону класу В12,5: $a = 17,62$ (МПа), $b = 14,38$ (МПа), $c = 1,08$ (год⁻¹), $d = -0,04$;

для бетону класу В25: $a = 32,06$ (МПа), $b = 23,57$ (МПа), $c = 1,06$ (год⁻¹), $d = -0,04$.

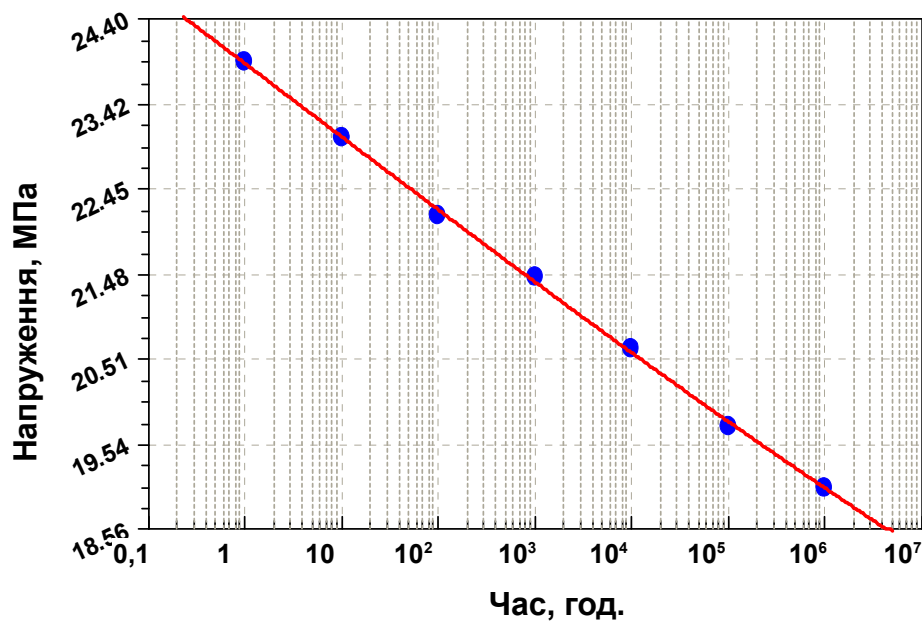


Рис.2. Залежність тривалої міцності з'єднання з бетону В25 від часу дії постійного навантаження

На рис.3 наведено графік залишків (відхилень), який показує відхилення експериментальних даних від залежності (2). При цьому стандартна помилка склала $S = 0,065$, а коефіцієнт кореляції $r = 0,99$.

При тривалій дії постійного навантаження межа міцності як цілих, так і склеєних дослідних зразків була меншою, ніж міцність при короткочасному навантаженні, при цьому відхилення від середніх величин міцності не перевищує $\pm 5\%$.

Для дослідження розвитку деформацій повзучості як цілих, так і склеєних зразків було вибрано 14 серій по шість зразків у кожній серії. Випробування проводили в пружинних установках, які дозволяли одночасно випробовувати по три зразки і забезпечували незмінність в часі величини діючого зусилля. Величина верхнього тривалого напруження відповідала рівню

мікротріщиноутворення, яка для елементів із бетону класів В12,5 і В 25 складала $\sigma_{b \max} = 0,5R_{bu}$.

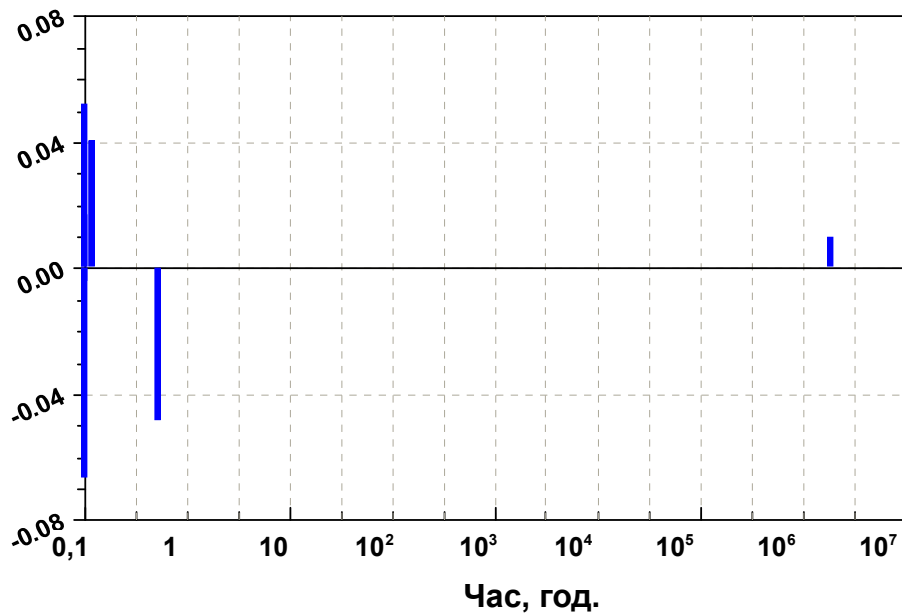


Рис. 3. Графік залишків (відхилень) для залежності (2)

Вимірювання деформацій повзучості здійснювали механічним і електротензометричним методами. Для вимірювання деформацій механічним методом використовували індикатори годинникового типу 2 ІГМ з ціною поділки 0,002 мм, які установлювали на чотирьох гранях дослідних зразків. База вимірювань повздовжніх деформацій була прийнята 150 мм, а точність вимірювань складала $0,67 \cdot 10^{-5}$.

Для вимірювання деформацій методом електротензометрії на кожен грань призми в середній її частині вздовж лінії дії навантаження наклеювали тензорезистори типу ПКБ-50-400 з обов'язковим перетином полімеризованого шару акрилового клею. Як реєструюча апаратура була прийнята тензостанція SA-2. Точність вимірювань деформацій методом електротензометрії складала $0,42 \cdot 10^{-5}$.

Перед початком випробувань на повзучість і витривалість ультразвуковим методом визначали межі початку мікротріщиноутворення. Час випробувань на повзучість не перевищував 24 діб. Така тривалість випробувань була необхідна для порівняння експериментально отриманих значень міри повзучості цілих і склеєних зразків зі значеннями міри віброповзучості, що розвинулися за такий же час і при таких же рівнях багаторазово повторних навантажень.

Величини міри повзучості C_{cr} підраховували за залежністю

$$C_{cr} = \frac{\varepsilon_{cr}}{\sigma_l}, \quad (3)$$

де деформація повзучості ε_{cr} складає

$$\varepsilon_{cr} = \varepsilon_{cr,n} - \varepsilon_{sh}, \quad (4)$$

де $\varepsilon_{cr,n}$ – повна деформація повзучості, що включає температурно-вологісні деформації ε_{sh} .

На рис. 4 наведені графіки залежності міри повзучості цілих зразків і зразків, з'єднаних акриловим клеєм, з бетону класів В12,5 і В25 від довготривалої дії сталого навантаження і товщини клейового шару відповідно 3, 6, 9 мм.

Як показав аналіз дослідних даних, суттєвий вплив на величини міри повзучості справляє товщина клейового шару. Так, для елементів із бетону класу В 12,5 при товщині клейового шару 3, 6, 9 мм величина міри повзучості порівняно з цілими призмами збільшується відповідно на 3,49, 7,53 і 11,9 %, а для елементів із бетону класу В 25 – на 3,91, 8,21 і 12,53 %.

Отримані результати підтверджують висновок, що зі збільшенням товщини клейового шару величини міри повзучості з'єднання підвищується. Експериментальні дослідження показали, що деформації повзучості бетонних

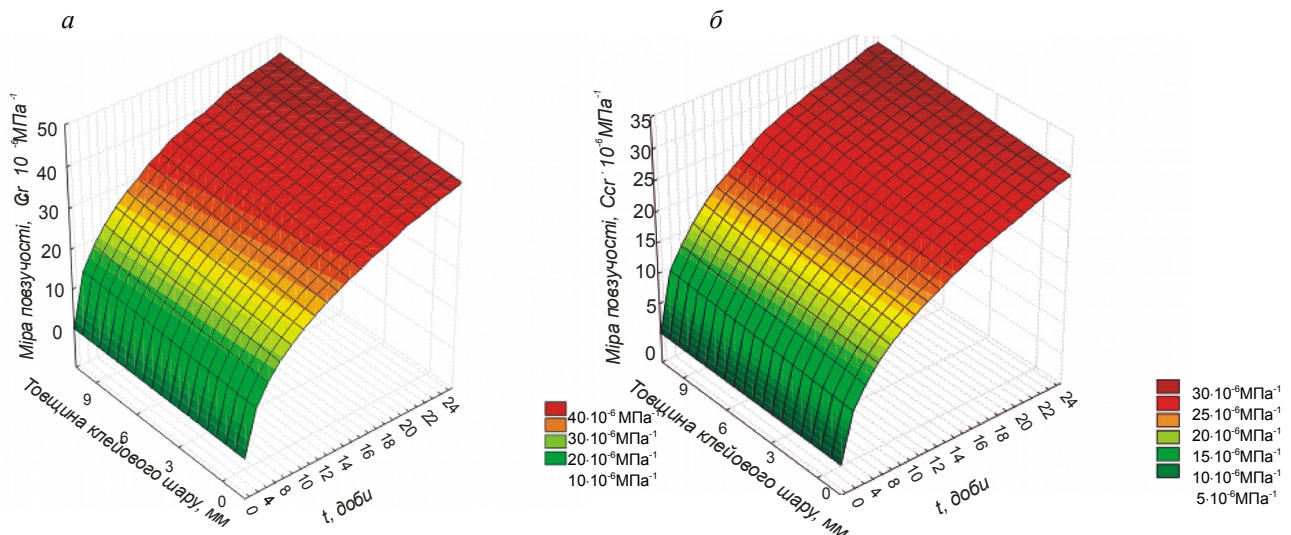


Рис. 4. Залежність міри повзучості цілих (0) і з'єднаних акриловим клеєм зразків від тривалої дії постійного навантаження і товщини клейового шару (відповідно 3, 6 і 9 мм):

а) для бетону класу В12,5; б) для бетону класу В25

елементів, з'єднаних акриловим клеєм, залежать від товщини клейового шару, рівня напружень, класу бетону. Установлено, що деформації клейових з'єднань незначні і не мають негативного впливу на роботу конструкцій, тому що відбувається перерозподіл напружень.

У **третьому розділі** наведено методику і результати експериментальних досліджень з визначення межі витривалості та віброповзучості цілих і склесених акриловим клеєм бетонних елементів. Експериментальні дослідження міцності й деформативності клейових з'єднань були виконані для двох класів бетону з частотами багаторазово повторних навантажень 7; 4,2 і 0,1 Гц на зразках розміром 100×100×400 мм. Випробування на витривалість з частотами

навантаження 7 і 4,2 Гц і рівнях напружень $\eta_t \leq (0,44 \dots 0,68)R_{bu}$ або R_{mu} виконували на гідравлічному пресі ЦДМ-Пу 100 у спеціальному пристрої, який дозволяє одночасно випробувати три зразки. Слід зазначити, що при одночасному випробуванні трьох зразків використовували лише ті призми, в яких швидкість розповсюдження ультразвуку відрізнялась не більше ніж на 5%.

Дослідження межі витривалості з'єднаних акриловим клеєм бетонних елементів з частотою $\omega = 0,1$ Гц виконували на гідравлічному пресі ГМС-20. Згідно з методикою випробувань дослідні зразки навантажували до прийнятого рівня напружень η_t і витримували їх під дією багаторазово повторного навантаження до руйнування. Величини найбільших напружень змінювали в діапазоні від 0,44 до 0,68 від межі міцності цілих або склеєних призм. Значення характеристики циклу ρ змінювали від 0,11 до 0,2, однак у більшості випадків вона складала 0,15. Вік бетону на час випробувань перевищував 4,5 місяця. Для дослідних зразків усіх серій були визначені параметричні точки R_{cre}^o , R_{cre} та R_{cre}^v .

Режим навантаження дослідних зразків був прийнятий таким: спочатку зразки навантажували статично з постійною швидкістю 0,25...0,3 МПа за секунду до заданої величини напруження $\sigma_{b_{min}}$ або $\sigma_{m_{min}}$ і знімали показники вимірювальних приладів. Потім з тією ж швидкістю збільшували навантаження до величини напруження $\sigma_{b_{max}}$ або $\sigma_{m_{max}}$ і записували показання вимірювальних приладів, після чого включали пульсатор і доводили ρ до прийнятої величини.

Першою ознакою початку руйнування зразків була поява вертикальних тріщин, що виникали біля торців призми. Кількість циклів повторного навантаження, які витримував зразок з моменту появи вертикальних тріщин до повного його руйнування, залежала від частоти і рівня повторного навантаження. Зі збільшенням числа циклів навантаження тріщини розвивалися за довжиною зразка, ширина їх розкриття досягала або перевищувала 0,5 мм, відбувалося відшарування лещадок і місцеві виколи бетону, після чого зразок руйнувався.

Отримані експериментальні дані для цілих і склеєних елементів із бетону класів В12,5 і В25 (при товщині клейового шару 3, 6, 9 мм) обробляли методами математичної статистики з використанням спеціальних програмних пакетів.

За результатами обробки експериментальних даних отримана кореляційна залежність

$$K_f = \beta n^{-\alpha} \quad (5)$$

Якщо прийняти, як це запропоновано в роботах О.Я. Берга, Є.Н. Щербакова та ін., що $\alpha = 0,05$, то для кривої витривалості з'єднання при високій частоті повторного навантаження $\omega \geq 7 \dots 4,2$ Гц справедлива залежність

$$K_f = 1,08 n^{-0,05}, \quad (6)$$

а при низькій частоті повторного навантаження $\omega \leq 0,1$ Гц

$$K_f = 0,88 n^{-0,05} \quad (7)$$

На рис. 5 показані графіки витривалості бетону, побудовані за формулами (6) і (7), які добре узгоджуються з дослідними даними величин відносної границі витривалості бетону склеєних елементів.

Результати експериментальних досліджень показують суттєвий вплив частоти багаторазово повторного навантаження на витривалість з'єднання (рис. 5). Так, при переході від частоти повторного навантаження $\omega = 7 \dots 4,2$ Гц до частоти $\omega \leq 0,1$ Гц відносна межа витривалості бетону клейового з'єднання знижується в середньому на 20%. Крім того, для одного й того ж значення K_f базове число циклів повторного навантаження з частотою $\omega = 4,2$ Гц і $\omega = 0,1$ Гц відрізняється більше ніж на порядок.

Експериментально встановлено, що склад і клас бетону елементів, з'єднаних акриловим клеєм, практично не впливають на відносну межу витривалості. Тут мають вплив рівень напружень η_t , характеристика циклу ρ , частота повторного навантаження ω , масштабний фактор і вид крупного наповнювача бетону. Це підтверджується й результатами досліджень Є. М. Бабича.

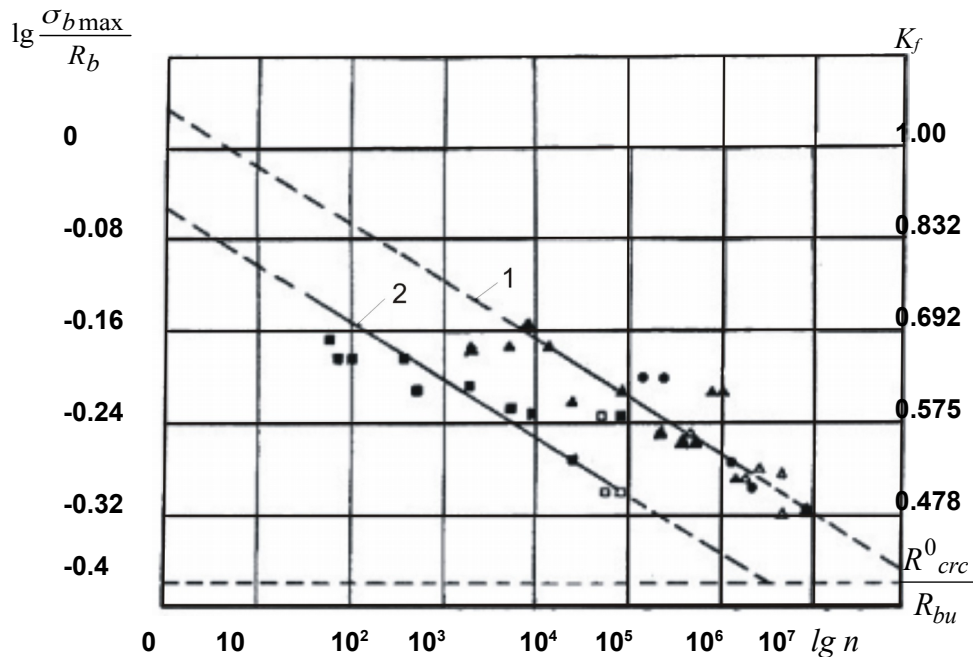


Рис. 5. Графіки витривалості бетону:

- зруйновані цілі бетонні зразки: \circ – $\omega = 4,2$ Гц; \square – $\omega = 0,1$ Гц;
- зруйновані склеєні бетонні зразки: \blacktriangle – $\omega = 7$ Гц; \bullet – $\omega = 4,2$ Гц; \blacksquare – $\omega = 0,1$ Гц;
- склеєні бетонні зразки на грані руйнування: \triangle – $\omega = 7$ Гц; \square – $\omega = 0,1$ Гц

Були також виконані дослідження впливу частоти багаторазово повторного навантаження на деформативність центрально стиснутих склеєних бетонних елементів з товщиною клейового шару 3, 6, 9 мм. Вимірювання поздовжніх і поперечних деформацій у процесі випробувань на витривалість з частотою повторного навантаження 7; 4,2 і 0,1 Гц здійснювали методом електротензометрії.

Крім того, контроль вимірюваних величин поздовжніх деформацій виконували

за допомогою з'яомного компаратора на базі 160 мм.

Методика експериментальних випробувань полягає в тому, що в процесі досліджень вимірювання поздовжніх і поперечних деформацій з частотами $\omega = 7$ Гц і 4,2 Гц проводили спочатку через 50 тис. циклів, а після 500 тис. циклів через кожні 250 тис. При частоті $\omega = 0,1$ Гц вимірювання поздовжніх і поперечних деформацій здійснювали спочатку через 1...2 тис., а в подальшому через 5...10 тис. циклів повторного навантаження. Деформації віброповзучості ε_f підраховували за залежністю

$$\varepsilon_f = 0,5(1 + \rho)\varepsilon_{cr} + \varepsilon_{ld}, \quad (8)$$

де ε_{cr} – деформація повзучості склеєного елемента, що розвинулась за час дії багаторазово повторного навантаження при середньому напруженні циклу;

ε_{ld} – тривала деформація, обумовлена втомленими явищами в бетоні і клеї.

Якщо поділити рівняння (8) на σ_{max} , врахувати число циклів n і той факт,

що $\rho = \frac{\sigma_{min}}{\sigma_{max}}$, отримаємо формулу для визначення міри віброповзучості C_f :

$$C_f = C_{cr} [0,5(1 + \rho) + \gamma_0(1 - \rho)\lg n], \quad (9)$$

а параметр γ_0 , що враховує одиничні деформації, обумовлені втомленими явищами в бетоні і клеї дорівнюватиме

$$\gamma_0 = \frac{C_f - 0,5(1 + \rho)C_{cr}}{C_{cr}(1 - \rho)\lg n}. \quad (10)$$

Аналіз розвитку деформацій при багаторазово повторному навантаженні дозволив якісно простежити вплив η_t , ρ , ω , класу бетону, товщини клейового шару на віброповзучість цілих та з'єднаних акриловим клеєм бетонних

На рис. 6 наведена крива міри віброповзучості зразків-призм, яка побудована за залежністю (9) за середніми значеннями $\rho = 0,15$ і $\gamma_0 = 0,195$ для товщини клейового шару $\delta = 3$ мм і класу бетону В25. По осі абсцис відкладений час t (діб), що дає змогу співставити деформації віброповзучості, які розвинулися за один і той же відрізок часу при частоті $\omega \geq 4,2$ Гц і $\omega \geq 0,1$ Гц і різному числі циклів n .

З рис. 6 видно, що дослідні величини добре співвідносяться з теоретичною кривою віброповзучості.

Аналіз розвитку деформацій при багаторазово повторних навантаженнях показує вплив класу бетону, товщини клеєного шару, частоти і числа циклів на віброповзучість ~~склеєних з'єднань~~ ^{склеєних з'єднань}.

Установлено теоретично (9) і підтверджено експериментально зв'язок між деформаціями віброповзучості і повзучості, який дозволяє без проведення експериментальних досліджень встановити величини C_f , значення яких дає можливість прогнозувати довговічність і деформативність склеєних центрально стиснутих елементів при дії мало і багаторазово повторних навантажень різної частоти.

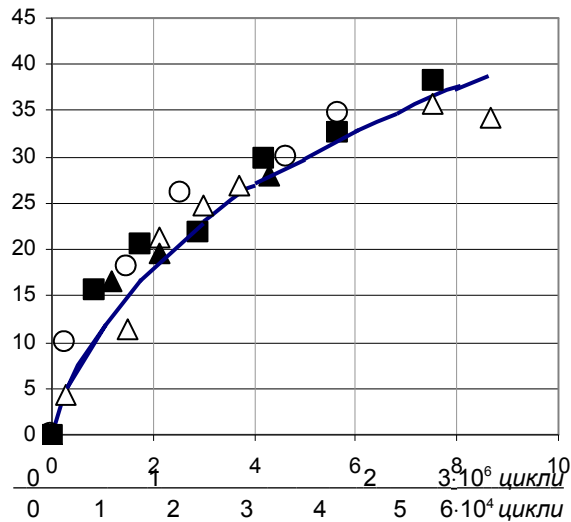


Рис. 6. Поздовжні одиничні деформації віброповзучості склеєних бетонних зразків:

- – $\sigma_{max} = 0,53R_{mu}$, $\omega = 4,2$ Гц; △ – $\sigma_{max} = 0,51R_{mu}$, $\omega = 4,2$ Гц;
- – $\sigma_{max} = 0,50R_{mu}$, $\omega = 0,1$ Гц; ▲ – $\sigma_{max} = 0,50R_{mu}$, $\omega = 0,1$ Гц

Четвертий розділ присвячено експериментально-теоретичним основам тривалої міцності й витривалості. При розв’язанні поставленої задачі прийняті такі припущення: акриловий клей і матеріали, що з’єднуються, підпорядковуються закону Гука, клейовий шар (шов) вважається однорідним, зусиллями поперечного зсуву в склеєному матеріалі зневажаємо.

Приведений модуль пружності клейового з’єднання можна визначати за формулою, структура якої запропонована В.В. Брауном:

$$E_m = \frac{E_b}{1 + \frac{a}{l} \left[\frac{E_b}{E_{b\delta}} - 1 \right] + \frac{\delta}{l} \left[\frac{E_b}{E_{ob}} - 1 \right]}, \quad (11)$$

де $E_{b\delta}$ і E_{ob} – модулі пружності відповідно бетону в зоні впливу клейового шару і в клейовому шарі, для визначення яких запропоновано відповідні залежності.

Так, при з’єднанні елементів із бетону класу В12,5 і В25 величину E_{ob} слід визначати відповідно за залежностями:

$$E_{ob} = 4,573 \frac{1}{\lg \delta} \cdot E_o; \quad (12)$$

$$E_{ob} = 5,335 \frac{1}{\lg \delta} \cdot E_o, \quad (13)$$

де E_o – модуль пружності акрилового клею у відливках.

Порівняння дослідних величин E_m з величинами, підрахованими за залежностями (1) і (11), показали їх збіг з відхиленням, що не перевищує $\pm 8\%$. Для практичних цілей слід використовувати залежність (1) як найпростішу, але разом з тим залежність (11) враховує весь спектр складових клейового шару.

При визначенні межі витривалості з’єднаних акриловим клеєм бетонних елементів розглядаємо їх як цілі.

При зміні призмової міцності з'єднання бетону в діапазоні $12 \text{ МПа} \leq R_{bu}^n \leq 20 \text{ МПа}$ величину верхньої умовної межі мікротріщиноутворення знаходимо за формулою

$$R_{crc}^V = R_{bu}^n (0,921 \lg R_{bu}^n - 0,56).$$

При $20 \text{ МПа} \leq R_{bu}^n \leq 30 \text{ МПа}$ $R_{crc}^V = R_{bu}^n (0,841 \lg R_{bu}^n - 0,61)$,

при $30 \text{ МПа} \leq R_{bu}^n \leq 40 \text{ МПа}$ $R_{crc}^V = R_{bu}^n (0,64 - 0,051 \lg R_{bu}^n)$.

Межа витривалості склеєних і цілих бетонних елементів на центральний стиск при частоті багаторазово повторного навантаження з $\omega \geq 200..600$ кол/хв при $n = 2 \cdot 10^6$ циклів повторного навантаження і $\rho = 0$ з достатньою точністю визначається за формулою

$$R_f^{\rho=0} = 1,1 R_{crc}^V. \quad (15)$$

Залежність між ρ і R_f при центральному стиску визначаємо за формулою

$$R_f^{\rho} = R_f^{\rho=0} + (R_l - R_f^{\rho=0}) \frac{\rho}{2 - \rho}, \quad (16)$$

де $R_l = 0,85 R_{bu}$ – тривала міцність бетону при осьовому стиску (межа витривалості при $\rho = 1$).

Враховуючи вищенаведене, отримано аналітичні залежності для визначення межі витривалості цілих і з'єднаних акриловим клеєм елементів, що зазнають дії багаторазово повторних навантажень:

$$R_f = \frac{R_{bu}^n}{2 - \rho} [\beta_i + (2 - \rho - \beta_i)(1 - 0,158 \lg n)]. \quad (17)$$

У формулі (17) параметр β_i залежить від діапазону зміни величини призмової міцності бетону і

при $10 \text{ МПа} \leq R_{bu}^n \leq 20 \text{ МПа}$ дорівнює $\beta_i = 0,85\rho + 2,2(0,921 \lg R_{bu}^n - 0,56)(1 - \rho)$,

при $20 \text{ МПа} \leq R_{bu}^n \leq 30 \text{ МПа}$ дорівнює $\beta_i = 0,85\rho + 2,2(0,841 \lg R_{bu}^n - 0,61)(1 - \rho)$,

при $30 \text{ МПа} \leq R_{bu}^n \leq 40 \text{ МПа}$ дорівнює $\beta_i = 0,85\rho + 2,2(0,64 - 0,051 \lg R_{bu}^n)(1 - \rho)$.

Залежності (18), (19), (20) справедливі для високих частот навантаження, тобто 200...1000 циклів за хвилину.

Установлено, що при зміні частоти навантаження (при інших рівних умовах) з 10 до 1 Гц довговічність знижується в 4...7 разів, а межа витривалості – на 10...15%.

Одержані результати досліджень при випробуванні цілих і склеєних зразків з частотою $\omega = 0,1$ Гц показують, що довговічність знизилася в 10 і більше разів, а межа витривалості на 20...25% порівняно з даними, отриманими при випробуванні елементів з високою частотою. Це обумовлено тим, що при низьких частотах випробувань ($0,05 \leq \omega \leq 1$ Гц) виявляються незворотні явища, які виникають на протязі кожного циклу.

При низьких частотах за базове число циклів приймаємо $n = 2 \cdot 10^5$, тоді з урахуванням цього залежність по визначенню межі витривалості з'єднання матиме вигляд

$$R_f = \frac{R_{bu}^n}{2 - \rho} [\beta_i + (2 - \rho - \beta_i)(1 - 0,268 \lg \frac{n}{\omega})], \quad (21)$$

де $\frac{n}{\omega}$ - час дії багаторазово повторного навантаження, хв.

Значення відносної межі витривалості клейових з'єднань при високочастотному навантаженні отримуємо, поділивши залежності (17) і (21) на R_{bu}^n :

$$K_f = \frac{1}{2 - \rho} [\beta + (2 - \rho - \beta)(1 - 0,158 \lg n)], \quad (22)$$

а при низьких частотах

$$K_f = \frac{1}{2 - \rho} [\beta_i + (2 - \rho - \beta_i)(1 - 0,268 \lg \frac{n}{\omega})]. \quad (23)$$

Для виконання розрахунків склеєних конструкцій на витривалість необхідно знати величину розрахункового опору бетону, яка залежить від ρ , n , ω .

Згідно з нормативними документами розрахунковий опір встановлюємо за формулою

$$R_{f \max} = K_f R_{bu}, \quad (24)$$

в якій величину відносної межі витривалості K_f при високих і низьких частотах рекомендується визначати відповідно за залежностями (22) і (23).

У п'ятому розділі наведено результати дослідно-промислового впровадження результатів дисертаційної роботи. Враховуючи те, що одна із складових частин акрилового клею – метилметакрилат – є речовиною загальноотруйної дії, значну увагу в даному розділі приділено екології та техніці безпеки. Описано технологію з'єднання і методику оновлення несучої здатності бетонних та залізобетонних елементів будівельних конструкцій.

У квітні 2002 р. на виробничому підприємстві ТОВ „Луч” акриловий клей було застосовано для з'єднання бетонних та залізобетонних елементів садового будинку з розмірами 2160×3750×2300 мм, і гаражу з розмірами 3250×6250×2500 мм. Використання акрилового клею для з'єднання старого бетону зі старим дозволило скоротити терміни вводу конструкцій в експлуатацію у два рази, а також значно зменшити витрати праці й матеріалів.

У лютому – березні 2003 р. на підприємстві ТОВ „Завод самохідних шасі” було виконано роботи по збільшенню розмірів фундаментів під нове ковальсько-штампувальне обладнання і по зміцненню та реконструкції фундаментів під установку карусельного верстата КУ507ф1. При цьому необхідно було забезпечити надійне з'єднання старого і нового бетонів. Час з моменту нанесення акрилового клею до укладання нового бетону в опалубку не перебільшував технологічної життєздатності клею. Після отримання бетоном проектної міцності на реконструйовані фундаменти, загальна площа яких склала відповідно 538 та 260 м³, було встановлено відповідне обладнання. Терміни реконструкції і вводу в експлуатацію фундаментів було зменшено в середньому в 2,2 рази, а також було значно скорочено простій діючого обладнання і витрати матеріалів.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

1. Установлено, що міцність бетонних елементів, з'єднаних акриловим клеєм при короткочасному, тривалому і багаторазово повторному навантаженні, визначається міцністю бетону і практично не залежить від товщини клейового шару.

2. Доведено, що довговічність з'єднань залежить від класу бетону, рівня і тривалості дії навантажень. Отримано емпіричні рівняння довговічності.

3. Експериментально визначено вплив товщини клейового шару на деформативність і модуль пружності з'єднань. Отримано формули для визначення величини модуля пружності клейових з'єднань.

4. Експериментально встановлено вплив частоти багаторазово повторного навантаження на величину відносної межі витривалості.

5. Установлено, що при низькочастотних навантаженнях ($\omega = 0,1$ Гц) за базове число циклів слід приймати $n \leq 2 \cdot 10^5$ циклів.

6. Отримано теоретично і підтверджено експериментально зв'язок між одиничними деформаціями повзучості й віброповзучості.

7. Показано, що на деформації віброповзучості впливають: товщина клейового шару, клас бетону елементів, що з'єднуються, рівень напружень, число циклів і частота багаторазово повторного навантаження.

8. Отримано залежності для визначення межі витривалості і відносної межі витривалості з'єднань при високих і низьких частотах.

9. Обґрунтовано розповсюдження експериментальних даних з міцності центрально стиснутих бетонних елементів будівельних конструкцій на елементи, що зазнають згину, позацентрового стиску, кручення зі згином, розтягання та інших видів складних навантажень.

10. Здійснено дослідно-промислове впровадження результатів дисертаційної роботи на підприємстві ТОВ „Завод самохідних шасі” (м. Харків), у виробничому підприємстві ТОВ „Луч” (м. Харків).

СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

1. Золотов М.С., Мельман В.А. Прочность и деформативность железобетонных элементов с трещинами, заинъецированными акриловым клеем // Науковий вісник будівництва. – Харків: ХДТУБА, 1999.– Вип.8. – С. 250 – 252.

2. Золотов М.С., Мельман В.А. Влияние некоторых факторов на прочность и деформативность конструкций из бетонных элементов, соединенных модифицированными акриловыми клеями // Коммунальное хозяйство городов: Научн.-техн. сб. – К.: Техніка, 2000.– Вып. 22. – С. 47 – 51.

3. Золотов М.С., Мельман В.А. Исследование выносливости центрально сжатых склеенных бетонных элементов при динамических нагрузках различной частоты // Ресурсоекономні матеріали, конструкції, будівлі та споруди: Зб. наук. праць. – Рівне: Вид-во РДТУ, 2001. – Вип. 7. – С. 133 – 140.

4. Золотов М.С., Мельман В.А., Смолянинов М.Ю. Виброползучесть центрально сжатых бетонных элементов, соединенных акриловым клеем //

Ресурсоекономні матеріали, конструкції, будівлі та споруди: Зб. наук. праць. – Рівне: Вид-во РДТУ, 2002. – Вип. 8. – С. 116 – 123.

5. Смолянінов Ю.М., Мельман В.О. Прогнозування довготривалої міцності композитних матеріалів // Коммунальное хозяйство городов: Научн.-техн. сб. – К.: Техніка, 1999.– Вип. 19. – С. 62 – 66.

6. Мельман В.А. Исследование деформаций виброползучести центрально сжатых бетонных элементов, соединенных акриловым клеем // Коммунальное хозяйство городов: Научн.-техн. сб. – К.: Техніка, 2002.– Вип. 39. – С. 346 – 352.

7. Мельман В.А. Зависимость прочности склеенных бетонных элементов от частоты и уровня многократно повторяющихся нагружений // Коммунальное хозяйство городов: Научн.-техн. сб.– К.: Техніка, 2002.– Вип. 43. – С. 31 – 37.

8. Мельман В.А., Смолянінов М.Ю. Длительная прочность и деформативность центрально сжатых бетонных элементов, соединенных акриловым полимерраствором // Ресурсоекономні матеріали, конструкції, будівлі та споруди: Зб. наук. праць. – Рівне: Вид-во РДТУ, 2003. – Вип. 9. – С. 257 – 263.

9. Торкатюк В.И., Золотова Н.М., Мельман В.А. Эксплуатационная надежность соединений бетонных и железобетонных конструкций с использованием акриловых клеев // Науковий вісник будівництва. – Харків: ХДТУБА ХОТВ АБУ. – 2003.– Вип. 23. – С. 168 – 171.

10. Торкатюк В.И., Золотова Н.М., Мельман В.А. Использование акриловых клеев для соединения бетонных и железобетонных конструкций с использованием акриловых клеев // Коммунальное хозяйство городов: Научн.-техн. сб.– К.: Техніка, 2003.– Вип. 51. – С. 61 – 68.

11. Золотов М.С., Мельман В.А., Смолянінов М.Ю. Ремонт и восстановление несущей способности железобетонных изгибаемых элементов акриловыми полимеррастворами // Вестник БГТУ: Научн.-теоретический журнал. – Белгород: БГТУ, 2003. – Вип. 5. Часть 1. – С. 278 – 280.

12. Золотов М.С., Мельман В.А. Исследование процессов трещинообразования в клеевых соединениях с использованием ультразвукового импульсного метода // Материалы международного семинара по моделированию и оптимизации композитов МОК 39. – Одесса: «Астропринт», 2000.– Вип. 39. – С. 110 – 112.

13. Золотов М.С., Мельман В.А. Экспериментальные исследования прочности и деформативности соединения бетонных элементов на акриловых клеях // Материалы международного семинара по моделированию и оптимизации композитов МОК 40. – Одесса: «Астропринт», 2001.– Вип. 40. – С.86 – 87.

14. Золотов М.С., Мельман В.А. Выносливость центрально сжатых клеобетонных элементов при многократно повторяющихся нагружениях // Материалы международного семинара по моделированию и оптимизации композитов МОК 41. – Одесса: «Астропринт», 2002.– Вип. 41. – С. 180.

15. Мельман В.А. Методика экспериментальных исследований деформативности клеобетонных центрально сжатых элементов при многократно повторном нагружении // Тезисы докладов XXXI научн.-техн.

конф. преподавателей, аспирантов и сотрудников ХГАГХ. – Харьков: ХГАГХ, 2002.– Часть 2.– С. 78 – 79.

16. Мельман В.А. Прочность соединения акриловым клеем старого бетона с новым при отрицательных температурах // Тезисы докладов ХХХ научн.-техн. конф. преподавателей, аспирантов и сотрудников ХГАГХ. – Харьков: ХГАГХ, 2000. – Часть 2.– С. 48 – 49.

АНОТАЦІЯ

Мельман В.О. Міцність з'єднання бетонних елементів акриловими клеями при тривалому та багаторазово повторному навантаженнях. – Рукопис.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.23.01 – будівельні конструкції, будівлі та споруди. – Українська державна академія залізничного транспорту, Харків, 2004.

Дисертацію присвячено визначенню короточасної, тривалої міцності, деформативності й витривалості центрально стиснутих бетонних елементів, що з'єднані акриловим клеєм. Дослідні цілі й склеєні зразки мали розміри 100×100×400 мм. Товщина клейового шару – 3, 6, 9 мм.

Установлено, що тривала міцність з'єднань залежить від рівня тривало діючого напруження і не залежить від товщини клейового шару.

У результаті короточасних випробувань доведено, що міцність на стиск цілих і склеєних акриловим клеєм бетонних елементів для одного і того ж класу бетону практично однакова і не залежить від товщини клейового шару. Отже, міцнісні властивості з'єднань визначаються тільки міцністю бетону. Деформативність зі збільшенням товщини клейового шару зростає, а модуль пружності зменшується.

Експериментальні дослідження тривалої міцності і деформативності показують, що товщина клейового шару впливає на величину повзучості. Уперше виконані експериментальні дослідження дослідних зразків призм, з'єднаних акриловим клеєм, багаторазово повторним навантаженням з частотами 7; 4,2 і 0,1 Гц. Наведено аналітичні залежності для визначення відносної межі витривалості.

Установлено експериментально-теоретичний зв'язок між одиничними деформаціями повзучості й віброповзучості. Запропоновано залежності для визначення модуля пружності клейових з'єднань.

Показано, що при зменшенні частоти з 4,2 Гц до частоти 0,1 Гц відносна межа витривалості з'єднання знижується в середньому на 20%, а довговічність з'єднань зменшується на порядок (більше ніж у 10 разів).

Описано технологію з'єднання бетонних елементів акриловими клеями, екологія і техніка безпеки. Здійснено дослідно-промислове впровадження результатів дисертаційної роботи.

Ключові слова: акриловий клей; короточасна, тривала міцність; багаторазово повторне навантаження; частота; деформативність; повзучість, міра повзучості; витривалість; довговічність.

АННОТАЦИЯ

Мельман В.А. Прочность соединения бетонных элементов акриловыми клеями при длительном и многократно повторном нагружении. – Рукопись.

Диссертация на соискание научной степени кандидата технических наук по специальности 05.23.01 – строительные конструкции, здания и сооружения. – Украинская государственная академия железнодорожного транспорта, Харьков, 2004.

Диссертация посвящена определению кратковременной и длительной прочности центрально сжатых бетонных элементов, соединенных акриловым клеем. Экспериментальные целые и склеенных акриловым клеем образцы имели размеры 100×100×400 мм. Толщина клеевого шва была принята 3, 6, 9 мм.

В результате кратковременных испытаний установлено, что прочность на сжатие целых и склеенных акриловым клеем бетонных элементов для одного и того же класса бетона практически одинаковая, т.е. разница не превышает 1,5% и не зависит от толщины клеевого шва. Установлено, что с увеличением толщины клеевого шва деформативность увеличивается, а модуль упругости уменьшается. Следовательно, прочностные свойства соединений определяются только прочностью бетона. Выполненные экспериментальные исследования длительной прочности и деформативности показывают, что толщина клеевого слоя влияет на величину ползучести. Так, для элементов из бетона класса В12,5 при толщине клеевого шва 3, 6, 9 мм величина меры ползучести увеличивается соответственно не более чем на 4, 8 и 13% по сравнению с величинами меры ползучести целых образцов. Установлено, что длительная прочность соединений не зависит от толщины клеевого шва.

Впервые выполнены экспериментальные исследования прочности и деформативности соединений с частотой многократно повторным нагружением 7; 4,2 и 0,1 Гц. Показано, что при переходе от частоты 4,2 Гц к частоте 0,1 Гц относительный предел выносливости соединения снижается в среднем на 20%. Приведены аналитические зависимости для определения относительного предела длительной прочности соединений в зависимости от уровня нагружений, числа циклов, характеристики цикла ρ , частоты многократно повторного нагружения и класса бетона.

В работе приведены опытные и расчетные величины мер виброползучести в зависимости от класса бетона, толщины клеевого шва, частоты и уровня напряжений многократно повторного нагружения. Представлены зависимости по аналитическому определению величин меры ползучести. Установлено, что деформации виброползучести склеенных и целых образцов при одной и той же частоте повторного нагружения для толщин клеевого шва 3, 6, 9 мм в среднем увеличиваются соответственно на 5, 12 и 18% по сравнению с целыми. Определена экспериментально-теоретическая связь между единичными деформациями ползучести и виброползучести. Предложены зависимости по определению модуля упругости клеевых соединений.

Установлено, что при изменении частоты приложения нагрузки с 7 до 0,1 Гц (при прочих равных условиях) долговечность соединений понижается на порядок (более чем в 10 раз), а предел выносливости на 20...25%.

Обосновано распространение полученных величин прочности и деформативности клеевых соединений центрально сжатых бетонных элементов при длительном и многократно повторном нагружении на элементы строительных конструкций, испытывающие внецентренное сжатие, изгиб, кручение с изгибом и другими видами сложных деформаций.

В диссертационной работе описана технология соединения бетонных элементов строительных конструкций акриловыми клеями, а также экология и техника безопасности. Осуществлено опытно-промышленное внедрение результатов диссертационной работы на заводе ООО «Завод самоходных шасси» (г. Харьков) и в производственной фирме ООО «Луч» (г. Харьков).

Ключевые слова: акриловый клей, кратковременная, длительная прочность; многократно повторное нагружение; частота; деформативность; ползучесть, мера ползучести; выносливость; долговечность.

SUMMARY

Melman V.A. Toughness of the joining of the concrete elements by acrylic glue under long and repeatedly repeated loadings. – The manuscript.

The thesis for the scientific degree of Candidate of technical sciences on the specialty 05.23.01 – building constructions, buildings and facility. – Ukrainian State Academy of Railway transport, Kharkov, 2004.

The Thesis is devoted to determination short, long toughness, deformability and endurance of central compressed concrete elements joined by acrylic glue. Experimental researches were made on sample-prisms with size 100×100×400 mm. The Thickness of glue joint is 3, 6, 9 mm.

It is determined that long-term toughness of joints depends on long acting stress level and doesn't depend on glue joint thickness. Creep deformation values are influenced by loading level, concrete class and glue joint thickness.

As the result of short-time tests it's determined that toughness for pressure of entire and glued by acrylic glue elements for the same concrete class in fact is equal and doesn't depend on glue joint thickness. Therefore, joints strength properties are depended only on toughness concrete. While glue joint thickness is increasing the deformability is increasing as well and elastic modulus is decreasing.

Performed experimental researches of long-term toughness and deformability reveal that glue joint thickness affects creep value. For the first time experimental researches of test sample-prisms by repeatedly repeated loadings with frequency 7; 4, 2 and 0,1 Hz are executed. The analytical dependencies on determination of the relative limit of long-term endurance are brought.

There are experimental and calculated values of vibrocreep measure depending on concrete class, glue joint thickness, frequency and toughness level of repeatedly repeated loading in the work. Experimental-theoretical connection between singular

creep deformations and vibrocreep is determined. Dependencies on determining elastic modulus of glue joints are offered.

It is determined that when turning from frequency 7 Hz to frequency 0,1 Hz longevity of the joint is lowered on order (more than in 10 times).

Concrete elements join technology by acrylic glues, ecology and safety engineering are described. Experienced-industrial introduction was realized.

Key words: acrylic glue; short-time, long-term strength; sustained loading, repeated load; frequency of repeated load; deformability; creep, creep measure; durability; load life.

Мельман Вікторія Олександрівна

МІЦНІСТЬ З'ЄДНАННЯ БЕТОННИХ ЕЛЕМЕНТІВ АКРИЛОВИМИ КЛЕЯМИ
ПРИ ТРИВАЛОМУ ТА БАГАТОРАЗОВО ПОВТОРНОМУ НАВАНТАЖЕННЯХ

Автореферат
дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата технічних наук

Відповідальний за випуск к.т.н., проф. М.С.Золотов

Підписано до друку 10.03.2004 р. Формат 60×84 1/16 Папір офісний
Друк на ризографі Обл.- вид. арк. 1,25
Замовлення №_____ Тираж 100 прим. Безкоштовно

61002, Харків, ХНАМГ, вул. Революції, 12.

Сектор оперативної поліграфії ІОЦ ХНАМГ
61002, Харків, ХНАМГ, вул. Революції, 12.